

MONOGRAFIE DI GEOLOGIA AMBIENTALE

Geologia Ambientale nel Lazio

A cura di

Daniele Baldi, Eugenio Di Loreto, Lorenzo Manni



Edizioni SIGEA

Monografie di Geologia Ambientale



Geologia Ambientale nel Lazio

A cura di
Daniele Baldi, Eugenio Di Loreto, Lorenzo Manni



Edizioni SIGEA

CON IL PATROCINIO DI



DIPARTIMENTO
DISCIENZE ECOLOGICHE
E BIOLOGICHE



Dipartimento di Ingegneria
Civile e Meccanica
UNIVERSITÀ DI CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE

MONOGRAFIE DI GEOLOGIA AMBIENTALE

Comitato scientifico

Stefano Albanese, Valeria Ancona, Anna Barra Caracciolo, Eleonora Beccaloni, Vincenzo Belgiorno, Piero Bellotti, Mario Bentivenga, Giovanni Beretta, Aldino Bondesan, Francesca Bozzano, Alessandro Bratti, Vito Bruno, Nicola Casagli, Sergio Castenetto, Rachèle Castro, Giorgio Cesari, Vera Corbelli, Erasmo D'Angelis, Donatella De Rita, Rosa Maria Di Maggio, Massimiliano Fazzini, Maria Dolores Fidelibus, Fabio Garbin, Francesco De Pascale, Giuseppe Gisotti, Fabrizio Gizzi, Maurizio Guerra, Massimiliano Lega, Fabio Luino, Sergio Madonna, Carlo Manzo, Luciano Masciocco, Davide Mastroianni, Giuseppe Mastronuzzi, Federica Paglietti, Mario Parise, Fabio Pascarella, Cinzia Pasquale, Laura Passatore, Raffaele Persico, Marco Petitta, Marco Petrangeli Papini, Gianluca Pirani, Francesco Pirozzi, Sabina Porfido, Enzo Pranzini, Elisabetta Preziosi, Antonio Rusconi, Fabio Sabetta, Gabriele Scarascia Mugnozza, Andrea Sconocchia, Paolo Sconocchia, Gianluca Selicato, Silvia Serranti, Rajanandrea Sethi, Andrea Sonnino, Giuseppe Spilotro, Fabio Trincardi, Maria Cristina Tullio, Vito Felice Uricchio, Giuseppe Vadalà, Gianluca Valensise, Igor Villani, Patrizio Zucca

Comitato editoriale

Silvano Agostini, Gigliola Alessandroni, Daniele Baldi, Andro Barabesi, Francesco Cancellieri, Lella Checchi, Eugenio Di Loreto, Maria Di Nezza, Daria Durante, Ilaria Falconi, Cesare Ferone, Adele Garzarella, Enrico Gennari, Giammarco Guidetti, Alessio Iacobini, Gianluca Lattanzi, Michele Macaluso, Carlo Malgarotto, Endro Martini, Fabio Oliva, Michele Orifici, Gaetano Osso, Vincent Ottaviani, Guido Pagliaga, Silvia Paparella, Aldo Papotto, Edoardo Robortella Stacul, Orietta Sala, Gaetano Sammartino, Paolo Sassone, Stefano Sorvino, Nino Tarantino, Salvatore Valletta, Pietro Zangheri

Direttore scientifico

Vito Felice Uricchio

Direttore editoriale

Antonello Fiore

Progetto grafico e impaginazione

Pino Zarbo - Fralerighe Book Farm
www.fralerighe.it

ISBN 979-12-80-811-06-6

© copyright 2025 Edizioni SIGEA
E-mail: monografie@sigeaweb.it
Sito web: www.sigea-aps.it

In copertina: Cascata delle Barche, Amatrice (RI), Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga - (Ph D. Mancinella, Regione Lazio, Area Geodiversità e monumenti naturali)

Finito di stampare nel mese di giugno 2025 dalla Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e a norma delle convenzioni internazionali.

Indice

<i>Prefazione</i>	
GIUSEPPE GISOTTI	9
<i>Presentazione</i>	
FRANCESCA BOZZANO	10
1. AMBIENTE E AZIONI ANTROPICHE	
<i>Introduzione</i>	
A CURA DI DANIELE BALDI	13
Primo approccio alla caratterizzazione della facies idrogeochimica dei Corpi Idrici Sotterranei della Regione Lazio	
ROBERTO CECCARINI, CHIARA VICOMANNI, ALESSANDRA SCALA, ANDREA AMBROSETTI,	
ALBERTO DI LUDOVICO, MARCO LE FOCHE	15
“VFN Valle del Sacco”: roadmap per la definizione delle concentrazioni di fondo naturale nelle acque	
sotterranee per un Sito di Interesse Nazionale	
ADRIANA DAMATO, STEFANO GHERGO, DANIELE PARRONE, ELISABETTA PREZIOSI	24
Studio per la definizione della compatibilità geologica e del valore di fondo naturale per alcuni metalli	
e metalloidi nel suolo e sottosuolo	
MAURO D’ANGELANTONIO, GIOVANNI SAVARESE	37
Analisi di materiali lapidei e materiali da costruzione in un caso di danneggiamento di tombe al Cimitero	
Monumentale del Verano a Roma	
ROSA MARIA DI MAGGIO	47
La sostenibilità economica delle bonifiche ambientali passa per una approfondita fase conoscitiva:	
definizione delle MTD/BAT e progettazione della bonifica in un caso di studio di un sito contaminato	
da idrocarburi pesanti - Frosinone	
ALESSIO IACOBINI, DANIELE BALDI, ROBERTO MANGOLIN, OLGA TAGLIAFERRI	52
Il WEB GIS come strumento avanzato per l’organizzazione, la condivisione e l’elaborazione dei dati	
ambientali nell’ambito delle caratterizzazioni e bonifiche dei siti contaminati - l’applicazione per il SIN	
del Bacino del Fiume Sacco (Lazio)	
ALESSIO IACOBINI, DANIELE BALDI, STEFANO VINCI, WANDA D’ERCOLE, CHRISTIAN BARRELLA	61
Valutazione del rischio erionite-offretite nelle rocce vulcaniche del Lazio	
MICHELE MATTIOLI, MATTEO GIORDANI, FEDERICA PAGLIETTI, SERGIO BELLAGAMBA,	
SERGIO MALINCONICO, GAETANO CECCHETTI	66
La procedura di infrazione “Discariche abusive”: la situazione della Regione Lazio	
NINO TARANTINO, MARIANNA MORABITO	77
Risposta al pompaggio di acquiferi vulcanici e portata sostenibile dei pozzi: alcune esperienze nell’alto Lazio	
VINCENZO PISCOPO, CHIARA SBARBATI, GIACOMO MARCELLI, MATTEO PAOLETTI	83
La siccità e i suoi impatti in centro Italia	
EMANUELE ROMANO, ANNA BRUNA PETRANGELI, NICOLAS GUYENNIN	90
La geomatica nel monitoraggio dell’ambiente costiero – Caso applicativo: la costa laziale	
ANNA TOMEI	96

2. RISORSE GEOLOGICHE

Introduzione

A CURA DI EUGENIO DI LORETO	105
-----------------------------------	-----

Il Monumento Naturale regionale Giardino di Ninfa: tra geologia, natura e storia

MASSIMO AMODIO	107
----------------------	-----

La tutela delle risorse idriche del Lazio: una proposta metodologica per la delimitazione delle Aree di Salvaguardia delle captazioni idropotabili applicata all’idrostruttura dei Monti Lepini

GIACOMO CATALANO, CARLO GAZZETTI, CARLO PEROTTO, MANUELA RUISI, PAOLO SARANDREA.....	118
--	-----

Geologia da gustare. I paesaggi geologici e i prodotti enogastronomici del Lazio

EUGENIO DI LORETO, CRISTIANO FATTORI	125
--	-----

Parco Archeo GeoMinerario Allumiere – Monti della Tolfa.

Paesaggi derivati dagli antichi usi delle risorse e dalla complessità ecosistemica

LUCINA GIACOPINI, DIEGO MANTERO	141
---------------------------------------	-----

Geotermia a bassa entalpia nel Lazio: il tesoro che dorme sotto i nostri piedi e gli errori da non commettere per non sprecarlo

FRANCESCA LOTTI, LUIGI LANA, GABRIELE BERNAGOZZI	151
--	-----

Le risorse naturali come elementi critici nello sviluppo di un territorio: l’importanza di un approccio interdisciplinare, il caso del bacino termale di Viterbo

SERGIO MADONNA, STEFANIA NISIO, GIUSEPPE PAGANO, FRANCESCO GENTILI, GIUSEPPE SCARDOZZI, GIUSEPPE ROMAGNOLI, ANNA GANDIN	160
--	-----

La geologia e l’immaginario. Una riflessione itinerante nel territorio del Lazio

LORENZO MANNI	175
---------------------	-----

Il Catasto dei Geositi del Lazio: un percorso tra tutela e proposte per una lettura interpretativa

DIEGO MANTERO, CRISTIANO FATTORI, DARIO MANCINELLA, MAURIZIO TESTARDI	187
---	-----

Il sottosuolo delle aree carsiche del Lazio, problemi di pericolosità e tutela delle risorse

MARIA PIRO	193
------------------	-----

L’esplorazione geotermica nella regione Lazio tra passato e presente

MONIA PROCESI	202
---------------------	-----

Il sistema idrogeologico del Gari-Peccia e l’area idrotermale di Suio-Castelforte: due esempi di risorse idriche sotterranee nel Lazio meridionale

MICHELE SAROLI, MATTEO ALBANO, MATTEO FIORUCCI, MARCO MORO, MARCO PETITTA, ENRICA ZULLO	214
--	-----

Rilevamento geologico e morfologico della Grotta dell’Arco (Bellegra, Lazio) per la valorizzazione scientifica e la salvaguardia ambientale

CLAUDIO SUCCHIARELLI, MAURIZIO SCHINA	223
---	-----

La geologia che forma il paesaggio: l’Atlante di Marinelli del 1922

ALESSANDRA VALENTINELLI	238
-------------------------------	-----

Le risorse minerarie della regione Lazio

FRANCESCO ZARLENGA	244
--------------------------	-----

3. RISCHI GEOLOGICI

Introduzione

A CURA DI LORENZO MANNI	261
-------------------------------	-----

I fenomeni di dissesto gravitativo di pendio del territorio di Roma Capitale MARCO AMANTI, CLAUDIO SUCCHIARELLI, GIANLUCA FERRI	263
--	-----

