



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE LAZIO



**CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME**

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione geologico-tecnica illustrativa

Regione Lazio

UAS - MUNICIPIO XIX - Comune di Roma

REGIONE LAZIO
 Direzione Regionale Infrastrutture, Ambiente e
 Politiche Abitative
 Microzonazione Sismica Livello I
 Validazione ai sensi della DGR Lazio n. 645 del 26.11.2010

REGIONE LAZIO
 Direzione Regionale Infrastrutture, Ambiente e
 Politiche Abitative
 Microzonazione Sismica Livello I
 Validazione ai sensi della DGR Lazio n. 645 del 26.11.2010

<p>Regione Lazio</p>	<p>Soggetto realizzatore GEO ambiente Geoambiente soc. coop. a r. l. Via delle Idrovare della Magliana, 147 - 00148 Roma C. Fisc. e P. Iva 05166791003 - Tel/Fax 06/5819295 www.geoambiente.it - E-mail: info@geoambiente.it</p> <p>REDATTORE DELLO STUDIO: Dott. Geol. Giacinto Angelucci</p> <p>GRUPPO DI LAVORO: Dott. Geol. Roberto Agnolet Dott. Geol. Massimiliano Ferrari Dott. Geol. Fabrizio Rinaldi Dott. Geol. Daniele D' Ottavio</p>	<p>Data Gennaio 2013</p> <p>ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO Dott. GIACINTO ANGELOCCI Geologo A. P. n° 1378</p>
--------------------------	---	---

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO DI MS	3
3.	RACCOLTA DATI	4
4.	CARATTERI DEL TERRITORIO	5
4.1	Inquadramento geografico	5
4.2	Pericolosità sismica di base	5
4.3	Caratteri geomorfologici	7
4.4	Caratteri geologici	8
4.5	Caratteri idrogeologici	10
5.	INDAGINI GEOFISICHE DI NUOVA REALIZZAZIONE	12
5.1	Indicazioni metodologiche	12
5.2	Risultati e commenti delle prove MASW	12
5.3	Risultati e commenti delle prove HVSR	14
6.	MODELLO GEOLOGICO	18
7.	CARTA GEOLOGICO TECNICA	20
7.1	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	23
8.	CARTA DELLE INDAGINI	25
9.	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	30
10.	INFORMATIZZAZIONE DELLA CARTOGRAFIA E DEI DOCUMENTI	35
11.	VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO 1	36
12.	ANALISI CRITICA DEI RISULTATI	36

Appendice

- Colonne stratigrafiche rappresentative delle MOPS.
- Tabelle di calcolo per la determinazione del Fattore Qualità (FQ) del livello 1 di MS

Allegati cartacei:

- Carta delle indagini in Prospettiva Sismica (scala 1: 20.000)
- Carta Geologico-Tecnica (scala 1:10.000) tavola 1 e tavola 2
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (scala 1: 10.000) tavola 1 e tavola 2

Allegati su supporto informatico (CDROM) :

- Relazione geologico-tecnica illustrativa
- Allegato 1 - Risultati delle prove sismiche ex-novo
- Allegato 2 – Stratigrafie dei sondaggi geognostici (dal volume "La Geologia del Comune di Roma" - Ventriglia 2002)
- Allegato 3 – Stratigrafie dai sondaggi geognostici ricavati dal Portale del Servizio Geologico d'Italia, 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Carta delle indagini in Prospettiva Sismica (formato PDF scala 1: 10.000)
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (formato PDF scala 1: 10.000)
- Carta Geolitologica (formato PDF scala 1: 10.000)
- archiviazione dei dati alfanumerici e degli elaborati cartografici in formato *shapefile*

1. PREMESSA

La presente relazione geologica e sismica illustra i risultati dello studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1 realizzato per l'unità amministrativa sismica (UAS) Municipio 19 del Comune di Roma a seguito dell'incarico ricevuto con Determina Dirigenziale n. 2344 del 22/12/2011, perfezionato in data 23 marzo 2012.

La Microzonazione Sismica (MS) di livello 1 costituisce un livello di conoscenza geologica e sismica di base del territorio ed è fondata principalmente nella rilettura e successiva rielaborazione dei dati geologici, geomorfologici, geofisici e geotecnici preesistenti e/o eseguiti appositamente, al fine di suddividere qualitativamente il territorio in Microzone omogenee in prospettiva sismica. Il livello 1 è demandato a tutte le Unità Amministrative Sismiche (UAS) della Regione Lazio che obbligatoriamente devono provvedere alla loro elaborazione.

Lo studio è stato condotto in riferimento alla seguente normativa:

- Delibera G.R. 26/11/2010, n. 545, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lazio 28/12/2010, n. 48; "Approvazione delle Linee Guida per l'utilizzo degli Indirizzi e Criteri generali per gli Studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio di cui alla DGR Lazio n. 387 del 22 maggio 2009. Modifica della DGR n. 2649/1999", (di seguito "Linee Guida");
- *Vademecum operativo per la realizzazione di studi di micro zonazione sismica di livello 1 e livello 2*, emesso dall'Assessorato Ambiente e sviluppo sostenibile – direzione Regionale ambiente – Area difesa del suolo (di seguito "Vademecum");
- "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" - Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 2008 (di seguito "ICMS");
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) - Microzonazione sismica STANDARD DI RAPPRESENTAZIONE E ARCHIVIAZIONE INFORMATICA (Versione 2.0beta-II) - giugno 2012.

Lo scopo degli studi di Microzonazione Sismica è quello di fornire all'Amministrazione Pubblica, in fase preventiva alla redazione degli Strumenti Urbanistici ed in attuazione della Delib. G.R. 387/2009, un'efficace strumento di prevenzione del rischio sismico volto alla tutela della pubblica incolumità, per la conoscenza della pericolosità sismica locale e per il contenimento dei danni derivanti da eventi sismici.

Lo studio è stato realizzato dalla soc. Coop. Geoambiente a r.l. con il concorso professionale di tecnici esperti nel campo della Microzonazione Sismica e della acquisizione di dati sperimentali di Risposta Sismica Locale, e nella pianificazione urbanistica, di seguito indicati:

- Dott. Geol. Giacinto Angelucci: Responsabile dei processi di acquisizione dati di sismica passiva, definizione delle frequenze naturali dei depositi affioranti, descrizione del modello

geologico-litostratigrafico, redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), e redattore della presente Relazione illustrativa

- Dott. Geol. Massimiliano Ferrari e Dott. Geol. Roberto Agnolet: responsabili dei rilevamenti geologico tecnici e geomorfologici di campagna, acquisizione e revisione della documentazione bibliografica, definizione del modello geologico e geomorfologico del territorio Municipale.
- Dott. Geol. Daniele D'Ottavio e Dott. Geol. Fabrizio Rinaldi: responsabili dei processi informatizzazione dei livelli di studio su piattaforma GIS archiviazione dati ed edizione grafica delle carte di Microzonazione Sismica.

2. ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO DI MS

In accordo con le indicazioni delle "Linee Guida" citate in premessa lo studio è stato condotto e sviluppato attraverso le fasi seguenti:

1. Rilevamento geologico e geomorfologico dell'intero territorio comunale eseguito direttamente, anche sulla base di precedenti lavori eseguiti nel territorio comunale dal Gruppo e assemblati dopo aver effettuato i necessari riscontri, controlli e integrazioni in campagna;
2. Acquisizione di documenti cartografici ufficiali quali la cartografia aerofotogrammetrica alla scala 1:10.000 del territorio municipale, le Carte del P.R.G (Variante Generale).
3. Acquisizione di tutti i fascicoli di indagini geognostiche, geofisiche, geotecniche, edite e non, afferenti sia interventi pubblici sia opere e progetti privati.
4. Analisi critica del materiale acquisito con attento esame del contenuto al fine di appurarne l'idoneità all'utilizzo nel presente studio (anche valutandone l'attendibilità in relazione alle evidenze rilevabili direttamente sul terreno o per confronto con i dati di altri fascicoli di indagine sugli stessi luoghi).
5. Elaborazione della Carta delle indagini alla scala di 1:10.000 dove sono rappresentate e distinte le indagini preesistenti e quelle realizzate ex-novo. In essa sono riportati, secondo le specifiche standard, i punti indagini con relative indicazioni tipologiche (stesa o punto di misura geofisica, sondaggio geognostico, prova penetrometrica dinamica, ecc) e delle prove di laboratorio od in sito a ciascuno di essi associate.
6. Realizzazione della Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica, alla scala di 1:10.000, in cui sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da carte ed elaborati esistenti, rilievi di campagna, indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione. I dati raccolti sono necessari alla definizione del modello geologico del sottosuolo e funzionali alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1).
7. Indagine geofisica tramite prospezione sismica "M.A.S.W." ("Multichannel Analysis of Surface Waves") che ha consentito la definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs).
8. Realizzazione di misure di microtremori basate su tecnica di sismica passiva a stazione singola per la definizione delle frequenze naturali dei terreni presenti sull'intero territorio comunale.
9. Realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di livello 1, alla scala di 10.000. Questo documento costruito sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche costituisce l'elaborato fondamentale dello studio effettuato, è prodotto sia in formato cartaceo che digitale GIS, e rappresenta la sintesi degli elementi acquisiti ed elaborati nelle precedenti fasi.

3. RACCOLTA DATI

Ai fini dell'aggiornamento delle indagini geognostiche effettuate sul territorio municipale, in funzione della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo e della stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), è stata realizzata una approfondita ricerca bibliografica ed in rete.

In particolare sono stati consultati:

- Archivi comunali e quelli del ns. studio;
- Portale del Servizio Geologico d'Italia, in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Gli studi Geologici per la Variante al Piano Regolatore Generale (P.R.G. 2008) del Comune di Roma;

In totale sono stati raccolti i dati relativi a 327 indagini geognostiche, delle quali 281 facenti parte delle pregresse indagini realizzate sul territorio e 46 le indagini di nuova realizzazione (agosto-novembre 2012) utilizzate per la redazione dello studio di Microzonazione Sismica.

Le Indagini geognostiche sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche, sia statiche che dinamiche, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie.

Le indagini sono state svolte su tutto il territorio con una concentrazione maggiore in corrispondenza dei centri abitati.

Le indagini ex-novo specifiche per la Microzonazione Sismica sono state realizzate in corrispondenza di punti maggiormente significativi, individuati in modo da chiarire il più possibile il modello geologico-sismico del territorio, secondo i criteri definiti ai degli ICMS.

In particolare queste sono consistite in:

- n. 36 misure di sismica passiva con tecnica a 'stazione singola' (HVSR);
- n. 10 misure di sismica MASW

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza alla relazione "Risultati delle prove sismiche ex-novo" allegato 1.

La raccolta organica e ragionata dei dati ha permesso, oltre alla loro catalogazione, di effettuare opportune correlazioni al fine di individuare caratteristiche comuni da mettere in evidenza nella stesura della carta delle MOPS.

4. CARATTERI DEL TERRITORIO

4.1 Inquadramento geografico

Il Municipio Roma 19 (RM) è uno dei più estesi del Comune di Roma, con una superficie di circa 131,3 Km² e una popolazione di circa 185.000 abitanti. Situato a nord ovest dell'area metropolitana di Roma, il territorio si presenta estremamente variegato e si estende dai quartieri Aurelio e Trionfale fino ai comuni limitrofi di Anguillara Sabazia e Fiumicino confinando a nord con il Municipio 20 e con il comune di Anguillara, ad est con il Municipio 17, a sud con il Municipio 18, ad ovest con il comune di Fiumicino.

E' suddiviso in otto principali zone urbanistiche: Medaglie d'Oro, Primavalle, Ottavia, S. Maria della Pietà, Trionfale, Pineto, Castelluccia, S. Maria di Galeria.

Nel Municipio sono presenti molte aree verdi, tra le principali si ravvisano: la Riserva Naturale dell'Insugherata, ridotta però di recente a favore di nuovi insediamenti urbani, il Parco Regionale urbano del Pineto, il Monumento Naturale Quarto degli Ebrei - Tenuta di Mazzalupetto, come anche il Parco di S.Maria della Pietà, sede del Municipio stesso. Tra le principali vie del Municipio si evidenziano via Trionfale, via della Pineta Sacchetti, via Mattia Battistini, via di Torrevecchia, via Sebastiano Vinci, via Pietro Maffi, via Pietro Gasparri, via di Valle Aurelia, via di Casal del Marmo e viale delle Medaglie d'Oro.

Il Municipio ha i tipici tratti distintivi delle zone "urbane esterne", con alternanza di zone residenziali di alto e medio livello densamente abitate e zone prettamente agricole e aree di passaggio che presentano fenomeni di degrado urbanistico.