Rischi ambientali e sicurezza delle infrastrutture e del territorio: il caso dell'area metropolitana di Roma Capitale ALESSIO ARGENTIERI, GIOVANNI ROTELLA, MASSIMO FABIANI, ANTONIO GIZZI, FERNANDEA LIGGIO, BRUNA PERNIOLA, MARIA PIRO, PATRIZIA VITALI	278
---	-----

Opportunità e problematiche indotte dalle variazioni ambientali per alcune comunità insediate nel delta del Tevere dalla protostoria all'attuale PIERO BELLOTTI, TIBERIO BELLOTTI	290
---	-----

Pericolosità delle emissioni di gas endogeno e dei blowout da pozzi nella Regione Lazio MARIA LUISA CARAPEZZA, MASSIMO RANALDI, LUCA TARCHINI, FRANCO BARBERI	302
--	-----

Pericolosità sismica dell'area laziale SERGIO CASTENETTO	320
---	-----

Roma e i terremoti: geologia e danno osservato SERGIO CASTENETTO	332
---	-----

Il rischio geochimico: contaminazione geogenica delle falde acquifere in alcune aree vulcaniche del Lazio settentrionale DANIELE CINTI	345
---	-----

Rischio sinkhole nella Pianura Pontina MARIA DI NEZZA, MICHELE DI FILIPPO, ROSANNA ORAZI	357
---	-----

Rilievo piano-altimetrico con scanner-laser e rilevamento geologico-geomeccanico di una rete caveale nella colata di Capo di Bove a Roma MICHELE CONCAS, MAURIZIO LANZINI, MARCO TONELLI	366
--	-----

Le cavità sotterranee presenti nei piccoli centri e nelle città d'arte del Lazio: un patrimonio da esplorare e da valorizzare per mitigare i rischi geologici STEFANIA NISIO, SERGIO MADONNA, FRANCESCO GENTILI, GIUSEPPE ROMAGNOLI, GIUSEPPE SCARDOZZI, LIVIO RUGGIERO, MARCO PLACIDI	374
---	-----

Esperienze di gestione e manutenzione delle opere idrauliche nel tratto urbano del Tevere a Roma. Gli interventi per il Giubileo 2025 GIORGIO PINESCHI	387
--	-----

Sfide e strumenti per la gestione sostenibile della risorsa idrica sabatina (Lazio, Italia) SARA TAVIANI, LUCA MARIA FALCONI, ALESSANDRO MECALI	400
--	-----

Interventi di riqualificazione ambientale di ecosistemi costieri sabbiosi ALEANDRO TINELLI, PIERO TINELLI	414
--	-----

Protezione del suolo e vegetazione del lazio VALTER TONELLI	420
--	-----

APPENDICE

Elenco degli articoli riguardanti il territorio della regione Lazio, pubblicati su "Geologia dell'Ambiente" e nei Supplementi (1993-2024) e nella collana "Monografie di Geologia Ambientale" di Edizioni SIGEA A CURA DI MARIA LUISA FELICI	435
--	-----

3.
RISCHI GEOLOGICI

Introduzione

Come è noto, in letteratura, il Rischio associato a un evento naturale o antropico, esprime la probabilità che tale evento possa causare perdita di vite umane, feriti, distruzione o danni in un determinato periodo di tempo e all'interno di una particolare area geografica. Il livello di rischio associato a un determinato evento, per un'area specifica e per la comunità che vi risiede, è funzione: della probabilità (*pericolosità o hazard*) che quell'evento si verifichi in quell'area con una certa intensità ed entro un determinato periodo di tempo; della vulnerabilità degli elementi a rischio (popolazione, edifici, infrastrutture, attività economiche); dell'esposizione (o valore esposto) che esprime il numero di unità (o il "valore") di ognuno degli elementi interessati dal rischio in quell'area.

Negli ultimi decenni, il susseguirsi di eventi naturali con esito catastrofico – alcuni dei quali di particolare gravità con vittime e danni – e la valutazione sugli scenari futuri indotti localmente dal riscaldamento globale di origine antropogenica, ha generato una profonda riflessione in seno alla comunità tecnico – scientifica che si occupa di temi legati alla prevenzione del rischio e alla gestione dell'emergenza. La definizione generale di rischio è stata così progressivamente ampliata e arricchita di elementi cui inizialmente si era forse dato un peso minore.

Tra gli altri, particolare attenzione è stata posta a quell'insieme di variabili che compongono la cosiddetta "percezione del rischio" da parte di singoli individui, comunità locali, organi di governo del territorio, decisori politici; è opinione diffusa che una popolazione ben informata e preparata rispetto ai rischi associati a determinati eventi (alluvioni, frane, sismi, ecc.) possa mettere in atto comportamenti autoconservativi, evitando anche di mettersi in condizioni di pericolo maggiore (ad esempio correndo a prendere l'automobile in un garage interrato durante una piena o comportarsi incutamente durante un terremoto, prendendo l'ascensore).

Nel dibattito pubblico che segue un evento catastrofico si torna spesso sul tema della percezione del rischio da parte delle popolazioni colpite e si riflette sugli elementi che, prima e durante l'evento, hanno agito nelle scelte personali o collettive che, in alcuni casi, si sono purtroppo rivelate fatali: decidere di rimanere in casa dopo una forte scossa sismica fidandosi del messaggio tranquillizzante diffuso durante un'intervista televisiva dal vice capo della Protezione Civile, sostare sui ponti durante una piena per fare fotografie da postare sui social media, attraversare un sottopasso stradale a tutta velocità durante un'alluvione in Pianura Padana, e così via. Alla "percezione del rischio" individuale contribuiscono elementi e variabili che si traducono nelle azioni personali intraprese durante un evento: l'esperienza pregressa, la fiducia verso i soggetti istituzionali che hanno il compito di segnalare il livello di rischio e suggerire i comportamenti da seguire, il

confronto con la comunità sociale di riferimento, la disponibilità di informazioni affidabili, la cultura, la conoscenza del fenomeno in atto e delle condotte autoprotettive da adottare.

Considerando invece la percezione del rischio che dovrebbe guidare le scelte dei decisori politici e degli organi di governo del territorio, ci si trova spesso tristemente a commentare l'assenza o l'inadeguatezza delle politiche di prevenzione, la mancanza di investimenti, l'adozione di pianificazioni del territorio che incrementano il livello di rischio, il mancato aggiornamento dei piani di protezione civile. Fortunatamente, anche se con una eco mediatica decisamente minore, in questi ultimi anni si sono registrati gli effetti positivi delle campagne informative sul territorio svolte da Enti o Associazioni, delle esercitazioni di protezione civile, ma anche di scelte di pianificazione e prevenzione corrette che hanno ridotto sensibilmente l'impatto di eventi altrimenti potenzialmente molto dannosi.

L'ultima sezione della monografia Sigea dedicata alla Geologia Ambientale del Lazio, si concentra sui rischi geologici del nostro territorio, incrociando a vari livelli la riflessione sulla "percezione del rischio" cui abbiamo fatto cenno finora.

Le Autrici e gli Autori che hanno fatto pervenire i 14 articoli che seguono questa breve introduzione hanno affrontato il tema del rischio geologico del territorio laziale approfondendo in modo rigoroso l'ambito di propria competenza, senza rinunciare a uno stile di scrittura che risulta chiaro e accessibile anche ai non esperti. Navigare tra gli articoli seguenti – inseriti nel volume in ordine alfabetico, secondo il nome del primo Autore – consente ai Lettori e alle Lettrici di incrementare la propria conoscenza rispetto ad alcuni dei rischi geologici cui è esposto chi vive nella Regione Lazio e anche di conoscere gli strumenti e le politiche adottate dagli enti di governo del territorio per affrontarli.

In effetti, i primi due articoli affrontano il tema dei rischi geologici proprio dal punto di vista degli Enti Locali: il primo articolo, a firma Amanti *et alii*, illustra i fenomeni di dissesto gravitativo che insistono nel territorio di Roma Capitale focalizzandosi sia sulle attività di ricerca svolte per incrementare la conoscenza scientifica di tali fenomeni, sia sull'approccio adottato ai fini della pianificazione urbanistica, della gestione dell'emergenza e della prevenzione e messa in sicurezza di questo tipo di dissesti. L'articolo successivo (Argentieri *et alii*) fa il punto sullo stato dell'arte delle attività di controllo, governo e sicurezza del territorio e delle infrastrutture messo in atto dalla Città Metropolitana di Roma Capitale per ottemperare ai suoi compiti di Ente di area vasta. Questa ideale sezione "istituzionale" comprende anche l'articolo di Giorgio Pineschi, dell'autorità idraulica della Regione Lazio, che affronta il tema della manutenzione delle opere idrauliche a protezione della città di Roma, analizzando, in particolare, gli interventi di riqualificazione

Rischi ambientali e sicurezza delle infrastrutture e del territorio: il caso dell'area metropolitana di Roma Capitale

Environmental risks and infrastructure and territory safety: the case of the metropolitan area of Roma Capitale

ALESSIO ARGENTIERI^{1*}, GIOVANNI ROTELLA¹, MASSIMO FABIANI¹, ANTONIO GIZZI², FERNANDEA LIGGIO¹, BRUNA PERNIOLA³, MARIA PIRO², PATRIZIA VITALI¹

¹ Città metropolitana di Roma Capitale - XI "Geologico- Difesa del suolo e Aree Protette"

² Già Servizio Geologico – Città metropolitana di Roma Capitale

³ Città metropolitana di Roma Capitale – Dipartimento IV "Pianificazione strategica e governo del territorio"

*autore di riferimento

E-mail: difesa.suolo@cittametropolitanaroma.it

Parole chiave: monitoraggio strumentale, fenomeni franosi, rischi naturali, area metropolitana di Roma Capitale, presidio territoriale

Key words: instrumental monitoring, landslides, natural risks, Rome metropolitan area

RIASSUNTO

L'area metropolitana di Roma Capitale, il cui territorio coincide con quello della ex Provincia di Roma, misura oltre 5.300 km² di superficie ed ospita quasi 4.300.000 abitanti, costituendo la prima dimensione provinciale italiana per estensione e indicatori demografici. Dal 1870 al 2014 l'Ente locale preposto al governo di questa area vasta è stata la Provincia di Roma, a cui la Città metropolitana di Roma Capitale (CMRC) è subentrata nelle funzioni dal 1/1/2015, a seguito del riordino dell'assetto degli Enti Locali conseguente alla L. 56/2014. L'Ente può vantare una lunga tradizione di cura nella conoscenza del territorio, funzionale alla tutela delle infrastrutture e dei centri abitati, tramite le storiche competenze su viabilità, ambiente e edilizia scolastica tuttora caratterizzanti. La Provincia mostrò sin dagli inizi della sua storia sensibilità verso i temi geologici e la prevenzione delle calamità; in tempi più recenti una visione lungimirante portò all'istituzione, già nei primi anni Ottanta del secolo scorso, di un Servizio Geologico e di un Servizio Protezione Civile. Le unità organizzative tecniche delle CMRC mantengono tuttora un contatto quotidiano con il proprio ambito locale, confrontandosi con problemi tecnico-amministrativi di governo del territorio e di gestione delle infrastrutture. Tali azioni risultano funzionali alla difesa del suolo, alla tutela ambientale e alla prevenzione dei rischi naturali e antropici. In questa nota si presenta lo stato dell'arte sulle attività per il controllo, il governo e la sicurezza del territorio e delle infrastrutture poste in essere dalla CMRC per ottemperare ai suoi compiti di Ente di area vasta.