Il territorio municipale è rappresentato nella seguente cartografia ufficiale:

- Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 nelle seguenti sezioni: 364150, 364160, 365130, 373030, 373040, 374010, 374020; 373080; 374050; 374060.
- Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000: F.144 "Palombara Sabina", F. 150 "Roma" F. 143 "Bracciano" e F. 149 "Cerveteri".
- Parte del territorio è coperto dalla nuova Carta Geologica a scala 1:50.000; F. 374 "Cerveteri" e F. 374 "Roma".
- Carta Geologica del Comune di Roma (2008) alla scala 1:50.000.

4.2 Pericolosità sismica di base

L'area della Città di Roma è caratterizzata da una sismicità locale a ricorrenza non elevata e con intensità massima corrispondente al VI-VII grado MCS (Magnitudo <4). Il territorio comunale non manifesta un'attività sismica diretta ma risente frequentemente di terremoti dalle seguenti zone sismiche adiacenti:

Attività sismica dell'Appennino Centrale: Nell'Appennino Centrale sono localizzate molte aree sismogenetiche di notevole importanza che hanno dato origine a terremoti di elevata

magnitudo (fino a $M \sim 7$) ed a distanze comprese fra 60 e 130 km da Roma. I terremoti di queste zone sismogenetiche hanno determinato nella Città di Roma i risentimenti più elevati e fino alla Intensità Macrosismica di VII grado MCS (Mercalli – Cancani - Sieberg).

Attività sismica dei Colli Albani: I Colli Albani sono sede di una sismicità con terremoti molto frequenti e con magnitudo inferiore a $M = 5$. I risentimenti nella Città di Roma sono molto frequenti, ma con intensità macrosismica da bassa a molto bassa ($< V$ grado MCS; nella serie storica risulta che soltanto in un'occasione è stato raggiunto il VI grado). Dall'analisi statistica della storia sismica romana risulta che si sono risentiti terremoti fino a VII grado MCS con tempi di ritorno di 500 anni, mentre terremoti con intensità del VI grado MCS sono probabili ogni 100 anni. Gli Autori segnalano, infine, una attività sismica nei settori costieri ed off-shore della Regione Lazio, legata alle strutture trasversali; in particolare si fa riferimento al terremoto del 22/08/2005, profondo circa 30 km, con Magnitudo 4,5 localizzato al largo di Anzio e che si è risentito, oltre che in numerosi centri urbani costieri e dell'interno, anche nella Città di Roma (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 2008).

In base alla Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio, D.G.R. n. 387 del 22.05.2009 (BUR Lazio n. 24 del 27.06.2009), la pericolosità sismica del territorio del Comune di Roma, a differenza di tutti gli altri Comuni della regione Lazio, è stata suddivisa nei diversi Municipi ognuno dei quali rappresenta una UAS (unità amministrativa sismica). I municipi situati nella parte orientale, più vicini all'area dei Colli Albani, sono stati classificati in Zona **2B**, mentre quelli collocati nelle zone sud-occidentali in Zona **3A**. Questa differenza è dovuta all'estensione areale del Comune di Roma che è quella di maggiore entità della Regione Lazio e la gran parte dei suoi diciannove Municipi hanno una estensione superficiale superiore alla media dei Comuni della Regione. Anche la popolazione, e quindi i relativi investimenti produttivi e sociali, è superiore, per ogni Municipio, a moltissimi dei restanti Comuni del Lazio. Dall'analisi della sismicità storica, inoltre, si evidenzia che i danneggiamenti risentiti dalle costruzioni durante gli eventi sismici sono variabili, eterogenei e diseguali nelle diverse zone del territorio romano.

Considerando l'elaborato dell'OPCM 3519/06, in base ai valori delle accelerazioni massime di picco su suolo rigido, si nota che il territorio del Comune di Roma è interessato da valori di ag estremamente differenti fra la zona costiera (Ostia) e le zone prossimali ai Colli Albani o ai Monti Tiburtini e Prenestini. Tali valori presentano una variabilità sostanziale passando da 0,075g a 0,200g per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475anni) che si tramuta in valori di possibile intensità del terremoto molto diversa fra le due zone. Anche lo studio ENEA (2009), a conferma di quanto sopracitato, ha evidenziato che il territorio del Comune di Roma deve essere necessariamente trattato, dal punto di vista sismico, in modo difforme nelle diverse sue zone geografiche (zona costiera, centro città e piana del Tevere, area prossimale ai Colli Albani e ai Monti Tiburtini e Prenestini) con accelerogrammi tipo e spettri elastici completamente differenti, come riscontrabile, peraltro, anche dall'Allegato A del DM

Infrastrutture 14.01.2008, che prevede diversi valori spettrali per chi dovrà costruire nella zona di Ostia o a La Storta piuttosto che nei Municipi vicini ai Colli Albani.

In particolare il territorio del Municipio Roma 19 è classificato nella **Zona 3 Sottozona A**.

4.3 Caratteri geomorfologici

Il territorio del municipio 19 è caratterizzato da un paesaggio tipicamente collinare compresa tra i rilievi dell'edificio vulcanico Sabatino e la valle del Tevere in cui si possono distinguere due grandi unità morfologiche: i rilievi collinari e le zone di fondovalle dove scorrono i principali corsi d'acqua.

I rilievi collinari con quote che degradano da nord-ovest verso sud-est costituiscono la maggior parte del territorio, solcati da una rete di fossi che drenano le loro acque, per la maggior parte verso il Tevere, ed in minima parte direttamente verso mare. Le singole colline presentano sommità sub pianeggianti e versanti da mediamente acclivi, quando insistono su materiali poco coerenti, a ripidi laddove affiorano i materiali lapidei (tufi litoidi e lave). Risultano formati principalmente da depositi vulcanici derivanti dall'attività dell'Apparato Sabatino con giacitura sub-orizzontale. I versanti spesso sono interessati da fenomeni di instabilità morfologica dovuti a movimenti di frana originati primariamente dalla forza di gravità e dettati dall'energia del rilievo. La loro presenza naturalmente è funzione di molti fattori, predisponenti ed innescanti, prevalentemente di origine naturale, ma spesso in associazione anche con le sbagliate azioni antropiche. I movimenti gravitativi in base alle diverse tipologie di movimento possono essere ricondotti a fenomeni di crollo, complessi, smottamenti superficiali, scivolamenti e colamento lento, legati principalmente alla litologia affiorante. In particolare i depositi vulcanici sia tufacei che pozzolanacei sono maggiormente interessati a fenomeni di crollo, soprattutto i terreni tufacei, e a movimenti complessi. I depositi marini Plio-Pleistocenici sono più frequentemente interessati da fenomeni superficiali e colamenti lenti, i depositi fluvio-deltizi, sabbiosi e argillosi da fenomeni di scivolamento e complessi.

Le zone di fondovalle sono piatte e caratterizzate da depositi alluvionali olocenici che negli ultimi venti mila anni hanno colmato il reticolo del precedente periodo glaciale würmiano.

Le caratteristiche di permeabilità ed erodibilità sia delle unità vulcaniche piroclastiche che di quelle sedimentarie sabbiose e argillose hanno favorito nel tempo la formazione di un reticolo idrografico di tipo dendritico ben organizzato che attraversa l'intero territorio.

Il drenaggio delle acque segue un andamento prevalentemente longitudinale diretto verso i quadranti meridionali e sono rappresentati dai seguenti bacini, partendo dalla zona occidentale verso quella orientale:

- bacino del fiume Arrone che sfocia nel Mar Tirreno circa 1 km a NO di Fregene.
- Bacino del fosso Rio Galeria affluente di destra del fiume Tevere
- Bacino del fosso della Magliana affluente di destra del fiume Tevere

- Bacino del fosso della Crescenza affluente di destra del fiume Tevere

4.4 Caratteri geologici

L'area romana, dal punto di vista paleogeografico, fino a circa un milione di anni fa (inizio del Pleistocene medio) era caratterizzata da un ambiente di sedimentazione prevalentemente marino. I terreni più antichi affioranti nell'area urbana della città di Roma sono infatti costituiti da sedimenti marini di età pliocenica noti in letteratura con il termine di Unità del Monte Vaticano, (MARRA et al., 1995a). Si tratta di argille con livelli di sabbie con abbondanti microfaune a foraminiferi (su cui è basata la loro attribuzione cronostratigrafica) che si depongono nei bacini di neof ormazione, creatisi a seguito dell'orogenesi appenninica e la conseguente apertura del Mar Tirreno.

Tali fatti vengono inseriti in un contesto geodinamico regionale dove in corrispondenza della catena appenninica, dove agiscono forze compressive, si è verificato un raccordamento crostale che determina l'impilamento delle unità sedimentarie meso-cenozoiche precedentemente depostesi, mentre invece lungo il margine tirrenico si è verificata un'estensione che determina un assottigliamento crostale, con la creazione di ampie aree depresse invase dal mare.

Nelle parti di città, a quote topografiche più alte, affiorano le sequenze sedimentarie testimoni di tale ciclo: dalle colline di Monte Mario, ai piccoli rilievi del Vaticano, sino alle pendici del Gianicolo, sono presenti le argille dell'Unità del Monte Vaticano. Si tratta del vero e proprio bedrock di Roma: il substrato argilloso più consistente e continuo, dello spessore di quasi 800 metri (Sondaggio Circo Massimo; SIGNORINI 1939), in grado di determinare lo sviluppo della morfologia recente, controllare la geometria dei diversi livelli acquiferi sovrastanti (esso costituisce infatti il livello impermeabile di base in tutta l'area romana) e di influenzare le diverse dimensioni della risposta sismica superficiale in funzione del contrasto di impedenza con i termini più recenti, meno consolidati.

Le condizioni paleogeografiche descritte permangono per un lungo periodo di tempo dal Pliocene al Pleistocene inferiore (fino a 0.88 Ma). In questo lasso di tempo tuttavia si verificano ripetute oscillazioni del livello marino, correlate sia a fenomeni tettonici che alle variazioni dell'estensione delle calotte polari durante le epoche glaciali, le quali determinano delle temporanee emersioni dei fondali marini.

In particolare, si possono identificare tre principali cicli marini. Il primo durante il Pliocene determina la deposizione dell'Unità del Monte Vaticano precedentemente descritta. Il secondo e il terzo ciclo si verificano nel Pleistocene inferiore e presentano caratteri sedimentari diversi rispetto al primo, che testimoniano una diminuzione di profondità dei bacini ad essi associati.

Durante tutto questo periodo l'area retrostante l'attuale costa tirrenica è stata soggetta infatti ad un lento e progressivo sollevamento che ha portato, alla fine del Pleistocene inferiore, ad un cambiamento delle condizioni paleogeografiche, e all'impostazione di un ambiente continentale in cui si depongono sedimenti di facies fluvio-palustre.

I sedimenti associati ai due cicli marini del Pleistocene inferiore sono rappresentati dalle sabbie e dalle argille dell'Unità di Monte Mario (MARRA, 1993, "Formazione di Monte Mario" p.p., CONATO et alii., 1980), caratterizzate dalla presenza di tipiche faune a molluschi, e dalle argille dell'Unità di Monte delle Piche (MARRA, 1993, "Serie di Monte delle Piche", CONATO et al., 1980), di ambiente infra-litorale.

Queste due unità sedimentarie marine nell'area romana sono separate tra loro da un deposito epicontinentale (Unità di Monte Ciocci, MARRA 1993), che si viene a depositare durante una trasgressione che determina una temporanea emersione.

Tutti i terreni descritti sono stati soggetti, successivamente alla loro deposizione, a delle importanti dislocazioni tettoniche, ancora legate alle fasi prevalentemente distensive (ma non solo) che interessano l'area peritirrenica. Queste dislocazioni si manifestano essenzialmente attraverso dei sistemi di faglie a direzione "appenninica", che ribassano "a gradinata" i settori verso il Tirreno, ed "antiappenninica"; faglie a direzione nord-sud ribassano inoltre il settore corrispondente all'area del Centro Storico, isolando la dorsale Monte Mario-Gianicolo.

A partire da circa 800.000 anni fa le mutate condizioni paleogeografiche fanno in modo che alla ciclicità eustatica, legata alle glaciazioni, corrisponda una successione di cicli deposizionali di ambiente continentale.

L'emersione dell'area romana determina infatti lo sviluppo di un ambiente fluvio-palustre caratterizzato dalla deposizione di terreni alluvionali antichi ad opera di un fiume abbondantemente alimentato dalle acque e dai sedimenti provenienti dal sollevamento e dall'erosione della catena appenninica.

L'alveo di tale corso d'acqua "il Paleotevere", BLANC et al., 1953; ALVAREZ, 1972, 1973; FEROCI et alii 1990; FUNICIELLO et al., 1994) e soggetto a migrazioni in conseguenza, inizialmente, della tettonica che disloca il substrato plio-pleistocenico; si verifica, in questo modo, la deviazione dell'asse principale e lo spostamento della foce del fiume dall'area di Ponte Galeria verso sud.