5,300 km² in area and hosts almost 4,300,000 inhabitants, constituting the first Italian provincial dimension in terms of extension and demographic indicators. From 1870 to 2014, the local authority in charge of governing such wide area was the Province of Rome, whose functions were taken over by the Metropolitan City of Rome (CMRC) on 1/1/2015, after the reorganization of the administrative structure of Local Authorities resulting from Law 56/2014. The CMRC can boast of a long tradition of care in the knowledge of the territory, functional to the protection of infrastructures and built-up areas, due to the historical competences in road and school building matters, which still characterize it. Since the beginning, the Province showed sensitivity towards geological issues and disaster prevention and more recently, in the early 80^s, it established with farsightedness a Geological Survey and a Civil Protection Survey. CMRC technical offices daily operate in connection with the territory, dealing with technical-administrative problems about land governance and infrastructure management. Such actions are functional to soil protection, environmental conservation and prevention of natural and anthropogenic risks. In this note, we present the state of the art about actions for land control and management and for the safety of infrastructures, carried on by CMRC fulfilling its duties.

1. DALLA COMARCA DI ROMA ALLA CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE: BREVE STORIA DELLA GESTIONE E CONTROLLO DEL TERRITORIO

La nascita di un ente locale preposto al governo del territorio di Roma e dei suoi "luoghi suburbani" risale agli inizi del XIX secolo. Una prima ripartizione amministra-

ABSTRACT

The metropolitan area of Rome, whose territory coincides with that of the former Province, measures more than



FIGURA 1. Il monumento a Tommaso Tittoni (1855-1931) nella piazza a lui intitolata a Manziana, paese dei Monti Sabatini di cui il padre Vincenzo era importante proprietario terriero. Tittoni fu Prefetto, Deputato, Senatore, Ministro e Presidente del Senato del Regno dal 1919 al 1929, nonché Presidente del Consiglio dei Ministri *ad interim* per soli 13 giorni nel 1905.

tiva dello Stato Pontificio fu operata *motu proprio* del 1816 da Pio VII, cui si deve anche l'istituzione nel 1804 della prima cattedra di mineralogia presso lo *Studium Urbis*. Successivamente Gregorio XVI, da pochi mesi assurto al soglio pontificio, emanò nel 1831 l'editto "Ordinamento amministrativo delle provincie e dei consigli comunicativi" che istituì la "Comarca di Roma"; va ricordato in proposito che fu questo Papa a promuovere nel 1832 gli imponenti interventi di ingegneria per la mitigazione del rischio idraulico a Tivoli, con realizzazione delle due gallerie sotto il Monte Catillo per la deviazione delle acque dell'Aniene ad alimentare la cascata grande presso Villa Gregoriana. La nuova delegazione amministrativa doveva provvedere alla costruzione e manutenzione delle strade della Comarca e

dell'agro romano. La riforma operata da Pio IX attribuì nel 1850 a Comarca e Province anche la manutenzione di ospedali e edilizia pubblica (www.cittametropolitanaroma.it).

La Provincia nacque poco dopo l'annessione di Roma al Regno d'Italia. Il territorio assai vasto comprendeva i circondari di Roma, Viterbo, Velletri, Frosinone e Civita-vecchia, a coprire quasi tutto l'attuale Lazio. Nel nuovo assetto, la costruzione e manutenzione delle strade provinciali rimaneva compito preminente, con un forte sviluppo delle reti viarie nelle prime decadi del XX secolo. A queste incombenze si aggiunse la gestione di altre strutture pubbliche: il Brefotrofio, dal 1894; il manicomio di Santa Maria della Pietà (attivo sino al 2000); l'edilizia scolastica.

In questo quadro di funzioni tecniche, la Provincia di Roma si distinse per una particolare inclinazione alla conoscenza del territorio, grazie ad alcune figure di vertice. In primo luogo si menziona Tommaso Tittoni (Fig. 1), giurista, diplomatico e esponente politico di alto livello della Destra storica, che fu anche per due periodi Presidente del consiglio provinciale di Roma (1893-1898; 1905-1920). Tittoni ebbe stretti rapporti con Quintino Sella, oltre che per vicinanza politica, anche per la passione verso la geologia e la montagna (Novarese, 1931; Tassani 2019); per tali ragioni egli fu membro sia del Club Albino Italiano, sia della Società Geologica Italiana (sin dalla fondazione nel 1881, ricoprendone per primo l'incarico di tesoriere), sodalizi che si riconducono entrambi a Sella come fondatore. Tittoni, allievo del 'capostipite' della scuola geologica romana Giuseppe Ponzi, fu presto assorbito dagli impegni politici, ma produsse comunque delle pubblicazioni scientifiche in campo geologico (Tittoni, 1885; 1924).

Un altro esempio di sodalizi ai temi geologici fu il capo dell'Ufficio tecnico provinciale Ingegnere Vittorio Ferrari (Fig. 2), a cui si deve la stesura del primo, seppur sintetico,



FIGURA 2. La carta delle cavità naturali, grotte e pozzi del territorio provinciale allegata alla relazione inedita di Vittorio Ferrari (1932), che utilizza come base topografica la carta stradale della Provincia di Roma del 1931. La mappa riporta semplicemente evidenziati in colore i paesi in cui sono stati censiti gli elementi geomorfologici citati nel dattiloscritto.

catalogo delle cavità sotterranee del territorio provinciale, redatto all'inizio degli anni Trenta (Ferrari, 1932; Argentieri *et alii*, 2018).

A partire dagli anni Ottanta del secolo passato la Provincia decise con lungimiranza di creare uffici specializzati sui temi geologico-tecnici e di prevenzione dei rischi, sull'onda della partecipazione di tecnici dell'Ente alla gestione dell'emergenza post sisma in Irpinia del 23/11/1980. Grazie alla Legge 285/1977 "Provvedimenti per l'occupazione giovanile" fu possibile reclutare per un progetto di censimento dei pozzi molti giovani geologi, poi stabilizzati nella dotazione organica impegnandoli per le storiche competenze in materia di viabilità, edilizia scolastica e ambiente.

La Provincia di Roma, prima di molti altri enti territoriali in Italia, istituì così un Servizio Protezione civile già nel 1981, seguito all'inizio degli anni Novanta anche da un Servizio Geologico, reso autonomo dalle Ripartizioni tecniche al cui interno era nato e cresciuto nella decade precedente. Negli anni a seguire la struttura fu progressivamente potenziata (Argentieri *et alii*, 2018), ma nel tempo la presenza di geologi nell'organico dell'Ente è progressivamente diminuita, come per le altre professionalità tecniche (Fig. 3). In una proficua collaborazione con il mondo universitario, l'Ufficio Geologico provinciale ebbe inoltre l'opportunità di interagire sia con Ugo Ventriglia che con Renato Funiciello, partecipando alla redazione dei volumi sulla geologia di Roma e della sua provincia (Funiciello, 1995; Ventriglia, 1971, 1988-90, 2002), che tuttora rappresentano pubblicazioni di riferimento. Importante è inoltre il contributo che il Servizio da sempre porta al sistema di protezione civile, tramite attività conoscitive specialistiche per la previsione e prevenzione dei rischi territoriali.

Nel 1998, con il conferimento delle deleghe da parte della Regione Lazio, alle Province furono assegnate le competenze in materia di vincolo idrogeologico e risorse agroforestali. Anche l'esercizio delle funzioni autorizzative

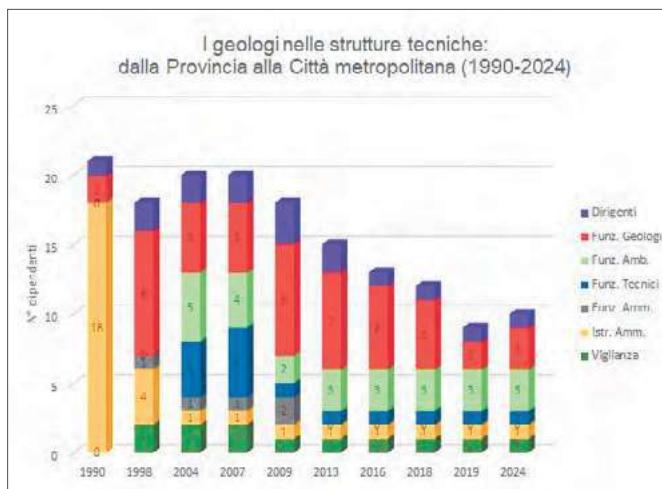


FIGURA 3. Andamento nel periodo 1990-2024 della presenza di geologi nella dotazione organica della CMRC. Si noti che nel 1990 i geologi erano 21 (in gran parte sottoinquadri in qualifiche non attinenti, per l'accesso alle quali era previsto il possesso del diploma di istruzione secondaria superiore); nel corso degli anni, a causa del mancato reintegro delle risorse in uscita, si è registrato un progressivo decremento, sino al dimezzamento attuale a 10 unità, seppur accompagnato da progressioni nell'area dei funzionari e dirigenziale.

sugli interventi di trasformazione del territorio operati da soggetti pubblici e privati garantisce l'azione di governo del territorio in forme sostenibili ed ecocompatibili, nel rispetto del primario interesse pubblico alla tutela dell'ambiente e della salute umana e alla sicurezza di opere e infrastrutture.