I terreni continentali vengono depositati dal "Paleotevere" e dai suoi affluenti durante diversi cicli deposizionali, legati alle variazioni del livello di costa in connessione con l'alternarsi delle variazioni climatiche. Tali terreni sono caratterizzati da frequenti variazioni litologiche (si tratta di ghiaie, sabbie ed argille) e da complessi rapporti stratigrafici. Si possono tuttavia identificare due cicli principali, legati alle due distinte posizioni dell'alveo e del delta di questo Fiume: il Ciclo del Paleotevere 1, i cui depositi si rinvencono attualmente nell'area sud-occidentale dove costituiscono l'Unità di Ponte Galeria (MARRA et al., 1995b, "Formazione di Ponte Galeria", AMBROSETTI & BONADONNA, 1967), e il Ciclo del Paleotevere 2, i cui depositi sono localizzati in corrispondenza dell'area del Centro Storico e costituiscono appunto l'Unità del Paleotevere 2 (MARRA et al., 1995b).

A partire da circa 600.000 anni fa ha inizio l'attività dei vulcani laziali (BARBERI et al., 1994). Il carattere prevalentemente esplosivo dei due principali distretti vulcanici che circondano l'area romana (il Distretto Vulcanico dei Sabatini a nord-ovest e il Distretto Vulcanico dei Colli Albani a sud-est), determina ad ogni parossismo eruttivo la messa in posto, in tempi molto brevi, di una

notevole quantità di prodotti, sotto forma sia di piroclastiti di ricaduta, che ricoprono la topografia preesistente, sia di depositi da colata piroclastica (o "ignimbriti" che al contrario tendono a concentrarsi nelle depressioni e ad invertire e splanare la morfologia. Questi ultimi depositi, in particolare, giocano un ruolo fondamentale nella trasformazione dei caratteri morfologici del territorio, modificandone radicalmente la topografia e l'idrografia. Ogni unità di flusso è composta da parecchi km³ di ceneri, lapilli, scorie e xenoliti, deposti a temperature variabili, sino a diverse centinaia di °C, ed è in parte condizionata, nel suo scorrimento, dalla conformazione del rilievo topografico.

La messa in posto delle unità vulcaniche provoca, come detto, la trasformazione radicale del reticolo idrografico; anche il corso principale del "Paleotevere" rimane influenzato dall'arrivo delle coltri vulcaniche e viene definitivamente confinato nel corso attuale, costretto tra le pendici della dorsale plio-pleistocenica di Monte Mario-Gianicolo e il plateau "ignimbritico" albano.

Durante la messa in posto delle principali colate piroclastiche, che avviene in un lasso di tempo compreso tra 600 e 300 mila anni, prosegue la normale sedimentazione, attraverso cicli deposizionali controllati dalle variazioni eustatiche. Alle fasi erosive legate alle regressioni della linea di costa si sovrappongono, tuttavia, la tettonica ed una serie di processi legati alla messa in posto dei prodotti vulcanici. I rapporti stratigrafici tra le diverse unità vulcaniche e sedimentarie risultano pertanto assai complessi.

In corrispondenza dell'ultima fase del periodo glaciale wurmiano, circa 18.000 anni fa, la forte regressione del livello marino determina una notevole erosione dei terreni sino a quel momento depositi: l'alveo del Tevere nell'area della città di Roma si approfondisce sino a quota - 50, metri s.l.m. mettendo a nudo il bed-rock pliocenico, lungo il corso della sua valle e in corrispondenza dei propri affluenti. Si crea così la geometria del "contenitore" delle alluvioni recenti, sulle quali si svilupperanno molte parti della città. Il successivo innalzamento del livello marino, continuato fino all'epoca attuale, determina infatti il colmamento dei paleoalvei precedentemente incisi con depositi alluvionali a carattere prevalentemente argilloso-limoso e sabbioso con alla base un livello di ghiaia di spessore fino a 7-8 m, che raggiungono spessori di oltre 60 metri.

4.5 Caratteri idrogeologici

I terreni affioranti e sepolti presenti nell'area mostrano caratteristiche di permeabilità molto variabili sia tra le differenti formazioni geologiche che all'interno della stesse serie stratigrafiche. I terreni di natura vulcanica sono da poco permeabili a permeabili, sia per porosità (pozzolane, tufi stratificati) che per permeabilità secondaria, dovuta alla fratturazione, i litotipi litoidi, tufi e lave.

I depositi sedimentari riferibili alla Formazione di Ponte Galeria hanno caratteristiche di permeabilità molto variabili passando da poco o nulla permeabile i termini a granulometria più

fina limo e argilla, da permeabili a molto permeabili gli orizzonti sabbiosi e ghiaiosi. I terreni alluvionali hanno permeabilità molto diverse, da permeabili a molto permeabili i depositi sabbiosi e ghiaiosi, da poco permeabili ad impermeabili i terreni limosi e argillosi.

L'idrogeologia dell'area, a grande scala, è caratterizzata dalla presenza di almeno due principali circolazioni acquifere in falda, ospitata nei terreni a maggiore permeabilità della serie piroclastica Sabatina e una più profonda confinata nei depositi ghiaiosi e sabbiosi del complesso sedimentario di Ponte Galeria del Pleistocene, sostenuta in basso da una potente sequenza argillosa riferibile alla formazione di Monte Vaticano del Pliocene, impermeabile, che costituisce a livello regionale l'*aquiclude* di tutte le circolazioni idriche in falda. I depositi alluvionali recenti, di maggiore spessore, presenti nelle principali zone vallive contengono un acquifero più superficiale spesso caratterizzato da scambi con gli acquiferi più profondi.

La porzione settentrionale ed occidentale del territorio municipale è dominata dal complesso idrogeologico della serie piroclastica Sabatina caratterizzata da spessori delle vulcaniti abbastanza elevati e da una discreta permeabilità che favorisce il formarsi al loro interno di una circolazione idrica sotterranea freatica di modesta potenzialità alimentata nella zona settentrionale dai rilievi dei Monti Sabatini. Le isofreatiche hanno quote medie comprese tra 100 m s.l.m. all'estremità nord-occidentale dell'area e 50 m s.l.m. in prossimità del limite meridionale con una direzione del flusso da nord-nord-est verso sud-sud-ovest. Nella zona Sud-occidentale, in prossimità dell'alto strutturale di Monte Mario formato da terreni prevalentemente argillosi a bassissima permeabilità, il flusso idrico sotterraneo subisce una divergenza, in parte drena verso il fosso dell'Acquatrasversa a nord-est ed in parte verso sud seguendo l'asse vallivo del fosso della Maglianella. In generale le isofreatiche ricalcano abbastanza fedelmente la superficie topografica e mostrano, soprattutto nella parte centrale, l'esistenza di un drenaggio da parte del reticolo idrografico che si evidenzia con una serie di emergenze lineari ubicate lungo i corsi d'acqua principali. Tale circolazione idrica alimenta i pozzi e le sorgenti dell'area che, talora, possono dare portate anche cospicue.

L'Unità Idrogeologica di Ponte Galeria comprende la maggior parte delle zone occidentali dell'area romana, ed ospitava fino a 40-50 anni fa due importanti acquiferi, uno superiore a falda libera situato all'interno dei depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi superiori ed uno a falda confinata contenuta nelle sabbie e ghiaie del banco inferiore. L'intensa attività estrattiva a cui è stata sottoposta l'intera zona, negli ultimi cinquantenni, dovuta all'escavazione della sabbia e ghiaia ha portato alla perdita irreversibile di milioni di metri cubi di materiali e con essa anche la perdita della falda acquifera.

All'interno delle valli dei principali fossi possono rinvenirsi circolazioni idriche di scarsa importanza localizzate negli orizzonti più permeabili delle serie alluvionale recente.

5. INDAGINI GEOFISICHE DI NUOVA REALIZZAZIONE

5.1 Indicazioni metodologiche

In riferimento alla Delibera Regionale G.R. 26/11/2010, n. 545 e al Vademecum operativo per la realizzazione di studi di microzonazione sismica di livello 1 è stata condotta un'indagine geofisica tramite prospezione sismica "M.A.S.W." ("Multichannel Analysis of Surface Waves") e HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), che hanno consentito la definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s) e la definizione delle frequenze naturali dei terreni presenti sul territorio municipale.

Utilizzando un'adeguata strumentazione geofisica sono state realizzate n. 36 misure di microtremore ambientale basata su tecnica di sismica passiva a stazione singola e n. 10 prospezioni sismiche di tipo "M.A.S.W." ("Multichannel Analysis of Surface Waves"). I risultati delle prove sono riportati nell'allegato "Risultati delle prove sismiche ex-novo".

5.2 Risultati e commenti delle prove MASW

In totale sono state realizzate n. 10 prove distribuite in modo da comprendere le diverse situazioni geologico-stratigrafiche presenti sul territorio e per ciascuna di esse è stato ricostruito il profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), e dove possibile anche la profondità del sub-strato sismico con V_s maggiore di 700 m/s. Inoltre vengono riportati anche i dati relativi a n. 8 prove pregresse ricavate da indagini bibliografiche. Le principali informazioni ricavate per ciascuna prova sono state sintetizzate nella tabella di seguito riportata.

I profili di velocità delle onde S (V_s) ottenuti dall'elaborazione delle prove realizzate evidenziano le velocità degli strati di terreno in funzione della profondità ottenuti dall'elaborazione delle prove. I dati completi delle misurazioni effettuate sono riportati in formato digitale PDF nel documento "Risultati delle prove sismiche ex-novo" nel CD di consegna.

Di seguito vengono commentati i risultati ottenuti dalle prove in funzione anche del modello geologico ricostruito per il sito indagato.

- La prova 9 è stata ubicata in corrispondenza della valle del fiume Arrone caratterizzato da un punto di vista geologico-stratigrafico da una coltre di terreni alluvionali con spessori fino a circa 40 m passanti in profondità a terreni sedimentari del Plio-Pleistocene. Il profilo evidenzia basse velocità delle onde S che crescono con la profondità. La velocità massima sperimentale individuata è pari a circa 450 m/s ed è riferita ad una profondità superiore a 30 m mentre non è stato possibile identificare il sub-strato con velocità superiore a 700 m/s. Estrapolando i dati ed utilizzando un gradiente di velocità (V_s) crescente con la profondità di tipo lineare è possibile assegnare una profondità del sub-strato rigido maggiore di 60 m.

	Tipo di Indagine	Vs30 (m/s)	N° progressivo sulla carta delle indagini	Velocità massima/profondità	Profondità (m) del sub-strato sismico Vs>700m/s	Microzona sismica (MOPS)
pregressa	MASW	418	1	453/6	-	ZAS 3
"	MASW	422	2	450/3	-	ZAS 3
"	MASW	364	3	487/12	-	ZAS 3
"	MASW	398	4	720/29	-	ZAS 3
"	MASW	414	5	-	-	ZAS 5
"	MASW	311	6	-	-	ZAS 5
"	MASW	206	7	-	-	ZAS 3
"	MASW	349	8	-	-	ZAS 3
Ex-novo	MASW	266	9	450/35	>60	ZAS 7
"	MASW	413	10	720/35	35	ZAS 1
"	MASW	415	11	710/42	42	ZAS 2
"	MASW	295	12	650/45	45	ZAS 4
"	MASW	424	13	600/40	50	ZAS 3
"	MASW	381	14-15	450/40	>50	ZAS 3
"	MASW	413	16	610/40	50	ZAS 3
"	MASW	468	17	580/40	>50	ZAS 2
"	MASW	409	18	530/40	50	ZAS 2
"	MASW	374	19	480/30	>50	ZAS 2

Tabella relativa alle prove MASW.

- La prova 10 si riferisce ad un profilo geologico-stratigrafico formato da depositi piroclastici dell'apparato vulcanico Sabatino con spessori superiori a 40 m passanti in profondità a terreni fluvio-deltizi (formazione di Ponte Galeria) del Pleistocene. Il profilo di velocità delle onde S evidenzia un andamento crescente delle velocità con la profondità con l'interposizione di uno strato di tufo rosso a scorie nere, di spessore 5 m, caratterizzato da un'inversione di velocità. La velocità massima sperimentale trovata ha permesso l'individuazione del sub-strato con velocità superiore a 700 m/s ad una profondità di circa 35 m.
- Le prove 11, 17, 18, e 19 La prova 10 si riferiscono a profili geologico-stratigrafico formati da depositi piroclastici dell'apparato vulcanico Sabatino con spessori compresi tra 20 e 40 m passanti in profondità a terreni fluvio-deltizi (formazione di Ponte Galeria) del Pleistocene. I profili di velocità delle onde S evidenziano andamenti crescenti delle velocità con la profondità, con una Vs 30 media pari a 416 m/s ed un sub-strato sismico con velocità superiore a 700 m/s ad una profondità media > 50 m. Quest'ultimo dato è stato estrapolato ipotizzando un gradiente di velocità (Vs) crescente con la profondità di tipo lineare.
- Le prove 13, 14,15 e 16 si riferiscono a profili geologico-stratigrafico formati da depositi piroclastici dell'apparato vulcanico Sabatino con spessori minori di 20 passanti in profondità a terreni fluvio-deltizi (formazione di Ponte Galeria) del Pleistocene. I profili di velocità delle onde S evidenziano andamenti crescenti delle velocità con la profondità, con una Vs 30 media pari a 406 m/s ed un sub-strato sismico con velocità superiore a 700 m/s ad una

profondità superiore a 50 m. Quest'ultimo dato è stato estrapolato ipotizzando un gradiente di velocità (V_s) crescente con la profondità di tipo lineare.

- La prova 12 è stata realizzata in corrispondenza di un'area caratterizzata da successione di terreni fluvio-deltizi riferibili alla formazione di Ponte Galeria, con che passano in profondità a depositi sabbiosi ed argillosi riferibili alla formazione di Monte delle Picche o Monte Mario. Il profilo anche in questo caso evidenzia un andamento crescente delle velocità delle onde S con la profondità. La velocità massima sperimentale individuata è pari a circa 650 m/s ed è riferita ad una profondità superiore a 30. Estrapolando i dati ed utilizzando un gradiente di velocità V_s crescente di tipo lineare con la profondità si ricava un valore di profondità di circa 45 m.

5.3 Risultati e commenti delle prove HVSR

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito mediante lo spettro H/V. I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato.

Il metodo Nakamura (Nakamura, 1989, Quarterly Rep. RTRI Jpn. No. 30) è una tra le tecniche più utilizzate per lo studio della risposta sismica di un sito. Tale metodo consente di determinare la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno (o frequenza di risonanza), f_0 , a partire da registrazioni di microtremore. Quest'ultimo si assume sia principalmente costituito da onde sismiche superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Il contrasto d'impedenza sismica tra gli strati di terreno superficiali ed il substrato roccioso è la causa dell'amplificazione al sito. Specificamente, verificata l'ipotesi per cui la componente verticale del moto sia esente da effetti di amplificazione, la funzione di amplificazione è determinabile come il rapporto tra le componenti spettrali orizzontali (H) e quella verticale (V) di una stessa registrazione in superficie. Tale funzione è propriamente indicata come curva H/V (per questo spesso si parla di tecnica HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio technique) ed esprime la variazione dell'amplificazione del terreno in funzione della frequenza.

I risultati ottenuti dalle prove effettuate vengono presentati sotto forma di grafici HVSR dove la frequenza espressa in Hz è riportata sull'asse delle (x) – mentre l'ampiezza del rapporto HV sull'asse delle (y). Poiché la frequenza è relazionata alla profondità, il grafico HVSR può tramutarsi in un grafico ampiezza del rapporto HV (x) – profondità (y), dove l'ampiezza del rapporto HV (x) descrive in modo relativo l'ampiezza del contrasto di impedenza tra i due mezzi a quella determinata profondità (y). Ciascun picco nel grafico HV corrisponde ad un livello stratigrafico che presenta un contrasto di impedenza rispetto al livello sottostante. Maggiore è il contrasto di impedenza, maggiore è l'ampiezza attesa del picco HV sebbene la relazione tra le due variabili

non sia lineare. I dati completi delle misurazioni effettuate sono riportati in formato digitale PDF nel documento "Risultati delle prove sismiche ex-novo" nel CD di consegna. Nella tabella 2 sono riportati in forma sintetica i principali parametri ottenuti dalle prove HVSR realizzate.

I principali parametri utilizzati per le fasi di campionamento ed analisi dei dati di microtremore sono:

Frequenza di campionamento: 250 Hz

Durata di registrazione: 1200 s

Finestra temporale: 30 s

Le misure di frequenza forniscono utili elementi di analisi sul comportamento sismico delle sequenze litostratigrafiche presenti nell'area di studio. Per tale motivo la distribuzione dei punti di misura delle prove HVSR sul territorio è stata effettuata in virtù del modello geologico ricostruito ed in modo da comprendere tutte le formazioni e unità geologiche cartografate. Per ciascuna unità litostratigrafica sono state realizzate un certo numero di prove in modo da avere anche un valore statistico dei risultati ottenuti.

L'elaborazione delle misure oltre a fornire il valore di frequenza (f_0) dei terreni testati, una volta accertato l'esistenza di un picco di amplificazione del terreno (affidabile) ci dà la possibilità effettuare anche una stima della profondità H dell'interfaccia risonante. A tal riguardo si ricorda che la velocità media V_s è legata alla profondità H del contrasto di impedenza dalla relazione $V_s = H \cdot 4 \cdot f_0$, pertanto attraverso il valore del picco di frequenza f_0 ed ipotizzando una V_s media (ricavabile attraverso prove dirette down-hole o masw) è possibile stimare la profondità H.

L'analisi dei risultati ottenuti consente di fare le seguenti considerazioni:

- Le misurazioni eseguite in corrispondenza delle zone in cui affiorano i depositi alluvionali recenti categoria ZAS 7 della carta delle MOPS evidenziano picchi caratterizzati da basse frequenze, comprese tra un minimo di 1,7 Hz fino ad massimo di 5,85 Hz, che possono essere messi in relazione con lo spessore dei depositi alluvionali. Considerando infatti che le velocità degli strati alluvionali, in genere sono inferiori a quelle dei terreni del sub-strato e quindi in grado di generare un interfaccia risonante, che in base alle note relazioni sopra riportate indicano uno spessore della sequenza alluvionale variabile tra 15 e 45 m. Tali valori di spessore risultano compatibili con le informazioni stratigrafiche conosciute in letteratura.
- Le misure eseguite in corrispondenza dei depositi sedimentari del Plio-Pleistocene, riferibili alle formazioni di Ponte Galeria, Monte Mario e Monte Vaticano, categorie ZAS 4, ZAS 5 e ZAS 6 della carta delle MOPS, nella quasi totalità dei casi esaminati mostrano l'assenza di picchi di frequenza caratteristici, a testimonianza del fatto che tali terreni non presentano per le profondità investigate significativi contrasti di impedenza sismica tali da poter generare picchi di frequenza. Le velocità delle onde di taglio V_s negli strati di terreno aumentano

gradualmente con la profondità senza brusche variazioni. Si riscontrano in alcuni casi la presenza di picchi di frequenza con valori superiori a 10 Hz da mettere sicuramente in relazione con la presenza di una coltre superficiale di terreno rimaneggiato ed alterato o di riporto, con spessore in genere inferiore a 5 m.

- Le misure eseguite in corrispondenza dei depositi vulcanici dell'apparato Sabatino caratterizzati da un punto di vista lito-stratigrafico da una sequenza di depositi piroclastici appoggiati sui depositi sedimentari del Plio-Pleistocene con spessore da pochi metri fino a molte decine, categorie ZAS 1, ZAS 2 e ZAS 3 della carta delle MOPS, nella quasi totalità dei casi esaminati mostrano l'assenza di picchi di frequenza caratteristici. L'assenza di picchi testimonia il fatto che sia la sequenza piroclastica che la successiva serie sedimentaria Plio-Pleistocenica presentano velocità molto simili per le profondità investigate senza significativi contrasti di impedenza sismica. Le velocità delle onde di taglio V_s negli strati di terreno infatti aumentano piuttosto gradualmente con la profondità senza brusche variazioni. Anche in questo caso si riscontra la presenza di picchi di frequenza con valori superiori a 10 Hz da mettere sicuramente in relazione con la presenza di una coltre superficiale di terreno rimaneggiato ed alterato o di riporto, con spessore in genere inferiore a 5. Uniche eccezioni rispetto al modello geologico descritto sono rappresentate dalle misure 283 e 286 che evidenziano la presenza di picchi di frequenza con valori compresi tra 5 e 6 Hz da mettere in relazione con la possibile presenza nel sottosuolo di livelli di piroclastici litoidi o laviche caratterizzati da bruschi salti delle velocità delle onde sismiche.

	TIPO DI INDAGINE	Fo	Verifica a picco	Categoria MOPS	N° PROGRESSIVO SULLA CARTA DELLE INDAGINI	Ufologia affiorante
	HVSR 1	5.45	2/6	ZAS 7	279	Alluvioni
	HVSR 9	1.70	4/6	ZAS 7	287	Alluvioni
	HVSR 31	2.65	2/6	ZAS 7	309	Alluvioni
	HVSR 34	5.00	4/6	ZAS 7	312	Alluvioni
	HVSR 24	2.90	3/6	ZAS 7	302	Alluvioni
	HVSR 6	2.80	1/6	ZAS 7	238	Alluvioni
	HVSR 23	No picco	-	ZAS 4	301	Ponte Galeria
	HVSR 21	No picco	-	ZAS 4	299	Ponte Galeria
	HVSR 10	No picco	-	ZAS 4	288	Ponte Galeria
	HVSR 2	No picco	-	ZAS 4	280	Ponte Galeria
	HVSR 3	24.2	4/6	ZAS 4	281	Ponte Galeria
	HVSR 18	No picco	-	ZAS 1	296	Piroclastiti
	HVSR 19	No picco	-	ZAS 1	297	Piroclastiti
	HVSR 14	No picco	-	ZAS 1	292	Piroclastiti
	HVSR 13	No picco	-	ZAS 2	291	Piroclastiti
	HVSR 15	No picco	-	ZAS 2	293	Piroclastiti
	HVSR 17	No picco	-	ZAS 2	295	Piroclastiti
	HVSR 26	17.60	6/6	ZAS 2	304	Piroclastiti
	HVSR 27	No picco	-	ZAS 2	305	Piroclastiti
	HVSR 12	No picco	-	ZAS 2	290	Piroclastiti
	HVSR 8	6.80	3/6	ZAS 2	286	Piroclastiti
	HVSR 5	5.90	5/6	ZAS 3	283	Piroclastiti
	HVSR 25	No picco	-	ZAS 3	303	Piroclastiti
	HVSR 22	14.00	4/6	ZAS 3	300	Piroclastiti
	HVSR 11	No picco	-	ZAS 3	289	Piroclastiti
	HVSR 16	No picco	-	ZAS 3	294	Piroclastiti
	HVSR 29	No picco	-	ZAS 3	307	Piroclastiti
	HVSR 35	No picco	-	ZAS 3	284	Piroclastiti
	HVSR 20	No picco	-	ZAS 3	298	Piroclastiti
	HVSR 32	No picco	-	ZAS 6	310	Monte Vaticano
	HVSR 4	No picco	-	ZAS 6	282	Monte Vaticano
	HVSR 7	No picco	-	ZAS 6	222	Monte Vaticano
	HVSR 33	No picco	-	ZAS 5	311	Monte Mario
	HVSR 28	No picco	-	ZAS 5	306	Monte Mario
	HVSR 30	10.55	6/6	ZAS 5	308	Monte Mario

Nuova
esecuzione

Tabella 2 - Risultati delle prove HVSR

6. MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico del sottosuolo è uno strumento molto potente per definire i parametri e le caratteristiche del sottosuolo stesso; esso rappresenta la sinergia delle varie tecniche di esplorazione geologica e costituisce il principale input per la modellazione monodimensionale per la quantificazione della risposta sismica locale e la successiva definizione delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

I principali litotipi presenti nel territorio municipale sono rappresentati da depositi vulcanici riferibili alle eruzioni dell'Apparato Vulcanico Sabatino. La copertura piroclastica forma un orizzonte litologico continuo su tutto il territorio in esame, di spessore molto variabile, passando da pochi metri fino a molte decine di metri con un trend di ispessimento da sud-est verso nord-ovest, sovrapponendosi, nella zona occidentale, ai depositi sedimentari fluvio-deltizi del Pleistocene medio, mentre nel settore orientale ai depositi marini, sabbioso argillosi del Pliocene-Pleistocene inferiore.

Nella porzione sud-occidentale del territorio, nelle profonde incisioni vallive che tagliano l'area con direzione circa nord-sud, del fiume Arrone, del fosso Rio Galeria e del fosso della Magliana, al di sotto dei depositi piroclastici affiorano i terreni sedimentari della Formazione di Ponte Galeria (argille, limi, sabbie e ghiaie), con spessori fino a 50-60 m, passanti in profondità alle argille e/o sabbie delle formazioni di Monte delle Picche e Monte Mario, con spessori molto variabili fino a molte decine di metri, al di sotto delle quali si rinviene il sub-strato argilloso e argilloso marnoso riferibile alla formazione di Monte Vaticano.

Nella zona orientale in prossimità dell'alto strutturale di Monte Mario affiorano i terreni sabbiosi di origine marina riferibili alla formazione di Monte Mario, con spessori fino a molte decine di metri, passanti in profondità alle argille e argille marnose di colore grigio-azzurro riferibili alla formazione di Monte Vaticano. Nella parte occidentale della collina i depositi sabbiosi sono ricoperti superficialmente da una coltre di depositi piroclastici, con spessore in genere inferiore a 20 m.