Il Servizio Geologico, che nel tempo ha più volte mutato denominazione e provvista di competenze sino all'attuale configurazione (da marzo 2025 è divenuto Dipartimento; <https://geologico.cittametropolitanaroma.it/>), custodisce infine un archivio storico di studi e indagini svolte sul territorio a partire dalla fine degli anni Sessanta, che rappresenta un patrimonio informativo da valorizzare in tutte le linee di azione (vincolo idrogeologico; studi e indagini geologico-tecniche, agro/forestali e vegetazionali; gestione risorse agroforestariali; previsione e prevenzione dei rischi naturali e antropici).

2. DOMINI FISIOGRAFICI E CARATTERI GEOLOGICI GENERALI DELL'AREA METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

L'area metropolitana di Roma (5.363,22 km² di superficie) può essere suddivisa in distinti domini fisiografici, estesi da aree di montagna (massima elevazione gli 1855 m s.l.m. di Monte Autore, nella dorsale dei Monti Simbruini) fino alle pianure costiere tirreniche (Fig. 4).

Nel settore nord-occidentale, al confine con la Maremma, i rilievi costieri dei **Monti della Tolfa** e dei **Monti Ceriti**, prodotti del magmatismo acido pliocenico con affinità alla Provincia Magmatica Toscana, si stagliano sulle aree più depresse circostanti: il bacino di Tarquinia a nord, il bacino di Tolfa ad Est e le strette piane costiere ad Ovest. Progredendo verso oriente si passa al **Distretto Vulcanico Sabatino**, che ospita i Laghi di Bracciano e di Martignano, con i rilievi vulcanici che digradano progressivamente verso la **Valle del Tevere**.

La **fascia costiera tirrenica** si sviluppa nel territorio metropolitano per circa 130 km da nord a sud, dalla foce del Fiume Mignone, presso Civitavecchia, che delimita il confine provinciale con Viterbo, fino a Torre Astura (Nettuno), al margine dell'Agro Pontino. Il settore costiero centrale è costituito dal **sistema deltizio del Tevere**.

Con il termine **Campagna Romana** si descrive un ampio dominio fisiografico, costituito da un *plateau* vulcanico dalla morfologia dolce, diffusamente inciso dal reticolato idrografico dei bacini dei **Fiumi Tevere e Aniene**; la Campagna Romana si estende dalla Sabina meridionale sino alla fascia periferica dei Colli Albani e a quella pedemontana dei Monti Lepini. In questo settore, in corrispondenza del tratto meridionale della zona di taglio trascorrente a decorso N-S, nota come "Faglia Sabina", si è strutturato il bacino travertinoso pleistocenico delle Acque Albule.

L'**area urbana di Roma** occupa una superficie di oltre 1200 km²; gli elementi geologico-morfologici principali sono la dorsale plio-quaternaria di Monte Mario ad asse meridiano ed il *plateau* vulcanico dei Sette Colli, rispettivamente in destra e sinistra idrografica della valle alluvionale del Fiume Tevere. Il principale tributario del Tevere, il Fiume Aniene, vi confluisce in prossimità di Ponte Salario.

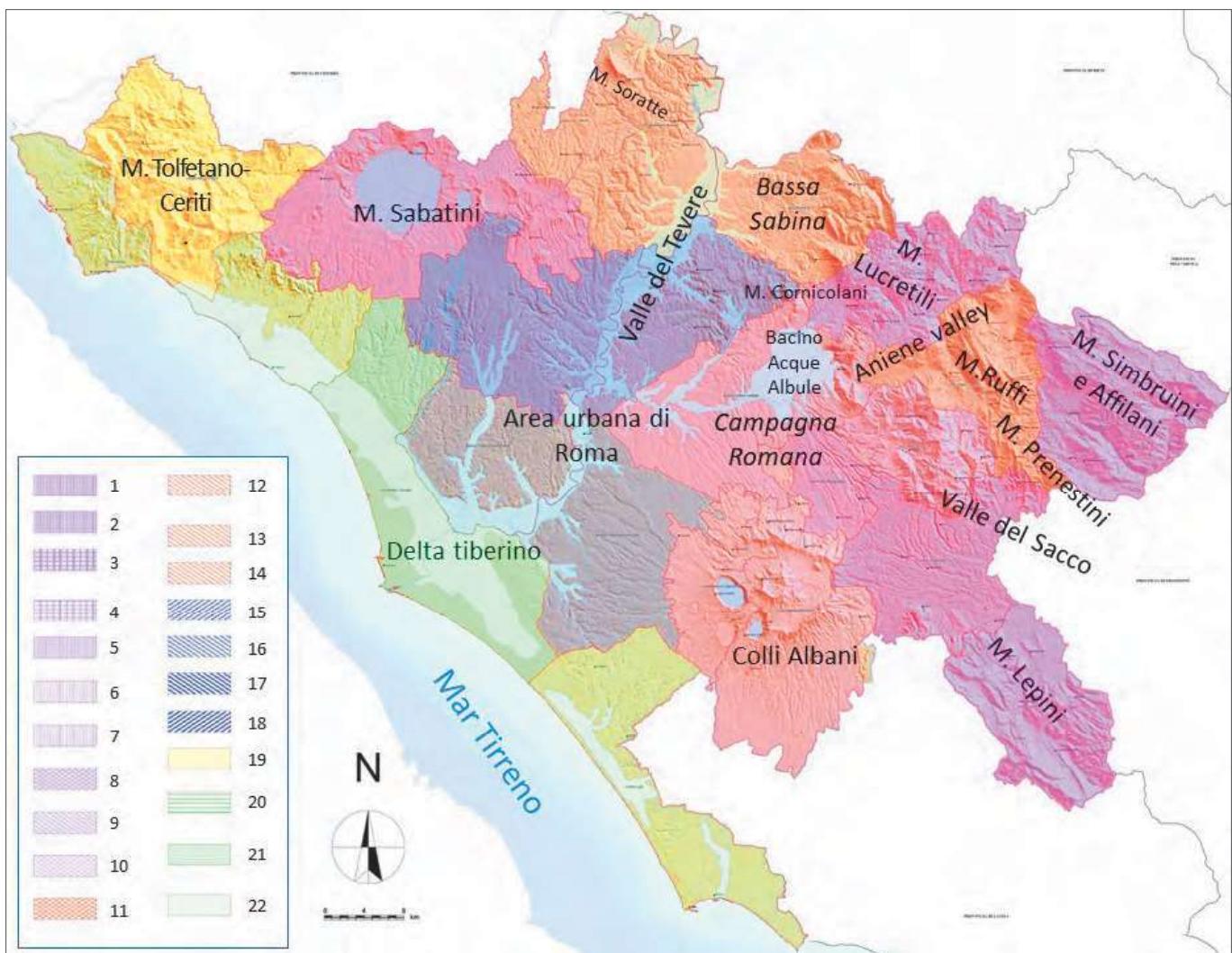


FIGURA 4. Domini fisiografici e zone morfostrutturali omogenee dell'area metropolitana di Roma Capitale (modificato da Provincia di Roma, 2008, Tavola RT 3.1).

LEGENDA: 1- M. Lepini; 2- M. Simbruini e Affilani; 3- M. Lucretili; 4- M. Prenestini; 5- Distretto Vulcanico Sabatino; 6- Colli Albani occidentali; 7- Colli Albani orientali; 8- alta Valle del Sacco; 9- M. Prenestini; 10- bassa valle dell'Aniene; 11- alta Valle dell'Aniene; 12- alta Valle Tiberina; 13- bassa Sabina; 14- Valle del Treja; 15- media Valle Tiberina, sponda destra; 16- media Valle Tiberina, sponda sinistra; 17- bassa Valle Tiberina, sponda destra; 18- bassa Valle Tiberina, sponda sinistra; 19- M. della Tolfa; 20- settore costiero settentrionale; 21- delta del Tevere; 22- settore costiero meridionale.

Tutto il reticolo idrografico naturale ha subito nei secoli profonde trasformazioni dovute alle varie fasi di urbanizzazione; lo spessore dei riporti in alcuni settori della Città supera i 15 metri.

A sud di Roma si erge il complesso vulcanico dei **Colli Albani** (o **Vulcano Laziale**), dominato dal relitto della struttura calderica dell'edificio Tuscolano- Artemisio; nella zona occidentale del distretto albano si trovano due bacini lacustri: il Lago Albano di Castel Gandolfo e il lago di Nemi.

Nei settori Est e Sud-Est del territorio metropolitano (**"Regione Orientale"** sensu Ventriglia, 1990) si stagliano le dorsali carbonatiche interne dell'Appennino Centrale, separate dalle unità arenaceo-pelitiche flyschoidi mioconiche, interpostesi tettonicamente durante la costituzione dell'orogene. I rilievi più occidentali del Preappennino Laziale (Monti Lucretili, Tiburtini, Ruffi, Prenestini) sono costituiti da unità calcareo-silicee meso-cenozoiche del Dominio di transizione Sabino; ancora più ad Ovest emergono dalla morfologia della Campagna Romana gli *horst* carbonatici del Monte Soratte e dei Monti Cornicolani.

Spostandosi verso oriente, si risale il corso dell'Aniene sino ad incontrare il tratto meridionale dell'elemento tettonico ad asse meridiano, noto in letteratura come "Linea Olevano- Antrodoco"; tale lineamento, che ha controllato la sovrapposizione delle unità strutturali di transizione su quelle di piattaforma, ha condizionato l'impostazione della media Valle dell'Aniene.

In destra idrografica del fiume si ergono i rilievi carbonatici in facies di piattaforma carbonatica laziale abruzzese dei Monti Simbruini, mentre la adiacente dorsale dei Monti Affilani, anch'essa ad asse appenninico, funge da spartiacque con la testata del bacino del Fiume Sacco, che scorre verso sud per confluire nell'alto bacino del sistema fluviale Liri- Garigliano- Volturino.