Gli affioramenti del sub-strato argilloso riferibile alla formazione di Monte Vaticano sono molto localizzati e confinati lungo le pendici della collina di Monte Mario lungo l'asse stradale di via delle Medaglie d'Oro e nei pressi dell'incisione valliva del fosso dell'Inferno.

La sequenza sedimentaria Plio-Pleistocenica riferibile alle formazioni di monte Vaticano, Monte delle Picche e Monte Mario con spessori di molte centinaia di metri, può essere assunto come substrato locale, ma non può essere considerato 'bedrock sismico' $V_s > 700$ m/s, poiché seppur costituiti da litologie argillose sovraconsolidate e sabbiose molto addensate non raggiungono, per spessori almeno fino a 50 m, velocità tali da considerarsi "bedrock sismico". Attraverso la modellizzazione geologica tridimensionale dei dati stratigrafici è stato possibile, nelle zone coperte da sondaggi che raggiungono il substrato, ricostruire, mediante isobate, l'andamento in profondità del substrato.

Nessuna faglia attiva, cioè in grado di produrre un sisma, è segnalata sul territorio esaminato. Si evidenzia che i rilievi hanno messo in luce la presenza di elementi tettonici sepolti riconducibili a

faglie dirette, non sismogenetiche, come del resto presenti in tutto il territorio laziale, che hanno dislocato con movimenti di innalzamento e abbassamento la regione sia prima che durante le varie fasi vulcaniche.

Le aree di fondovalle sono colmate da depositi alluvionali recenti, riferibili all'Olocene, formati da strati lentiformi di limo e sabbia con intercalazioni di ghiaie e argille, dallo spessore estremamente variabile passando da pochi metri fino a diverse decine di metri. Gli spessori maggiori si registrano procedendo da monte verso valle e spostandosi dai margini della valle verso il centro.

Tutti i terreni descritti sono ricoperti in modo pressoché continuo da una coltre, dello spessore da alcuni decimetri fino a pochi metri, di terreno di alterazione o in alcuni casi da terreno di riporto di origine antropica.

In figura 1 è stata riportata una sezione geologica, orientata all'incirca est-ovest, tratta dalla "Carta Geologica del Comune di Roma" Funicello et Alti 2008, da cui è possibile riconoscere i rapporti stratigrafici e gli spessori tra le diverse formazioni geologiche presenti nell'area di studio.

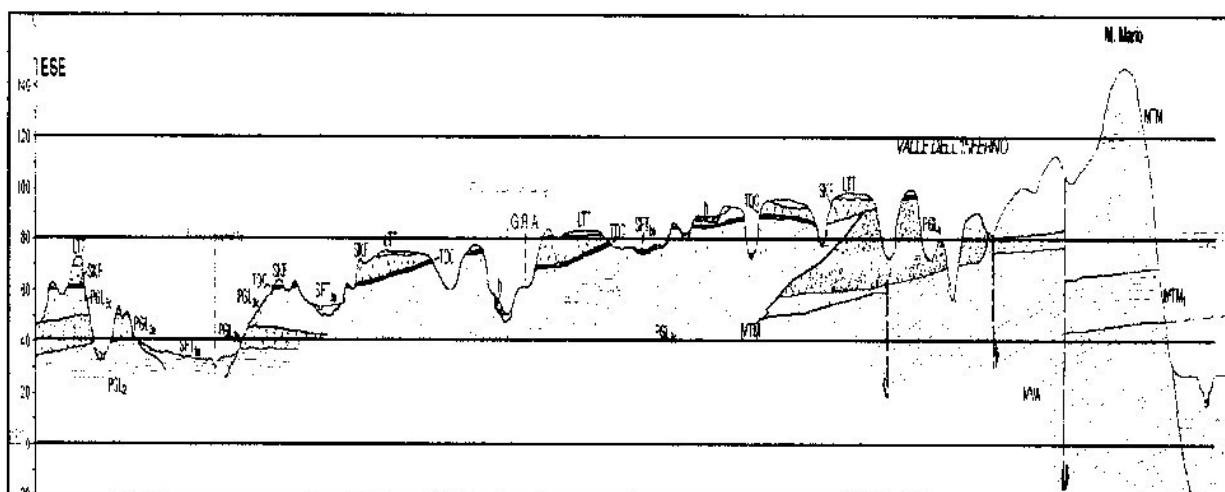


Fig. 1 – Sezione geologica trasversale in cui si evidenziano i rapporti stratigrafici tra le diverse formazioni geologiche presenti nel territorio del Municipio. (Tratto da "Geologia del Comune di Roma" R. Funicello et alii 2008). Legenda: LTT, SKF, TDC (depositi vulcanici Sabatini); PGL (depositi fluvio-deltizi di Ponte Galeria); MTM (formazione di Monte Mario); MVA (formazione di Monte Vaticano).

7. CARTA GEOLOGICO TECNICA

Sulla base di una accurata revisione a scala di dettaglio delle cartografie già redatte, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, nonché ad un controllo in campagna mediante rilevamento, è stata elaborata e redatta la Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La Carta geologico-tecnica è stata realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS), utilizzando la simbologia prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta -II, Giugno 2012).

Nell'ambito di tale revisione è stata posta particolare attenzione alla mappatura dei depositi di copertura, alla ricostruzione dettagliata delle forme geomorfologiche, dei fenomeni gravitativi di versante e/o delle aree instabili ed all'individuazione del substrato.

In particolare è stato individuato il substrato non rigido affiorante o sub-affiorante, costituito dalla formazione delle sabbie di Monte Mario e dalle argille e argille marnose di Monte Vaticano, che nel complesso costituiscono una sequenza di molte centinaia di metri di spessore di terreni sedimentari del Plio-Pleistocene. Il substrato non rigido non costituisce il 'bedrock sismico' in quanto le velocità delle onde di taglio (V_s), registrate per almeno i primi 50 m di spessore risultano inferiori a 700 m/s.

La caratterizzazione del territorio municipale in termini litologici e geomorfologici è stata definita attraverso il rilevamento geologico di campagna integrato, per gli aspetti geomorfologici, con l'analisi fotogeologica. Ai dati di campagna inoltre, sono stati aggiunti quelli derivanti dalla documentazione geologica bibliografica esistente ed in particolare agli studi per la Variante al Piano Regolatore Generale del Comune di Roma (2008) e da ulteriori documenti bibliografici sia in possesso dello scrivente che reperiti nell'Archivio Tecnico del Municipio.

Per le più accurate valutazioni relative alla classificazione delle microzone sismiche sono stati cartografati i versanti con acclività maggiore di 30° e i più significativi elementi geomorfologici caratterizzanti il territorio tra i quali: linee di cresta, cigli di scarpate, aree di dissesto morfologico, zone interessate da cavità sotterranee, ecc. Inoltre, anche con l'ausilio dei fascicoli di indagini acquisiti dall'archivio municipale e da nuova esecuzione, sono state individuate le zone, con spessori significativi, interessate da coltri di depositi di copertura (detriti di versante, zone di accumulo di terreno di riporto, depositi eluvio-colluviali e alluvionali).

Di seguito vengono descritti per intervalli cronologici le caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche dei litotipi affioranti facendo riferimento al rilevamento geologico condotto, alle informazioni contenute nella cartografia geologica ufficiale e alle indagini pregresse ed eseguite ad hoc per il presente studio di Microzonazione Sismica.

Per le finalità stesse del lavoro, i terreni affioranti sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati, ovvero cercando di distinguere le varie unità in base ad un criterio di differenziazione del comportamento sismico. Inoltre, le diverse unità litostratigrafiche riconosciute sono state correlate singolarmente o in associazione nelle diverse unità e formazioni geologiche conosciute in letteratura.

Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, a partire dai termini più recenti verso quelli più antichi, secondo la classificazione proposta dalle Specifiche Tecniche Regionali:

Terreni di copertura:

(RI) Terreni contenenti resti di attività antropica - Terreno di riporto formato da pezzame tufaceo, ciottoli, e frammenti di manufatti di varia natura, molto eterogenei ed eterometrici, con matrice sabbioso-limosa, rimaneggiata. Il grado di compattazione è molto variabile, da sciolti a poco addensati. Spessore variabile fino a un massimo di 10 metri. (Olocene)

(MH pd) Limi inorganici, sabbie fini, limi micacei o diatomitici, di ambiente fluvio lacustre (piana pedemontana) - Depositi alluvionali recenti formati da alternanze di strati limo-argillosi e limo-sabbiosi con intercalazioni di argille torbose, poco o per nulla consolidati, saturi d'acqua, da sciolti e/o inconsistenti a debolmente addensati e/o consistenti, compressibili. Alla base è presente un livello di ghiaia e sabbia, addensata. Spessore da pochi metri fino a molte decine di metri. (Olocene)

(LP Ia) Colata lavica lapidea (ambiente vulcanico) - Colata lavica leucititica-tefritica, di colore grigio, compatta, litoide. Spessore fino a 10 m. (Pleistocene medio)

(GR Ia) Colata piroclastica granulare cementata (ambiente vulcanico) - Colata piroclastica giallo-arancione, a matrice pomicea, compatta, con grosse scorie nere vescicolate, litoide. Spessore fino a 15 m. Tufo rosso a scorie nere. (Pleistocene medio)

(SC Ig) Sabbie argillose, miscela di sabbie e argille. Coltri ignimbrtiche (ambiente vulcanico) - Piroclastiti stratificate costituiti in prevalenza da lapilli e ceneri, da incoerenti a mediamente addensati, con livelli di pomici, depositi limno-palustri diatomitici e vulcaniti argillificati poco consistenti. Tufi stratificati di la Storta e tufi stratificati di Sacrofano (Pleistocene medio)

(SM di) Sabbie limose, miscela di sabbie e limo, di ambiente fluvio lacustre (piana delizia) - Successione complessa di sedimenti di ambiente da transizione a continentale formata da litofacies sabbiosa, argilloso-sabbiosa e conglomeratico-sabbiosa. Terreni granulari da mediamente addensati ad addensati, quelli coesivi mediamente consistenti. Spessore fino a molte decine di metri. Formazione di Ponte Galeria. (Pleistocene inf.)

Sub-strato geologico non rigido:

(AL) Altemanza di Iltolpi. Argille e argille sabbiose di ambiente infralitorale e sabbie con intercalazioni di arenarie in orizzonti e lenti. Terreni da addensati e/o consistenti a molto addensati e/o consistent. Spessore di molte decine di metri. Formazione di Monte delle Picche e Monte Mario. (Pleistocene inferiore)

(CO) Coesivo sovraconsolidato. Argille ed argille marnose grigie e grigio-azzurre, di ambiente batiale superiore, da molto consistenti a compatte. Spessore molte centinaia di metri. Argille di Monte Vaticano (Pliocene superiore)

I rapporti stratigrafici e giacitureali tra le diverse unità cartografate sono stati evidenziati nelle sezioni geologiche longitudinali e trasversali realizzate.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alle forme e processi geomorfologici legati alla dinamica di versante, questi sono stati analizzati e cartografati in funzione della loro genesi nelle seguenti principali forme e processi:

- a) Forme, processi e depositi gravitativi di versante;
- b) Forme, processi e depositi antropici

I processi e depositi gravitativi di versante costituiscono gli elementi predominanti del territorio dovuti all'erosione differenziale dei depositi piroclastici di origine vulcanica, fluvio-deltizi del pleistocene e marini del Plio-pleistocene caratterizzati da differenti proprietà geotecniche:

- **orlo di scarpata di degradazione e/o di frana:** orlo di scarpata dei ripiani morfologici, con altezza superiore a 10 m, prodotti prevalentemente per scalzamento al piede delle unità più erodibili. Comprendono le incisioni antropiche maggiori, che spesso sono impostate su elementi naturali del rilievo e ne accentuano le caratteristiche. Sono diffuse su tutto il territorio del municipio, in modo particolare nel settore occidentale (bacino del fiume Arrone e Rio Galeria), come zona di delimitazione del plateau vulcanico con le aree di fondovalle. Le scarpate presentano un profilo digradante verso la base, con pendenze sommitali, superiori ai 30°.
- **corpo di frana:** Costituiscono le zone d'instabilità dei versanti derivanti dai seguenti studi: [Regione Lazio – Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio e per i Servizi Tecnici, Progetto Inventario Fenomeni Fransi in Italia (I.F.F.I.); Autorità di Bacino del Tevere, Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.); Piano Stralcio 5 per l'area metropolitana romana (P.S.5); Comune di Roma, Dipartimento X, Ufficio Servizio Giardini e Protezione civile – Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade]. Rappresentano corpi di frana con superficie di scorrimento incerta, impostata al contatto di litologie con differente competenza e permeabilità; oppure da corpi di frana complessi o non descrivibile

alla scala della rappresentazione, generalmente costituiti da una porzione apicale di tipo crollo o scorrimento che evolve in colata lenta di terra e detrito.