3. PERICOLOSITÀ NATURALI E RISCHI TERRITORIALI DELL'AREA METROPOLITANA

La varietà descritta dei caratteri geologici, geomorfologici e vegetazionali del territorio metropolitano di Roma

Capitale controlla natura e distribuzione dei fattori di pericolosità naturali, riconducibili ai seguenti punti:

- Fenomeni franosi;
- Alluvioni e esondazioni;
- Sismicità locale (incluse zone della piattaforma continentale tirrenica) e boati;
- Effetti sismici di *far-field*;
- Maremoti;
- *Sinkholes*, collasso di cavità sotterranee e subsidenza;
- Emissioni di gas endogeni e attività idrotermale;
- Schianto di alberi e caduta di rami.

Un campo di sovrapposizione tra rischi naturali e antropici è rappresentato dalle criticità quantitative e qualitative delle acque sotterranee (rispettivamente il depauperamento e la contaminazione) che sono strettamente condizionati dalle attività umane che alterano equilibri delle risorse idrogeologiche.

Andando a sovrapporre lo spettro di fenomeni sopra descritti con la distribuzione delle attività antropiche nel contesto metropolitano, emerge un quadro assai complesso di rischi territoriali. L'area metropolitana di Roma Capitale ospita infatti, sui suoi 5.363,22 km² di superficie, 4.222.631 abitanti (dati stimati ISTAT al 31/12/2021), con una densità media di circa 787 ab./km². I Comuni metropolitani, inclusa la Capitale, sono 121. La maggior parte della popolazione residente si concentra nell'area urbana di Roma (oltre 2.780.000 cittadini distribuiti su 1.287,4 km²). Si tratta perciò della prima provincia italiana per superficie e popolosità e della terza metropoli tra quelle europee.

La rete viaria è assai sviluppata, con presenza di cinque tratte autostradali e un capillare reticolo di strade statali, provinciali e comunali. Analoghe considerazioni possono farsi per la rete ferroviaria, e per la presenza di porti ed aeroporti, di infrastrutture a rete, di un considerevole patrimonio edilizio pubblico (tra cui assumono per la CMRC particolare importanza gli edifici scolastici) e privato. I distretti industriali risultano concentrati in aree specifiche (Civitavecchia, Pomezia, Colleferro, Roma zona Valle Galeria, ecc.). Gli elementi vulnerabili possono essere raggruppati nelle seguenti categorie: popolazione; luoghi di concentrazione della popolazione; popolazione debole; beni culturali; beni ambientali; infrastrutture per la mobilità e il trasporto, con particolare riferimento ai manufatti e alle opere d'arte (gallerie, ponti, viadotti). Laddove il grado di antropizzazione è più elevato, maggiore è l'esposizione ai rischi territoriali connessi alle attività umane (incendio; incendio boschivo di interfaccia; industriale; radiologico e nucleare; chimico; batteriologico e sanitario; terroristico; blackout; grandi eventi; trasporti aerei, terrestri e sull'acqua).

4. CONTROLLO E MONITORAGGIO PER LA SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE E DEL TERRITORIO

La Legge Regionale del Lazio n. 14/1999 "Organizzazione delle funzioni a livello regionale e locale per la realizzazione del decentramento amministrativo", così come successivamente modificata e integrata, attribuisce alle province le funzioni di "stesura di programmi provinciali di previsione e prevenzione

e la relativa realizzazione, in conformità con i programmi regionali". In virtù di tale previsione normativa, l'Ente è impegnato da molti anni, prima come Provincia di Roma e oggi come CMRC, in attività specifiche per la previsione e prevenzione dei rischi naturali sul proprio territorio, tradizionalmente curate dal Servizio Geologico, che a partire dal 2016 ha sviluppato anche una linea di attività dedicata ai rischi antropici.

La competenza specialistica riguarda perciò le attività di raccolta e rilevazione dati, gestione ed implementazione di banche dati tecnico-scientifiche ed effettuazione di analisi territoriali per ciascuna ipotesi di rischio naturale interessante l'ambito metropolitano. Tali azioni sono da attuarsi in forma complementare ed integrata rispetto agli aspetti di carattere operativo e di gestione delle emergenze, nonché di supporto logistico al sistema di protezione civile, che fanno invece capo all'Ufficio Protezione Civile istituito nella Struttura Extradipartimentale Polizia Metropolitana.

Nell'ambito delle attività di previsione e prevenzione dei rischi di competenza della Città metropolitana di Roma Capitale, risulta opportuno e razionale garantire un'omogeneità della metodologia scientifica dell'analisi territoriale. Una base informativa di partenza è costituita dai prodotti dei progetti conclusi, condotti autonomamente dagli Uffici metropolitani con le risorse strumentali a disposizione, o ricorrendo a soggetti esterni qualificati ai sensi del Codice dei contratti pubblici, o in collaborazione con altri Uffici o Enti nell'ambito di accordi ai sensi dell'art. 15 della Legge 241/1990 e ss.mm.ii.

In ragione delle caratteristiche del territorio metropolitano e delle finalità applicative, il Servizio Geologico ha storicamente concentrato l'impegno su fenomeni franosi, sinkholes, cavità sotterranee, esplorazione geologica del sottosuolo con metodi diretti ed indiretti, rilievi topografici, studi idrogeologici, e infine – di recente – su rilievi batimetrici e morfologici dei bacini lacustri. Nei paragrafi successivi vengono illustrati in sintesi i principali progetti di monitoraggio realizzati.

4.1 Fenomeni di dissesto geo-idrologico

Nell'area metropolitana di Roma Capitale vi è una elevata frequenza di fenomeni franosi diffusi, prevalentemente di piccola intensità e limitata estensione areale. Tali caratteristiche mettono comunque ripetutamente in crisi il sistema e le reti di comunicazioni a livello locale, in quanto lo sviluppo articolato della rete viaria provinciale fa sì che i dissesti la colpiscono frequentemente (Figg. 5 e 6).

Molti degli eventi sono connaturati alle caratteristiche costruttive delle strade minori, in gran parte realizzate intorno alla metà del secolo scorso come ampliamenti di vie di collegamento intercomunali. In gran parte dei casi ci sono presidi idraulici assenti o insufficienti, circostanze locali indotte sull'arteria stradale dalle zone limitrofe (ad esempio ruscellamenti e scarichi di acque concentrati provenienti da terreni confinanti o strade vicinali che si innestano sulla viabilità provinciale) che innescano fenomeni gravitativi di versante, o alluvionamenti nei tratti in pianura. Questi aspetti specifici condizionano negativamente il governo del territorio e la difesa del suolo, costringendo in



FIGURA 5. Frana nelle unità arenaceo-pelitiche della Formazione di Frosinone al km 24+250 della S.P. Empolitana (foto A. Argentieri maggio 2008).

molti casi l’Ente gestore della strada a difficoltose azioni nei confronti dei soggetti terzi da cui subisce un danno, ove sia dimostrabile tecnicamente il rapporto di causa-effetto.

Sono invece limitati, nel territorio metropolitano, i fenomeni in atto di dimensioni considerevoli e che interessano l’intero versante. In prima analisi si possono individuare, a titolo esemplificativo e non esaustivo, i seguenti tratti stradali particolarmente critici:

- S.P. 3/a Braccianese Claudia;
- S.P. 15/a Tiberina;
- S.P. 2/c Aurelia- Sasso- Manziana
- S.P. 3/b Santa Severa - Tolfa
- S.P. 4/a Settevene palo II tronco;
- S.P. 45/a Subiaco Jenne;
- S.P. 41/b Vallepietra- Campo La Pietra
- S.P. 33/a Empolitana I (con particolare riferimento al tratto urbano del Comune di San Vito Romano, che è interessato da una frana complessa di grandi dimensioni; Seitone *et alii*, 2023);
- S.P. 47/a Empolitana II;
- S.P. 79/b Genzano Lago.

Soprattutto queste situazioni instabili di maggiore estensione mettono in difficoltà la CMRC, non solo per carenza di risorse a copertura dei costosi interventi di bonifica completa dell’intero versante, ma anche perché ciò esula dalle competenze dell’Ente proprietario del singolo tratto stradale, laddove lo stesso magari attraversa il versante in questione solo per qualche decina o centinaia di metri. Occorre perciò il coinvolgimento straordinario di Amministrazioni statali e regionali sovraordinate, competenti in materia di difesa del suolo, per accedere a fonti di finanziamento straordinarie, quali il progetto ReNDiS (“Report-

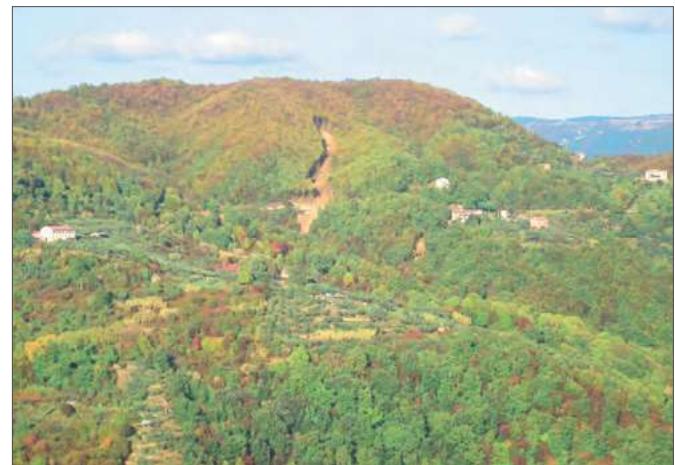


FIGURA 6. Colata rapida in terreni di copertura dei depositi arenacei, occorsa sul versante lato monte della S.P. San Vito- Bellegra in località Vado Canale nel maggio 2008 (foto A. Argentieri novembre 2008).

rio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo” del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica.

Nel solco della tradizione provinciale (Fig. 7), gli Uffici tecnici garantiscono comunque il monitoraggio puntuale delle situazioni di dissesto conclamato o potenziale, con attività ispettiva diretta degli operatori. Lo sforzo maggiore continua ad essere profuso nella fase post-evento, tramite studi e indagini specialistiche di dettaglio finalizzate alla successiva progettazione e realizzazione di lavori di messa in sicurezza del territorio e delle infrastrutture. La sempre più frequente occorrenza di eventi meteorologici estremi o concentrati in brevi intervalli di tempo sta da anni determinando dissesti geo-idrologici diffusi. Per tali ragioni il Servizio Geologico metropolitano ha impostato d’iniziativa vari progetti innovativi, orientati alla previsione e prevenzione delle frane con l’ausilio di moderne tecnologie.

4.1.1 Progetto FRANARISK

A partire dal 2005 il Servizio ha avviato un’analisi di suscettibilità da frana del territorio provinciale. Il progetto pilota, realizzato con ENEA e Università Roma TRE- Dipartimento di Scienze Geologiche tra il 2005 e il 2007, ha riguardato un’area campione del settore orientale, tra le

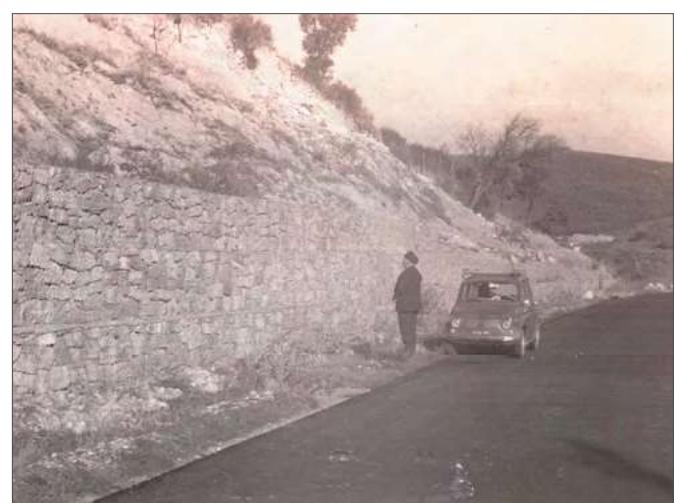


FIGURA 7. Un cantoniere provinciale, presumibilmente negli anni Sessanta del secolo XX, osserva una scarpaia artificiale lato monte della S.P. Aurelia Sasso Manziana.

dorsali dei Monti Prenestini e Ruffi. Negli anni successivi, tramite affidamento a studi professionali specializzati, e da ultimo all’Università Sapienza- Dipartimento di Scienze della Terra, sono state completate altre aree campione andando a coprire circa 1000 km² (pari a quasi un quinto del territorio metropolitano).

Tra il 2017 e il 2019 è stato finalmente effettuato, nell’ambito di apposito accordo di collaborazione con il citato Dipartimento di Sapienza, uno studio integrale del territorio metropolitano, anche con comparazione di metodologie analitiche, funzionale ad analisi preliminari di esposizione di infrastrutture e strutture strategiche. Tale sintesi di studi su area vasta rappresenta una base fondamentale a supporto delle attività di prevenzione e pianificazione del rischio.

4.1.2 Studio sui dissesti e monitoraggio di aree infrane nel territorio dell’area metropolitana di Roma, con particolare riguardo alla viabilità e ai centri urbani

Tra il 2021 e il 2023, in collaborazione con l’Università degli Studi di Torino- Dipartimento di Scienze della Terra, è stato effettuato uno studio tecnico-scientifico per la previsione e prevenzione del dissesto geo-idrologico dei territori comunali di San Vito Romano, Bellegra, Rocca S. Stefano, Pisoniano, Gerano e municipalità limitrofe, già studiate da anni per la presenza di due infrastrutture metropolitane ad alto rischio (S.P. Empolitana I e S.P. Empolitana II) nel passato recente e prossimo diffusamente dissestate, con perdita della funzionalità strategica per la mobilità locale. I risultati sono stati messi a disposizione del Dipartimento Viabilità quale base metodologica per l’avvio delle azioni di controllo e intervento sul territorio.

In parallelo il tema delle frane è stato affrontato dal punto di vista della caratterizzazione geologico-tecnica e geofisica di siti specifici nell’ambito di un lungo rapporto di collaborazione con Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, iniziato nel 2012 con due fasi attuative quinquennali (2012-17; 2018-2023) e rinnovato nel 2024 per un terzo periodo di pari durata.

4.1.3 Presidio territoriale ad alta tecnologia per monitoraggio strumentale continuo dei fenomeni franosi sulla viabilità e nei centri urbani

Grazie ai risultati dei vari progetti descritti sopra è stato possibile progettare, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università degli Studi di Torino, un’applicazione consistente un prototipo di presidio territoriale ad alta tecnologia per il monitoraggio strumentale continuo di fenomeni franosi su viabilità metropolitana e centri urbani. L’area campione coincide con il tratto della S.P. 47/a Empolitana I che attraversa i territori comunali di San Vito Romano e Pisoniano, come detto da tempo sotto osservazione. Il presidio territoriale N° 1 comprende cinque siti critici:

- **SITO N. 1: S.P. 47/a al KM 19+800 (Comune di Pisoniano)** installazione sistema estensimetrico per monitoraggio gabbionata lato valle tornante.

- **SITO N. 2: S.P. 47/a Bivio Capranica (Comune di Pisoniano)** installazione in due fori di sondaggio (di pertinenza di CMRC) rispettivamente di un sistema inclinometrico e di un sistema piezometrico per monitoraggio fenomeno franoso;
- **SITO N. 3: S.P. 47/a altezza Via Le Cese presso Cappelletta votiva (Comune di S. Vito Romano)**- installazione in due fori di sondaggio (di pertinenza di CMRC) rispettivamente di un sistema inclinometrico e di un sistema piezometrico per monitoraggio fenomeno franoso;
- **SITO N. 4: S.P. 47/a km 24+750 circa, nel centro urbano a valle campo sportivo (Comune di S. Vito Romano)** installazione in un foro di sondaggio (di pertinenza del Comune) di un sistema inclinometrico per monitoraggio fenomeno franoso.
- **SITO N. 5: rotatoria tra S.P. 33/a Empolitana I e la S.P. 62/a San Vito-Bellegra (nel Comune di S. Vito Romano)** installazione in foro di sondaggio di un sistema piezometrico per monitoraggio livello di falda.

Ciascun sito viene attrezzato con apparati di alimentazione tramite pannello fotovoltaico installato su palo, regolatori di carica e batterie, pozetto con centrale di acquisizione dati (*Wired multichannel datalogger*) e modem 4G per trasmissione tramite *webservice*.

Le attività, programmate a partire dalla fine del 2022, hanno portato nel 2024 a completare l’installazione della sensoristica. Nel corso del 2025 è stata avviata la messa in esercizio sperimentale del prototipo di modello di raccolta e gestione dati di monitoraggio in tempo reale dei fenomeni di dissesto geo-idrologico, tramite piattaforma sviluppata con la collaborazione dell’Università di Torino. Una volta completata la fase di test del sistema verranno create utenze specifiche per ciascuno degli Enti preposti alla gestione del territorio e delle emergenze, con relativa definizione delle procedure e del sistema di allertamento.

Si evidenzia in conclusione che tale sistema di presidio territoriale ad elevata tecnologia con sistemi telemetrici di controllo non ha equivalenti nell’area metropolitana, e pertanto assume rilevanza ai fini del Piano Strategico Metropolitano.

4.2 Sinkholes, subsidenza, sprofondamenti

Il tema delle cavità sotterranee e dei fenomeni di sprofondamento (Fig. 8), che costituisce una linea di attività caratterizzante il Servizio Geologico metropolitano sin dalla sua istituzione (Argentieri *et alii*, 2018), ha avuto negli ultimi anni ulteriore sviluppo con varie azioni, di seguito riassunte.

In primo luogo il tema è stato affrontato dal punto di vista della caratterizzazione geologico-tecnica e geofisica dei siti nel corso della lunga collaborazione con l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, già citata nel par. 4.1.2.; le zone a rischio *sinkhole* studiate comprendono i settori di pianura dei comuni di Guidonia e Tivoli corrispondenti al bacino delle Acque Albule (Argentieri *et alii*, 2015a; De Ritis *et alii*, 2020), Palombara Sabina (bacino di Cretone), Capena e Fiano Romano (Valle del Fosso di



FIGURA 8. Voragine occorsa nel giugno 2013 al margine dell'abitato di Subiaco in Via dei Monasteri (S.R. 411), per il cedimento strutturale della galleria di collettamento del fosso delle Cammore (foto A. Argentieri luglio 2013).

San Martino), Marcellina (Piana di Pozzo Grande), Montelibretti (Fosso Carolano; Argentieri *et alii*, 2015b), Montelanico (valle de Il Rio). Per quanto concerne i *sinkholes* antropogenici sono state studiate, nel perimetro urbano di Roma, le aree verdi del Parco Ytzak Rabin, Villa Ada e Villa Torlonia (Argentieri *et alii*, 2015c). Il tema della subsidenza e degli sprofondamenti ha interessato anche diversi plessi scolastici, presso cui il Servizio ha commissionato specifiche indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche a Roma (Ist. Piaget, quartiere Quadraro; Ist. Via Asmara quartiere Africano; Ist. Caravaggio, quartiere Ardeatino), Tivoli (Ist. Volta), Guidonia (Ist. Pisano). Infine si è contribuito al censimento delle cavità sotterranee nell'area urbana di Roma Capitale coordinato da ISPRA- Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale- Dipartimento Servizio Geologico d'Italia (Nisio *et alii*, 2017).

4.3 Monitoraggio edifici, infrastrutture e aree sensibili

4.3.1 Progetto pilota “IOPS” per la definizione dei livelli di operatività strutturale di edifici scolastici della CMRC

Tra il 2017 e il 2019 il Servizio, di concerto con il Dipartimento Edilizia scolastica, ha concepito, progettato e portato

a compimento un progetto sul tema della valutazione speditiva strumentale della vulnerabilità del patrimonio edilizio scolastico, nell’ambito di un accordo di collaborazione ai sensi dell’art. 15 della L.241/1990 e ss.mm.ii. con l’Università degli Studi Roma TRE- Dipartimento di Architettura.

L'esigenza è emersa a seguito della sequenza sismica dell'Appennino Centrale del 2016-17, che ha stimolato progetti conoscitivi orientati alla prevenzione. In ragione del susseguirsi di aggiornamenti normativi in materia di classificazione sismica del territorio (D.G.R. Lazio n. 387/2009; D.G.R. Lazio n. 835/2009; D.G.R. Lazio n. 545 /2010; DGR Lazio n. 490/2011; D.G.R. Lazio n. 489/2012; D.G.R. Lazio n. 535/2012; D.M. Infrastruttura e dei Trasporti del 17/1/2018 *Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”*; Regolamento Regionale 16 aprile 2021, n. 7) tutte le strutture per l'istruzione (Asili Nido, Plessi Scolastici, Scuole di ogni ordine e grado) ricadono in Classe d'uso III “Rilevanti” (*Costruzioni rilevanti il cui uso preveda affollamenti significativi con riferimento a un eventuale collasso della struttura*).