Le Forme, processi e depositi antropici sono rappresentati dalle modificazioni antropiche della morfologia in funzione delle esigenze umane. In particolare, nell'area di studio, osserviamo:

- **aree estrattive:** le aree estrattive, attive e abbandonate o ripristinate, sono piuttosto diffuse in tutta l'area in funzione delle necessità edilizie e stradali e riguardano l'escavazione delle sabbie e ghiaie e delle argille per la fabbricazione dei laterizi (attività dismessa da molto tempo). Tutte quelle attive e abbandonate presentano uno o più fronti di scavo con pareti sub verticali.
- **Cavità sotterranee:** sono state riportate le aree con elevata probabilità di presenza di cavità nel sottosuolo da ricondursi ad attività antropiche operate in passato in zone oggi completamente urbanizzate principalmente per attività di escavazione, ma anche per la realizzazione di cantine, depositi, strutture idrauliche, luoghi di culto gallerie. La presenza di cavità nel sottosuolo rappresenta sicuramente una minaccia per la stabilità dell'area in quanto per effetto dello scuotimento sismico si possono verificare dei collassi dei vuoti che possono indurre il crollo o il forte danneggiamento dei fabbricati che vi poggiano sopra.

7.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Definito il modello geologico-litostratigrafico del territorio comunale, le diverse formazioni litostratigrafiche affioranti e/o esplorate attraverso i sondaggi geognostici vengono analizzate in un'ottica geologico-applicativa al fine di fornirne le caratteristiche litotecniche. In particolare per ciascuna unità cartografata vengono descritti gli aspetti geotecnici peculiari (identificazione) sia in termini di correlazioni tenso-deformative relativamente a sollecitazioni meccaniche, statiche e soprattutto dinamiche, cui gli ammassi possono essere sottoposti. Tale ridefinizione è basata prevalentemente sullo stato di aggregazione dei materiali, nonché sulla struttura e sulla tessitura dei terreni, a livello di mesostrutture da cui in definitiva discende il comportamento stesso degli ammassi di terreni sia in condizioni statiche ma anche, proprio per quanto di interesse del presente studio, in condizioni di sollecitazioni dinamiche (terremoti).

Con tali criteri nel presente studio i terreni vengono classificati nelle seguenti categorie litotecniche:

- **Terreni di riporto:** Terreni eterogenei da granulari a coesivi utilizzati per colmate, terrapieni e rilevati stradali e ferroviari. Sono caratterizzati da una elevata eterogeneità, da basso grado di addensamento o di consistenza, e presentano scadenti caratteristiche di resistenza al taglio ed elevata compressibilità.

- **Alluvioni recenti ed attuali:** possono essere suddivisi in due principali raggruppamenti, a comportamento prevalentemente coesivo, argille, argille torbose, limi e limi sabbiosi con angolo di attrito 20°-25° e coesione 10-50 kPa; e a comportamento prevalentemente granulare sabbie limose, sabbie e ghiaie, con angolo di attrito 25°-35° e coesione 0-10 kPa
- **Depositi piroclastici riferibili all'apparato Sabatino:** Comprende le seguenti formazioni: Tufi stratificati varicolori di La Storta, Tufi stratificati varicolori di Sacrofano, Tufo Rosso a scorie Nere, Lave. Si distinguono materiali piroclastici da incoerenti a debolmente cementati formati da piroclastiti stratificate in prevalenza da lapillosi a cenerifici con intercalati livelli ricchi in pomici e livelli argillificati e diatomitici e da piroclastiti straterellate prevalentemente cinertiche, incoerenti, con livelli di limno-palustri, diatomitici e vulcaniti argillificate. Caratteristiche geotecniche molto variabili, angolo di attrito 25°-30°, coesione 4-10 kPa. Depositi piroclastici da cementati a litoidi con le seguenti caratteristiche, angolo di attrito 35°-40°, coesione 25-40 kPa, Resistenza alla compressione 500-2500 kPa. Lave con una resistenza alla compressione 150-300 MPa
- **Depositi fluvio-deltizi antichi:** Comprende la formazione di Ponte Galeria. Si distinguono in terreni a comportamento prevalentemente coesivo e in terreni a comportamento prevalente granulare. Ai primi depositi appartengono limi sabbiosi, argille limose e argille da normalmente consolidate a debolmente sovra-consolidate caratterizzate dai seguenti parametri geotecnici, angolo di attrito 22°-27°, coesione 20-40 kPa, coesione non drenata 40-100 kPa. I depositi a comportamento granulare sono formati da sabbie e sabbie debolmente limose, ghiaie in prevalenza clasto sostenute con locali porzioni caratterizzate da una matrice sabbiosa; da poco addensate a cementate, localmente litoidi, con lenti e livelli intercalati di sabbie, con caratteristiche geotecniche molto variabili, angolo di attrito 30°-45°, coesione 10-30 kPa
- **Depositi sabbiosi e argillosi del Pleistocene inferiore:** comprende la formazione di Monte Mario e di Monte delle Piche. Depositi a comportamento prevalente granulare di origine marina formati da sabbie e sabbie debolmente limose, addensati con livelli cementati, ed intercalazioni di lenti di limo-argilloso consistente. Caratteristiche geotecniche, angolo di attrito 30°-35°, coesione 10-50 kPa.
- **Depositi argillosi e argilloso-marnosi del Pliocene:** Comprende la formazione di Monte Vaticano. Depositi a comportamento prevalente coesivo di origine marina formati da argille e argille marnose, sovra consolidate, da molto consistenti fino a compatte e semilitoidi. Caratteristiche geotecniche, angolo di attrito 25°-30°, coesione 20-100 kPa, coesione non drenata 50-300 kPa.

8. CARTA DELLE INDAGINI

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nella Carta delle indagini, realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS) in scala 1:10.000. I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta -II, Giugno 2012). I dati sono identificati univocamente con un numero o una sigla progressivi cui corrisponde il documento disponibile nei tomi 'Dati di Base'.

La documentazione bibliografica utilizzata nel presente lavoro ha riguardato principalmente i dati derivanti da pozzi e sondaggi sia pubblicati sul sito dell'ISPRA (Archivio Nazionale delle indagini nel sottosuolo Legge 464/1984) che nel volume "La Geologia del Comune di Roma" (Ventriglia 2002). Inoltre, sono stati aggiunti gli elementi derivanti da fascicoli di indagini geognostiche e sismiche reperiti negli archivi tecnici del Municipio relativi a progetti edilizi e urbanistici eseguiti per privati e per l'amministrazione pubblica, e da dati di indagini eseguite direttamente dalla Geoambiente soc. coop. a r.l. per conto di privati. In totale sono stati presi in esame 327 punti di indagine dislocati sul territorio municipale e mappati nella carta delle indagini. Le stratigrafie dei sondaggi sono riportati nell'Allegato 2 - Allegato 2 – Stratigrafie dei sondaggi geognostici (dal volume "La Geologia del Comune di Roma" - Ventriglia 2002) ed Allegato 3 – Stratigrafie dai sondaggi geognostici ricavati dal Portale del Servizio Geologico d'Italia, 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);

Le informazioni contenute nei documenti bibliografici raccolti riguardano principalmente dati stratigrafici del sottosuolo derivanti da sondaggi geognostici che, dopo essere stati attentamente valutati anche in riferimento ai rilievi geologici effettuati in campagna, hanno permesso di definire il migliore modello geologico-stratigrafico possibile per il territorio esaminato. Oltre ai dati stratigrafici sono stati raccolti dati che riguardano le caratteristiche geologico-tecniche e sismiche (prove MASW, e down-hole) dei litotipi affioranti o presenti nel sottosuolo. Oltre alle indagini bibliografiche inoltre sono state eseguite ex-novo n.36 misure di frequenza naturale dei terreni, e n. 10 prove MASW finalizzate a fornire utili elementi di valutazione della risposta sismica locale. La documentazione raccolta ha consentito di migliorare il livello conoscitivo del territorio utile per le successive elaborazioni dello studio di microzonazione sismica di livello 1.

In tabella 1 vengono identificati in chiave sinottica la quantità ed il tipo di indagini utilizzati per lo studio.

CELLE	Sondaggi a distruzione	Sondaggio a carotaggio continuo	Geofisica	Prove geotecniche (sito+lab)	HVSR
I15					1
K33					1
L28	1				
M5	1				
P19			1		
Q7					1
Q29	1				
V35					1
W27			1		1
X4			1		
X23					1
Y21					1
Z41	1	4		4	
AA9	1				
AB35					1
AC9					1
AC24			1		
AC44		1	1		
AH12	1				
AH47	1				
AH51	1				
AI16					1
AI29	1				
AI41			1		
AI49	1				
AJ11					1
AJ48					1
AK35					1
AK46					1
AL22	1				
AL31	1				
AL35			1		
AL48	1				
AL51					1
AM41					1
AM42	1				
AN40	1				
AN41	1				
AN52					1
AN53	1				
AO14	2				
AO35	1				

AO39	1				
AO51				1	
AO52	1				1
AP15	1				
AP34	2				
AP45					1
AQ16	2				
AQ42					1
AQ45		1			
AQ51	1				
AR24					1
AR45		1		1	
AS42			1		
AS44					1
AS45				2	3
AS50	1				
AT18	1				
AT42			2		1
AU19	3				
AU39	1				
AU49	2				
AU50	1				1
AV45	1		3		
AV47		1	1	1	
AW28	1				
AW41	1				
AW44	1				
AW45	1				
AW46	1				
AX36	1				
AX38					1
AX44	1				
AX51	1				
AX56	1				
AY25	2				
AY37	2				
AY42	1				
AY54	1				
AY56	2				
AZ43	1				
AZ51	1				
AZ55	1				
AZ56	2				
BA41					1
BA55	5				
BB36	2				

BB38	1				
BB53	2				
BB54	3				
BB55	4				
BC36	1				
BC40	2				
BC42	1				
BC53	2				
BC54	2				
BC55	1				
BD39	1				
BD40	1				
BD51	1				
BD54	1				
BD57	1				
BD58	4				
BD59	1				
BE37	2				
BE39	1				
BE51	1				
BE54	1				
BE57	1				
BE58	1				
BE62	1				
BF36					1
BF38	1				
BF41	1				
BF46	1				
BF49	1				
BF50	1				
BF53	1				
BF54	1				
BF55	1				
BF56	2				
BF59	2				
BF61	4				
BG44	1				
BG45	1				
BG46	1				
BG48	1				
BG52	1				
BG53	1				
BG54	1				
BG55	1				
BG56	1				
BG57	1				

BG58	3			1	
BH33	2				
BH47	1				
BH51			1		
BH53	1		1		
BH55	4				
BH56	2			1	
BI45	1				
BI47	1				
BI48	1				
BI55	1				
BI57	1				
BI58	2				
BI59	1				
BI60	1				
BI61	1				
BI62	1				
BJ44			1		
BJ45	2				
BJ49	3				
BJ50	2	1		1	
BJ51	2	2	1	3	
BJ53	1				
BJ54	1				
BJ55					1
BK46					1
BK49	1				
BK50		1		1	
BK51	1	1		1	
BK52		2		2	
BK57	1				
BL37	2				
BL49	2				
BL50	2				
BL51	1				
BL52	2				
BL53	1				1
BL54	2				
BL56					1
BL60	1				
BM43	1				
BM46		5	2	5	
BM47	1				
BM60					1
BM61	1				1
BM62	1				

BN42	1				
BN47	2				
BN48	1				
BN50	2				
BN52	1				
BN55	2				
BN56	1				
BN60	1				
BN62	1				
BN63	1				
BO41	1				
BO53	3				
BO56	4				1
BO57	1				
BO58	1				
BO59	1				1
BO60	4				
BP40	2				
BP54	2				
BP55	2	2		2	
BP56	2				
BP57	1				
BP59	1				
TOTALE	223	22	20	26	36

Tabella: indagini repertorate - 2008*: indagini indicate nella Relazione Geologica per la Variante Generale al P.R.G. eseguite presumibilmente nel periodo 1996-2008

9. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Relativamente agli aspetti sismici le indagini geologico-tecniche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1 finalizzato ad evidenziare gli elementi prioritari per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico.

In relazione alla riduzione del rischio sismico gli elementi evidenziati per la valutazione degli effetti locali e di sito, sono stati quelli ritenuti utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificato. A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, sono stati acquisiti elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti (Carta delle Indagini), sia in termini di parametrizzazione dinamica attraverso misure dirette delle Vs e di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSr).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), redatta secondo il regolamento previgente, individua, sulla base di osservazioni geologiche,

geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

In particolare nella valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- ricostruzione del Modello geologico-tecnico dell'area;
- individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, accompagnata da una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- accentuazione della instabilità dei pendii;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

La carta delle MOPS costituisce un importante primo livello di conoscenza del territorio da un punto di vista sismico e consente una migliore gestione del territorio nella pianificazione attuativa a scelte mirate, idonee e tendenti alla riduzione del rischio sismico, fino all'esclusione delle aree, che tra quelle individuabili come nuove zonazioni per la trasformazione edilizia, dovessero risultare sin dai primi accertamenti poco idonee.

La carta è stata redatta sia in formato cartaceo che vettoriale (GIS), tenendo conto delle indicazioni fornite negli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, nelle Specifiche Tecniche Regionali e nel rispetto degli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta -II, Giugno 2012).

Nello specifico la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) individua e caratterizza:

1. **Zone stabili.** Zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento, con $V_s > 700$ m/s, con morfologia pianeggiante o poco inclinata, (versanti con pendenze inferiori a 30°) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base. Nell'area esaminata non sono presenti zone con le caratteristiche descritte.
2. **Zone Stabili suscettibili di amplificazione sismica** (di seguito ZAS), zone in cui il moto sismico è modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di suolo, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;

3. **Zone suscettibili di Instabilità** (di seguito ZI), zone suscettibili di riattivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fogliazioni superficiali).

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche geologiche e geomorfologiche delle classi di suscettibilità di amplificazione sismica individuate e cartografate nella carta (MOPS). Le campiture utilizzate per la zonazione nelle diverse zone di suscettività sismica è di colore pieno a differenti tonalità.

Zone Stabili suscettibili di amplificazione sismica (di seguito ZAS):

All'interno di questa classe sono state raggruppate tutte le zone caratterizzate dalla presenza sia dei depositi di copertura che quelli del substrato non rigido. Riguardano i depositi alluvionali, di riporto antropico, vulcanici, fluviali, lacustro-palustri e marini, limitatamente alle zone in cui lo spessore risulta rilevante, ai fini di un possibile effetto di amplificazione sismica locale. Viene precisato che i litotipi sabbiosi e argilloso-marnosi che costituiscono il substrato non rigido non può essere considerato 'bedrock sismico' infatti, tali materiali seppur costituiti prevalentemente da litologie limoso-argillose sovraconsolidate, e sabbiose molto addensate non raggiungono, per spessori almeno fino a 50 m, velocità tali da considerarsi 'bedrock sismico' $V_s > 700$ m/s. I depositi vulcanici, in base agli spessori ricostruiti attraverso le analisi svolte, sono stati suddivisi in tre sottogruppi: Con spessori inferiori a 20 m, con spessori compresi tra 20 e 40 m e con spessori maggiori di 40 m. Per quest'ultima categoria, in base alle prove MASW realizzate e alle velocità ottenute, è possibile ipotizzare una profondità del 'bedrock sismico' valutabile tra i 35-40 m. Questo dato costituisce solo un'ipotesi e va attentamente verificato attraverso prove e misure dirette delle velocità degli strati da eseguirsi nei successivi livelli 2 e 3 di microzonazione. Un altro dato di interesse, dal un punto di vista sismico, è la presenza all'interno della sequenza piroclastica si evidenziano inversioni di velocità nei profili dovuti a livelli e strati di piroclastiti litoidi o semilitoidi che hanno velocità superiori rispetto agli strati che lo inglobano.

Di seguito è riportata la tabella dei codici utilizzati per la costruzione dello Shape file "**Stab**" per le zone stabili suscettibili di amplificazione locale:

	1 - STRATIFICATO	2 - NON STRATIFICATO	3 - FRATTURATO	4 - ETROPICO
1- LAPIDEO	2011	2012	2013	2014
2- GRANULARE CEMENTATO	2021	2022	2023	2024
3- COESIVO SOVRACONSOLIDATO	2031	2032	2033	2034
4- GRANULARE SCIOLTO	2041	2042	2043	2044
5- GRANULARE A VARI GRADI DI ADDENSAMENTO	2051	2052	2053	2054
6- GRANULARE A VARI GRADI DI CONSOLIDAMENTO	2061	2062	2063	2064

Per ogni zona è stata redatta una colonna stratigrafica e sono descritte in legenda le litologie prevalenti, come riportato nella carta delle MOPS e in appendice alla presente relazione.

- **ZAS 1:** Comprende le aree costituite da depositi di copertura di natura piroclastica riferibili all'attività del distretto vulcanico Sabatino con spessori > 40 m poggianti sui depositi sedimentari Plio-Pleistocenici. Le elaborazioni delle misure HVSR, per le profondità investigate, evidenziano l'assenza di picchi di frequenza caratteristici a testimonianza della mancanza di brusche variazioni di velocità nella sequenza stratigrafica. I profili di velocità ottenuti dalle prove MASW documentano un aumento graduale delle velocità con le profondità, di stimare una V_{s30} > 400 m/s e l'individuazione del possibile sub-strato sismico V_s > 700 m/s ad una profondità sperimentale di 35-40 m. Quest'ultimo valore rappresenta solo un'ipotesi essendo stato ottenuto solo attraverso prove sismiche indirette (MASW) di dubbia attendibilità soprattutto quando le profondità d'investigazione superano i 30 metri. Sono possibili frapposizioni di strati di vulcaniti litoidi a maggiori velocità, comunque inferiori a 700 m/s, che determinano un'inversione nel profilo di velocità. (Codice 2051)
- **ZAS 2:** Comprende le aree caratterizzate da depositi piroclastici di copertura riferibili all'attività del distretto vulcanico Sabatino con spessori compresi tra 20 e 40 m poggianti sui depositi sedimentari Plio-Pleistocenici. I profili di velocità ricavate dalle prove MASW evidenziano velocità crescenti con la profondità e una V_s 30 media pari a 416 m/s. Il bedrock sismico con velocità superiore a 700 m/s è posto a profondità maggiori rispetto alla sequenza piroclastica. Anche in questo caso sono possibili frapposizioni di strati di vulcaniti litoidi a maggiori velocità, comunque inferiori a 700 m/s, che determinano un'inversione nel profilo di velocità. Le misure di HVSR nella quasi totalità dei casi esaminati mostrano l'assenza di picchi di frequenza caratteristici a dimostrazione che sia la sequenza piroclastica che la successiva serie sedimentaria Plio-Pleistocenica presentano velocità molto simili per le profondità investigate senza significativi contrasti di impedenza sismica. Si evidenziano picchi di frequenza con valori superiori a 10 Hz da mettere in relazione con la presenza di una coltre superficiale di terreno rimaneggiato ed alterato o di riporto. (Codice 2051)
- **ZAS 3:** Comprende le aree caratterizzate da depositi piroclastici di copertura riferibili all'attività del distretto vulcanico Sabatino con spessori inferiori a 20 m poggianti sui depositi sedimentari Plio-Pleistocenici. I profili di velocità ricavate dalle prove MASW evidenziano velocità crescenti con la profondità ed una V_s 30 media pari a 406 m/s. I profili di velocità ricavati dalle prove MASW evidenziano anche in questo caso una profondità del bedrock sismico ad una profondità superiore a quella della sequenza piroclastica. Le misure di HVSR nella quasi totalità dei casi esaminati mostrano l'assenza di picchi di frequenza caratteristici a dimostrazione che sia la sequenza piroclastica che la successiva serie sedimentaria Plio-Pleistocenica presentano velocità molto simili per le profondità investigate senza significativi contrasti di impedenza sismica. Picchi di frequenza con valori superiori a 10 Hz sono da

mettere in relazione con la presenza di una coltre superficiale di terreno rimaneggiato ed alterato o di riporto. (Codice 2051)

- **ZAS 4:** Comprende le aree caratterizzate da depositi di copertura riferibili alla formazione di Ponte Galeria formati da una sequenza di terreni da sabbiosi, a ghiaiosi di origine fluvio - deltizio con intervalli argillosi e limosi di natura lacustre e palustre poggianti sui depositi sedimentari del Pleistocene inf. – Pliocene, con spessori fino a molte decine di metri. L'elaborazione delle misure HVSR indicano per questi depositi l'assenza di picchi di frequenza a dimostrazione che i terreni, per le profondità investigate, presentano velocità molto simili senza importanti contrasti di impedenza sismica. I profili di velocità delle onde di taglio (V_s) ricavati dalle prove MASW documentano un andamento graduale delle velocità con la profondità senza significativi salti confermando i dati ottenuti dalle prove HVSR. La velocità massima sperimentale individuata è pari a circa 650 m/s ed è riferita ad una profondità superiore a 30. Estrapolando i dati ed utilizzando un gradiente di velocità V_s crescente di tipo lineare con la profondità è possibile ipotizzare una profondità del substrato sismico $V_s > 700$ m/s superiore a 45 m. (Codice 2054)
- **ZAS 5:** Comprende le zone di affioramento del sub strato non rigido riferibile alla formazione di Monte Mario formato da una sequenza di terreni prevalentemente sabbiosi di ambiente infralitorale, con intercalazioni di orizzonti e lenti di arenarie, poggianti sui depositi sedimentari del Pliocene. Lo spessore dell'intera sequenza sedimentaria è di molte decine di metri. L'elaborazione delle misure HVSR indicano l'assenza di picchi di frequenza caratteristici a testimonianza che la successione sedimentaria non presenta per le profondità investigate importanti contrasti di impedenza sismica. I profili di velocità ricavati dalle prove MASW evidenziano un andamento crescente delle velocità con la profondità. Elaborando i dati ed utilizzando un gradiente di velocità V_s crescente di tipo lineare con la profondità è possibile ipotizzare il substrato sismico con $V_s > 700$ m/s ad una profondità superiore a 50 m. (Codice 2061)
- **ZAS 6:** Comprende le aree di affioramento del sub strato non rigido riferibile alla formazione di Monte Vaticano formato da una sequenza di molte centinaia di metri di terreni da argillosi ad argilloso marnosi, di ambiente marino. Le misure HVSR indicano per questi terreni l'assenza di picchi di frequenza ad indicare la mancanza di importanti contrasti di impedenza sismica nella serie stratigrafica. I profili di velocità ricavati dalle prove MASW indicano un andamento crescente delle velocità con la profondità, senza brusche variazioni. In base al profilo di velocità individuato ed utilizzando un gradiente di velocità V_s crescente di tipo lineare con la profondità è possibile ipotizzare un valore di profondità del substrato sismico con $V_s > 700$ m/s superiore a 50 m. (Codice 2031)
- **ZAS 7** – Comprende le zone vallive caratterizzate da coperture alluvionali, eluvio-colluviali e riporti antropici. Sono formati alternanze di strati di terreni molto eterogenei da argillosi, a ghiaioso-ciottolosi, rimaneggiati ed alterati, poco o per nulla consolidati, da sciolti a poco addensati e/o poco consistenti. I maggiori spessori si rinvengono in corrispondenza delle valli

dei principali fossi e in quelle fortemente antropizzate, aree di cava. Le prove MASW documentano profili di velocità caratterizzati da bassi valori di velocità delle onde di taglio, con $V_s < 300$ m/s, che in genere aumentano gradualmente con la profondità. Il contatto con i terreni del sub-strato di solito avviene attraverso un marcato aumento della velocità delle onde di taglio. In virtù del contrasto di impedenza sismica tra i terreni alluvionali e quelli del substrato si possono generare picchi di frequenza caratteristici. Le misure HVSR effettuate evidenziano la presenza di questi picchi con frequenze comprese tra 1 e 5 Hz. La variabilità delle frequenze dei picchi è in stretta relazione con gli spessori del deposito, frequenze basse sono legati a maggiori spessori, in modo opposto frequenze più alte si riferiscono a spessori più limitati. (Codice 2044)

Zone instabili suscettibili di amplificazione sismica (di seguito ZI):

Individua le zone corrispondenti a quelle "instabili" cartografate nella Carta Geologico-Tecnica come frane e quelle suscettibili di instabilità caratterizzate da versanti con pendenze superiori a 30°.

- **ZI1** – Comprende le seguenti aree instabili: Corpi con superficie di scorrimento incerta, impostata al contatto di litologie con differente competenza e permeabilità; corpo di frana per genesi complessa o non descrivibile alla scala della rappresentazione, generalmente costituito da una porzione apicale di tipo crollo o scorrimento che evolve in colata lenta di terra e detrito. Dati derivanti dai seguenti studi: [Regione Lazio – Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio e per i Servizi Tecnici, Progetto Inventario Fenomeni Fransi in Italia (I.F.F.I.); Autorità di Bacino del Tevere, Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.); Piano Stralcio 5 per l'area metropolitana romana (P.S.5); Comune di Roma, Dipartimento X, Ufficio Servizio Giardini e Protezione civile – Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade}. Inoltre, sono state rappresentate anche le zone con pendenze dei versanti superiori a 30°. Tali zone anche se nelle condizioni attuali sono per la maggior parte stabili, possono risultare suscettibili di instabilità geomorfologica in conseguenza di un evento sismico.

Le forme di superficie e sepolte sono rappresentate: dagli orli di scarpata morfologica, dalle aree nelle quali è molto probabile la presenza di cavità sotterranee, e le cavità isolate accertate.

10. INFORMATIZZAZIONE DELLA CARTOGRAFIA E DEI DOCUMENTI

L'archiviazione informatica dei contenuti degli elaborati forniti in allegato al presente rapporto è stata realizzata riferendosi agli standard di rappresentazione e archiviazione informatica conforme a quanto previsto dagli ICMS nella Versione 2.0beta-II di giugno 2012.

Tutti i dati sono stati archiviati secondo le specifiche tecniche richieste dalla normativa vigente attraverso la predisposizione delle strutture di archiviazione dei dati alfanumerici e degli elaborati cartografici in formato *shapefile*, utilizzando la simbologia e la codifica standard.

Tutte le informazioni archiviate, alfanumeriche e cartografiche, prodotte vengono fornite su supporto magnetico (CD) allegato al presente rapporto.

11. VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELLA CARTA MOPS DI LIVELLO I

La procedura con cui si è valutato, in via semiquantitativa, la qualità della Carta di sintesi MOPS ottenuta è quella indicata dagli ICMS, mediante il foglio di calcolo messo a disposizione on-line dal servizio sismico della regione

La procedura ha previsto 4 fasi di elaborazione:

- E' stato costruito un reticolato di celle quadrate orientate N-S e E-W, con lato di 250 m, sulle aree indagate;
- E' stata compilata la tabella che prevede 6 parametri ai quali viene assegnato un peso
- Si è applicata la formula (sommatoria) indicata per determinare il Fattore di qualità FQ
- Si è associata al Fattore di qualità la corrispondente classe di qualità

Di seguito si riporta la scheda di valutazione. Il risultato finale è pari a 61,5%, corrispondente ad una qualità B, per la quale "Sarebbe auspicabile migliorare almeno uno dei parametri".

Il punteggio ottenuto risente ovviamente del fatto, estremamente penalizzante, di non riscontrare, per la maggior parte del territorio comunale il bedrock sismico rigido a profondità tali da poter essere raggiunto con le indagini geognostiche necessarie.

12. ANALISI CRITICA DEI RISULTATI

Come espresso nei capitoli precedenti tutto lo studio è basato principalmente sulle informazioni e sui dati dedotti dalle indagini acquisite dall'Archivio Tecnico Comunale, dal sito Webb dell'ISPRA e dalla Bibliografia Geologica, con particolare riferimento agli elaborati geologici "La Geologia del Comune di Roma" (Ventriglia 2002) "La Geologia di Roma" (Funicello et al. , 2008), e gli studi per la Variante al Piano Regolatore del Comune di Roma (2008). L'insieme dei dati, quantitativamente notevole, è stato accuratamente vagliato e controllato con molteplici riscontri, sia di campagna sia tra documenti diversi ma omologhi. Tuttavia, come già espresso, gli elementi acquisiti, in quanto riferiti ad una situazione stratigrafica piuttosto complessa se analizzata nei dettagli non consente una ricostruzione adeguatamente particolareggiata in grado di fornire conclusioni univoche e certe in ogni parte del territorio oggetto di studio, anche e soprattutto per la pratica impossibilità di effettuare correlazioni dirette sicure tra sondaggi distanti anche ben oltre il centinaio di metri. Questo aspetto viene ben espresso dal valore del Fattore qualità (B) risultato pari a 61,5 %, seppur elevato è comunque inferiore al 70 % fattore di

qualità (A). Da quanto sopra è derivata la necessità di un approccio probabilistico piuttosto che deterministico e, pertanto, gli elementi indicati dalla carta delle MOPS devono essere intesi con valenza di indicazioni.

Un problema rimasto aperto da un punto di vista sismico è l'impossibilità, sulla scorta dei dati a disposizione, d'individuare la profondità del bedrock sismico, cioè la profondità dello strato di terreno con velocità delle onde di taglio V_s superiore a 700 m/s.

Le analisi svolte hanno permesso l'individuazione del sub-strato geologico non rigido locale che corrisponde alla sequenza sedimentaria Plio-Pleistocenica riferibile alle formazioni di Monte Mario-Monte Vaticano, con spessore di molte centinaia di metri, ma sia i litotipi sabbiosi che quelli argilloso-marnosi che formano il substrato non rigido non hanno velocità tali (almeno per spessori fino a circa 50 m) tali da poterli considerare 'bedrock sismico' cioè $V_s > 700$ m/s.

Per i depositi vulcanici, con spessori maggiori di 40 m, in base alle prove MASW realizzate e alle velocità ottenute, è possibile ipotizzare una profondità del 'bedrock sismico' valutabile tra i 35-40 m. Quest'ultimo dato costituisce solo un'ipotesi di partenza che va attentamente verificato attraverso indagini e prove che hanno come obiettivo la misura diretta delle velocità degli strati di terreno presenti nel sottosuolo fino al raggiungimento del bedrock. Pertanto, nei successivi studi di approfondimento rappresentati dai livelli 2 e 3 di microzonazione sismica si suggerisce l'esecuzione di indagini geognostiche e sismiche da spingere in profondità fino al raggiungimento del bedrock sismico.

Per quanto sopra si lascia agli utilizzatori la valutazione, di volta in volta, della necessità di eventuali approfondimenti conoscitivi per nuovi interventi urbanistici o infrastrutturali, pubblici o privati, in relazione alle caratteristiche del sito interessato ed alla vulnerabilità intrinseca degli interventi da realizzare.

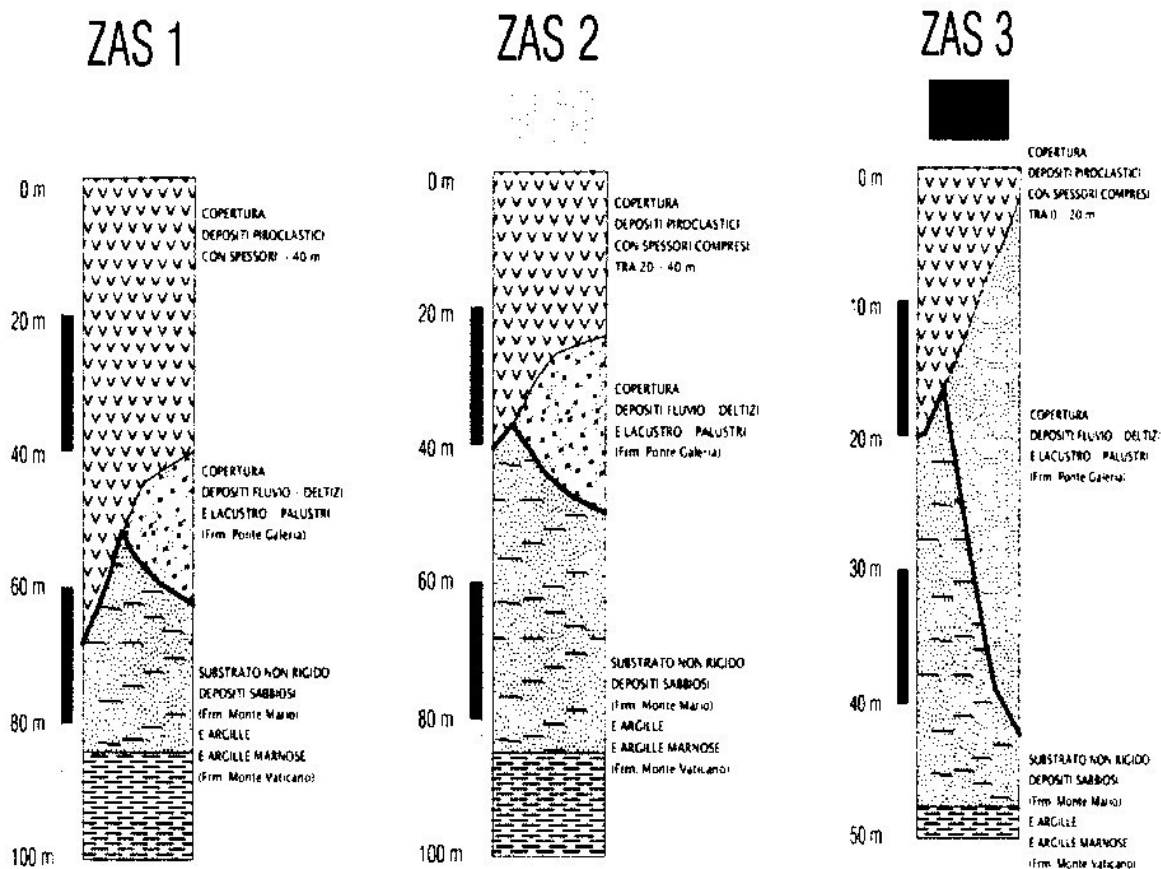
Roma 10/01/2013

Il Relatore
Geol. Giacinto Angelucci

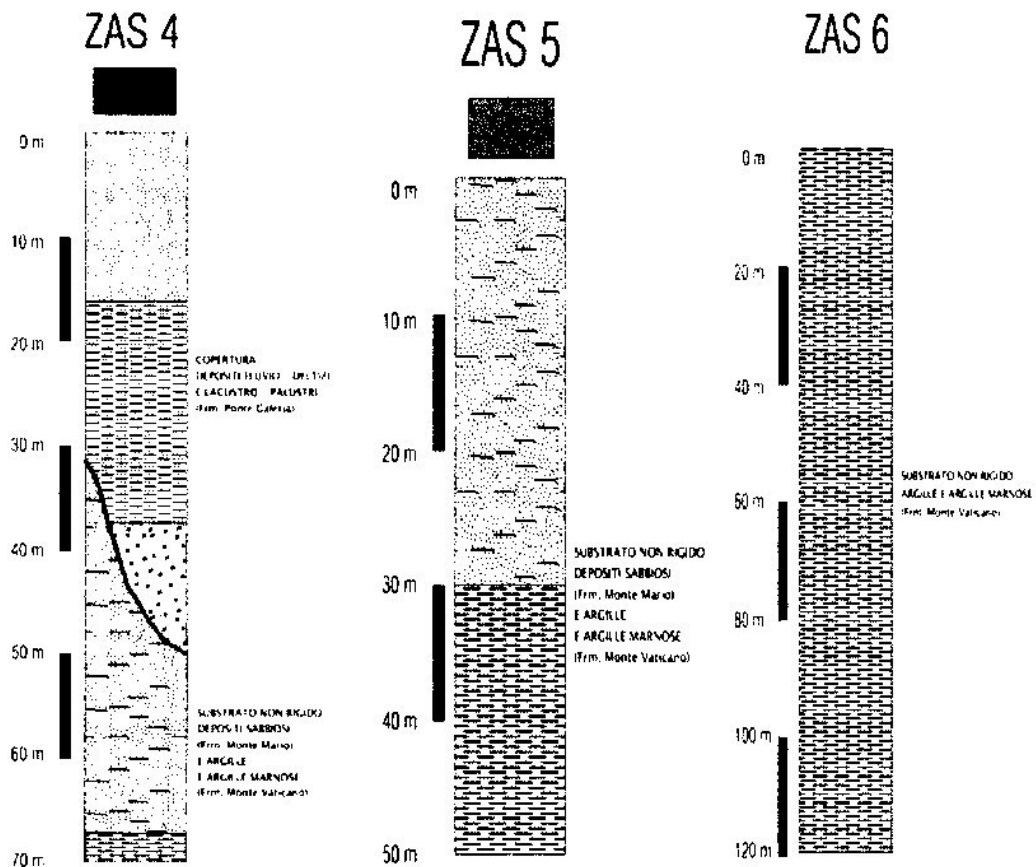


Appendice

Colonne stratigrafiche rappresentative delle MOPS.

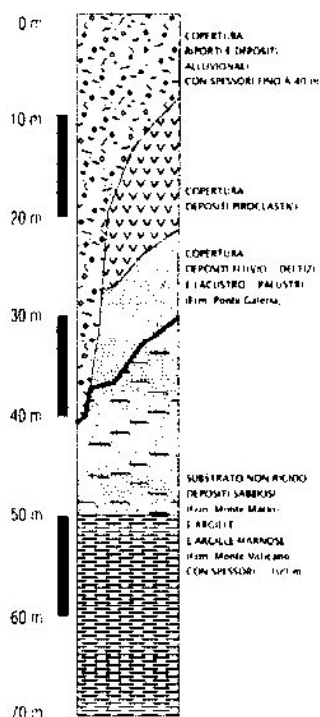


Colonne stratigrafiche rappresentative delle aree di affioramento dei depositi vulcanici.



Colonne stratigrafiche rappresentative delle aree di affioramento dei depositi sedimentari.

ZAS 7



Colonna stratigrafica rappresentativa delle aree di affioramento dei depositi alluvionali recenti ed antropici.

LEGENDA SIMBOLI

TERRENI DI COPERTURA

- Depositi detritici antropici e alluvionali
- Depositi Vulcanici
- Depositi fluvio-deltaici e lacustro-palustri
- Litofacies sabbiosa
- Litofacies sabbiosa - argillosa
- Litofacies conglomeratico - sabbiosa

SUBSTRATO NON RIGIDO

- Depositi sabbiosi
- Depositi sedimentari di argille e argille marnose