Applicando la metodologia SMAV (*Seismic Model From Ambient Vibrations*; Acunzo *et alii*, 2018), messa a punto dal Dipartimento Protezione Civile- Presidenza del Consiglio dei Ministri (DPC), si è determinato l'indice di operatività strutturale (IOPS) per ciascun edificio, ac-

quisendo informazioni utili e propedeutiche alle analisi di vulnerabilità programmate o in corso a cura del Dipartimento Edilizia scolastica di CMRC. Il progetto pilota, che prevedeva l'esecuzione di misure sperimentali su quindici Istituti scolastici campione distribuiti nel territorio metropolitano, si è positivamente concluso con definizione dei livelli di operatività strutturale degli edifici scolastici campione. Tutte le attività sono state svolte di concerto con il DPC, in base ad intesa con il competente Ufficio Previsione e Prevenzione.

Il progetto si è articolato in 4 fasi consecutive:

- A) Acquisizione delle informazioni di base;
- B) Misure di vibrazione ambientale e identificazione dei parametri modali sperimentali sul primo campione di 9 scuole;
- C) Misure di vibrazione ambientale e identificazione dei parametri modali sperimentali sul secondo campione di 6 scuole;
- D) Costruzione del modello SMAV e calcolo dell'Indice di Operatività Strutturale IOPS.

I risultati sono stati messi a disposizione del Dipartimento Edilizia scolastica quale base metodologica per l'avvio delle ulteriori azioni di valutazione della vulnerabilità.

4.3.2 Monitoraggio sismico permanente di Palazzo Valentini nell'ambito del progetto nazionale Osservatorio Sismico delle Strutture

Nell'ambito di una collaborazione con il già citato DPC, nel 2020 è stata promossa un'indagine pilota sul patrimonio edilizio della Città metropolitana, in analogia a quanto fatto per gli edifici scolastici. D'intesa con l'Ufficio Centrale Risorse strumentali, si è concentrata l'attenzione sull'immobile di Palazzo Valentini, sede istituzionale sia di CMRC, sia della Prefettura di Roma, e per quest'ultimo motivo **edificio strategico** ai sensi della già citata normativa sismica. Le sedi delle Prefetture ricadono infatti nell'elenco delle strutture in Classe d'uso IV "Strategiche" (*Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di evento sismico*).

Per tali ragioni, cogliendo l'opportunità proposta dal DPC, in considerazione sia della funzione strategica sia del valore storico, architettonico e artistico di Palazzo Valentini, è stato quindi installato un sistema di monitoraggio di tipo innovativo, basato su sensori digitali e sempre attivo che, in caso di terremoto, restituisce i livelli di accelerazione subiti dall'edificio e quindi potenzialmente il livello di danno, fornendo informazioni propedeutiche allo studio del modello strutturale dell'intero immobile. Il sistema, installato e attivo per rimanere in funzione a tempo indeterminato, è costituito da quattro sensori di piccole dimensioni posizionati al terzo livello dell'edificio, più un quinto sensore con registratore integrato situato al livello seminterrato. Nell'Ottobre 2020 sono state poi condotte misure sperimentali (analoghe a quelle già effettuate presso gli istituti scolastici) posizionando temporaneamente, nelle stesse posizioni in pianta dei sensori del sistema di monitoraggio permanente, sensori sul solaio del primo, secondo

e terzo piano, sviluppando un modello SMAV semplificato della struttura dell'edificio per costituire una base interpretativa per la lettura dei dati acquisiti dai sensori permanenti.

L'attività ha portato all'inserimento di Palazzo Valentini nell'Osservatorio Sismico delle Strutture (OSS), la rete nazionale per il monitoraggio sismico permanente di strutture e infrastrutture pubbliche attualmente costituita da 162 sistemi di monitoraggio (152 edifici: scuole, ospedali, municipi e altre tipologie; 7 ponti; 3 dighe), gestita dal DPC. La rete OSS ha un alto tasso di omogeneità strumentale e di efficienza, oltre che una completa concentrazione dei dati, mediante teletrasmissione ad un unico centro di acquisizione ed elaborazione (presso la sede del DPC in Roma).

Infine il 27/10/ 2020 è stata installata nei livelli interrati dell'edificio, previa predisposizione del cablaggio a cura dell'UC Risorse strumentali, una postazione accelerometrica della Rete Accelerometrica Nazionale (RAN), anch'essa gestita dal DPC.

Tutte le spese per la fornitura e l'installazione della strumentazione sono a carico del DPC, mentre CMRC ha dato il supporto logistico e tecnico per il montaggio delle componenti e per l'installazione dei collegamenti. Come per tutte le strutture dell'OSS, la gestione del sistema e l'elaborazione dei dati vengono effettuate direttamente dal DPC. La Città metropolitana viene dotata delle credenziali per accedere al sistema e ai dati risultanti dai monitoraggi.

4.3.3 Caratterizzazione di siti rappresentativi tramite studi di risposta sismica locale (R.S.L.) presso beni immobili di pertinenza della CMRC

Nell'ambito dell'Accordo di collaborazione con l'INGV sono stati condotti studi di Risposta Sismica Locale presso otto siti rappresentativi selezionati tra beni immobili o infrastrutture, esistenti o in fase di progettazione, di pertinenza della CMRC:

- Cinque edifici scolastici nell'area urbana di Roma (IPSEOA "P. Artusi"; ITA "G. Garibaldi"; ITIS/LS "G. Giorgi"; ITAGR "E. Sereni"; LS/LM "Farnesina");
- Un immobile istituzionale (Palazzo Valentini in Via IV Novembre 119/A, già considerato nel paragrafo precedente);
- Due tratti di viabilità metropolitana (S.P. 48/a Gerano – Rocca Santo Stefano km 0+500; S.P. 86/a Traiana Segni – Roccamassima km 1+000).

I modelli di sottosuolo sono stati realizzati tenendo conto delle indagini già realizzate da CMRC presso i siti in esame. In 5 di essi sono state necessarie misure geofisiche aggiuntive (Fig. 9 a, b), al fine di aumentare il grado di conoscenza del sottosuolo, consistenti in misure di rumore sismico a stazione singola e/o tramite *array*. In 5 casi le simulazioni sono state realizzate considerando un approccio monodimensionale (laddove l'assetto del sottosuolo non mostrava al di sotto dell'opera importanti variazioni ed eteropie laterali); nei 3 tre casi restanti è stato necessario applicare un approccio bidimensionale.

La caratterizzazione del sottosuolo in conformità alla normativa vigente risulta fondamentale per definire il modello del complesso opere edilizie/terreno di fondazione.

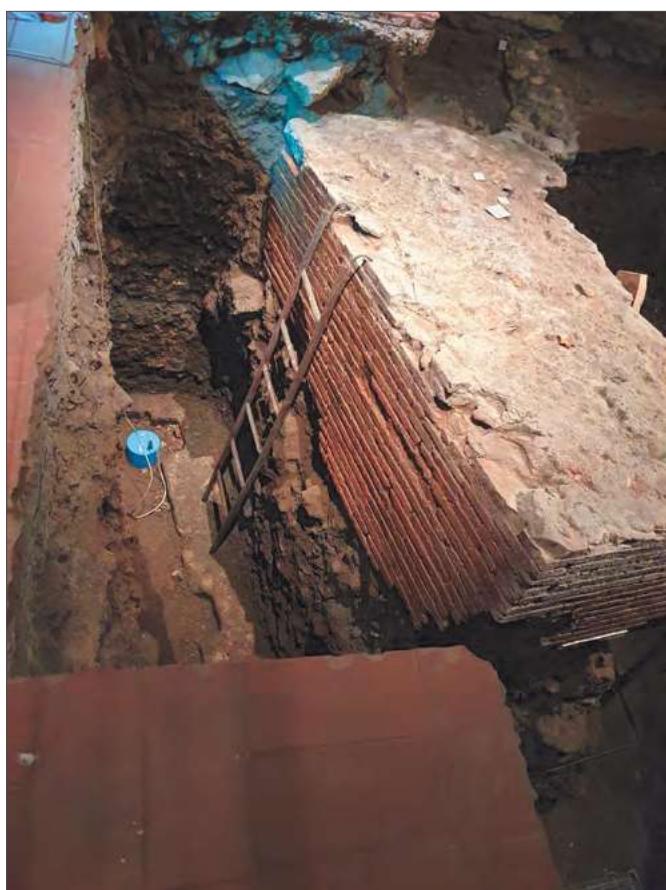


FIGURA 9 a,b. Esecuzione di misure geofisiche nei sotterranei di Palazzo Valentini, in corrispondenza degli scavi archeologici (giugno 2021).

4.3.4 Progetto PONTI

Tra il 2017 e il 2019 il Servizio, di concerto con la Direzione del Dipartimento Viabilità, ha portato a compimento un progetto sul tema della valutazione della capacità portante del patrimonio infrastrutturale di ponti, viadotti ed opere assimilabili della CMRC, nell'ambito di un accordo di collaborazione ai sensi dell'art. 15 della L.241/1990 e ss.mm.ii. con l'Università degli Studi Roma TRE- Dipartimento di Architettura. L'iniziativa fu concepita d'iniziativa e avviata, ben prima del tragico incidente del crollo del viadotto di Genova nell'agosto 2018, dopo di cui il tema ha assunto ancor maggiore rilevanza per la gestione del patrimonio infrastrutturale. Il progetto si è articolato in 5 fasi consecutive:

- A) Censimento ed analisi quantitativa del patrimonio esistente
- B) Aspetti rete di trasporto
- C) Tipologie strutturali e aspetti normativi
- D) Indagini su opere specifiche
- E) Valutazione della Capacità Portante delle singole opere

I risultati sono stati messi a disposizione del Dipartimento Viabilità quale base metodologica per l'avvio delle azioni di controllo sul territorio. Pur se superato dalle successive evoluzioni normative che dettano oggi tempi e modalità per il controllo di tali opere d'arte, resta ferma la validità dell'idea originaria quale contributo alla cultura della gestione in sicurezza delle infrastrutture.

5. CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI LACUSTRI METROPOLITANI

L'area metropolitana è caratterizzata dalla presenza di quattro bacini lacustri principali (Bracciano- 56,5 km²; Martignano- 2,44 Km², Albano di Castel Gandolfo- 6 km²; Nemi- 1,67 Km²) che, oltre a rappresentare risorse naturali ed ambientali, costituiscono elementi territoriali critici, con particolare riguardo alla sicurezza della navigazione e balneazione nelle acque interne.

Il Servizio Geologico ha avviato d'iniziativa, a partire dal 2019, progetti piloti volti alla caratterizzazione batimetrica e morfologica dei bacini lacustri dei Monti Sabatini, considerate attività funzionali al processo di redazione del Piano Strategico Metropolitano (PSM). L'attenzione è stata rivolta in primo luogo al Lago di Martignano e quindi a quello di Bracciano, su cui si disponeva solo di rilievi effettuati dal CNR oltre 50 anni prima (Barbanti & Carollo, 1968). Tale lacuna conoscitiva è apparsa perciò da colmare in ragione delle numerose possibili applicazioni, a partire dalla sicurezza territoriale. Tra il 2020 e il 2022 sono stati portati a compimento, tramite affidamento ad operatore economico specializzato, i rilievi morfologici e batimetrici di dettaglio dell'intero bacino di Martignano e poi di alcuni settori di quello di Bracciano (Argentieri *et alii*, 2022; Fig. 10).

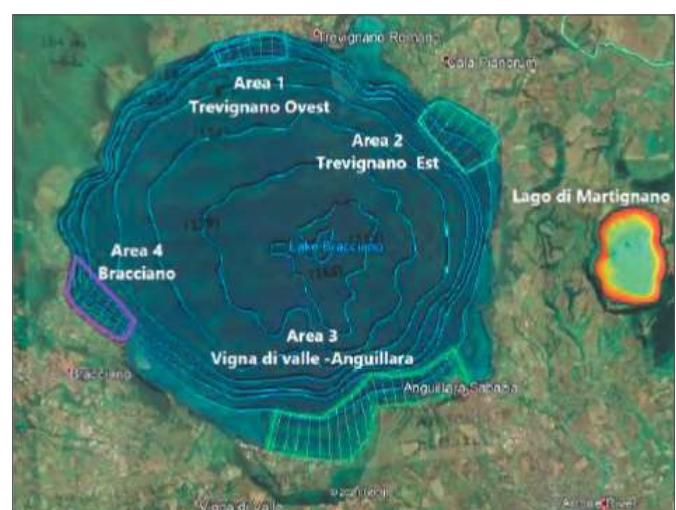


FIGURA 10. Copertura dei rilievi batimetrici e morfologici dei bacini lacustri dei Monti Sabatini eseguiti su incarico della CMRC dalla società Fugro Italy: intero Lago di Martignano e settori campione del Lago di Bracciano.

Sulla base di tale patrimonio di informazioni il Servizio si è fatto promotore di un apposito accordo interistituzionale per lo sviluppo di un sistema informativo sui laghi dell'area metropolitana, con particolare riferimento ai laghi di Bracciano e Martignano; l'accordo, sottoscritto nel 2023, coinvolge i seguenti altri Enti: Regione Lazio (Direzione Regionale Ambiente; Regione Lazio- Parco Naturale Regionale Bracciano Martignano); Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA)- Dipartimento Servizio Geologico d'Italia; Università degli Studi Roma TRE- Dipartimento di Scienze. Sono infatti in corso, a cura degli Enti di ricerca, i rilevamenti per il nuovo Foglio "Bracciano" della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, che comprende anche l'esplorazione delle zone sommerse. Una volta completata la piattaforma di gestione con l'integrazione dei dati forniti da ciascun partner dell'accordo, verranno create utenze specifiche per ciascuno degli Enti preposti alla gestione del territorio e delle emergenze.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il Piano Strategico Metropolitano (PSM) è lo strumento con cui si individuano e si coordinano le strategie di sviluppo dell'intero territorio metropolitano, orientando le azioni della CMRC, dei Comuni e delle Unioni di Comuni. Il PSM 2022/2024, approvato il 14/12/2022 dal Consiglio metropolitano, fissa gli obiettivi generali, settoriali e trasversali nel medio e lungo termine, individuando priorità di intervento, risorse necessarie e il metodo di attuazione.

I diversi progetti di difesa del suolo e monitoraggio di beni immobili e infrastrutture, brevemente descritti in questa nota, stanno progressivamente trovando una collocazione organica all'interno del PSM, nella fase di aggiornamento in corso. Lo stesso accade per omologhi progetti di tutela ambientale, conclusi o in fase di realizzazione a cura del Servizio 1 "Aree protette e tutela della biodiversità" del Dipartimento XI "Geologico- Difesa del suolo e Aree protette" nelle aree protette a gestione metropolitana (sistema di videosorveglianza antiincendio boschivo tramite termocamere e telecamere ottiche nella Riserva Naturale di Monte Catillo, che ad oggi costituisce un *unicum* nel Lazio; sistema di videosorveglianza ottica per la prevenzione degli illeciti nella R.N. Macchia di Gattaceca e Macchia del Barco e nella R.N. Nomentum). Altri progetti in fase di impostazione (Valutazione e analisi di rapporti tra la gestione delle risorse agroforestali e del soprassuolo boschivo con la dinamica dei versanti e l'assetto idrogeologico del territorio; aggiornamento censimento dei fenomeni di emissione dei gas del suolo; monitoraggio dei brontidi; monitoraggio strumentale dei ponti) potranno inserirsi in questo percorso.

Appare perciò auspicabile implementare, sulla base di quanto concretamente già fatto e a valere su adeguate risorse umane, finanziarie e strumentali da reperirsi nel prossimo futuro, un prototipo di rete per il monitoraggio strumentale ad alta tecnologia, tramite cui sempre meglio ottemperare alle funzioni di presidio territoriale che spet-

tano alla Città metropolitana e ai Comuni, ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale del Lazio n. 865 del 26/11/2019 inerente al sistema di allertamento per il rischio meteo, idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile.

RINGRAZIAMENTI

La sintesi presentata in questa nota si riferisce ai risultati acquisiti nell'ambito di progetti speciali, condotti dal Servizio Geologico tramite l'interazione del personale di CMRC con vari tecnici e ricercatori specialisti, portando alla produzione non solo di rapporti tecnici e pubblicazioni scientifiche, ma anche di strumenti concreti per la sicurezza del territorio (Progetti Franarisk: Giandomenico Fubelli, Claudio Puglisi, Gabriele Leoni, Francesco Dramis, Massimo Mattei, Gabriele Scarascia Mugnozza, Carlo Esposito, Gianmarco Marmoni; Progetto INGV dissesti e sinkholes: Riccardo De Ritis, Carlo Doglioni, Massimo Chiappini; Progetto presidio territoriale frane: Giandomenico Fubelli, Francesco Seitone, Carlotta Scaroni, Claudio Lafavia, Lionello Fittante; Progetto INGV Risposta sismica locale: Marta Pischiutta; Progetto OSS Palazzo Valentini: Daniele Spina, Giuseppe Naso, Bruna Perniola, Egidio Santamaria, Antonio Finno, Roberta Stecchiotti, Roberto Del Signore; Progetto IOPS: Stefano Gabriele, Gloria Rita Argento, Daniele Spina, Giuseppe Naso, Francesco Zacco; Progetto PONTI: Fabio Brancaleoni, Silvia Santini, Giampiero Orsini; Progetti sinkholes e cavità sotterranee: Riccardo De Ritis, Stefania Nisio, Michele Di Filippo, Siro Margottini, Flavio Cecchini, Maria Di Nezza; Progetto Laghi: Maria Laura Martire, Daniela Vertenzi). Analogi spirito innovativo caratterizza i progetti tecnici per le Aree Protette metropolitane, a cui hanno lavorato Loredana Sgroi, Alessandra Presta, Maria Vinci, Vincenzo Buonfiglio, Antonella De Angelis, Andrea Di Lisa, Andrea Biddau. A questa ampia comunità tecnico-scientifica va un sentito ringraziamento per il contributo prestato alla crescita della cultura della sicurezza e della prevenzione nell'area metropolitana di Roma Capitale.

BIBLIOGRAFIA E WEBGRAFIA

- ACUNZO G., FIORINI N., MORI F., SPINA D. (2018). *Modal mass estimation from ambient vibrations measurement: a method for civil buildings*, Mechanical System and Signal Processing, 98C, pp 580-593.
- ARGENTIERI A., CARLUCCIO R., CECCHINI F., CHIAPPINI M., CIOTOLI G., DE RITIS R., DI FILIPPO M., DI NEZZA M., MARCHETTI M., MARGOTTINI S., MATERNI V., MELONI F., NARDI A., ROTELLA G., SAPIA V., VENUTI A. (2015a). *Early stage sinkhole formation in the Acque Albule Basin of central Italy from geophysical and geochemical observations*, Engineering Geology, vol. 191, pp. 36-47.
- ARGENTIERI A., CECCHINI F., DE RITIS R., DI FILIPPO M., DI NEZZA M., MARGOTTINI S., MATERNI V., NARDI A., PIRO M., ROTELLA G. (2015b). *Indagini geofisiche di un sinkhole di origine antropica presso l'abitato di Montelibretti (Roma)*, Atti del 3° Workshop "LE VORAGINI IN ITALIA. I sinkholes e le cavità sotter-

- ranee: ricerca storica, tecniche di studio e d'intervento" (Roma, ISPRA- Consiglio Nazionale delle Ricerche, 8/5/2014), in Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XCIX, pp. 17-24.
- ARGENTIERI A., CECCHINI F., CHIAPPINI M., DE BEL-LIS S., DE RITIS R., DI FILIPPO M., DI NEZZA M., MARGOTTINI S., MATERNI V., NARDI A., PIRO M., ROTELLA G. (2015c). *Sprofondamenti in aree urbane: il caso del Parco "Ytzhak Rabin" (Via Panama, Roma)*. Atti del 3° Workshop "LE VORAGINI IN ITALIA. I sinkholes e le cavità sotterranee: ricerca storica, tecniche di studio e d'intervento" (Roma, ISPRA- Consiglio Nazionale delle Ricerche, 8/5/2014), in Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XCIX, pp. 25-42.
- ARGENTIERI A., OCCHIGROSSI B.C., PIRO M. & ROTELLA G. (2018). *Natural and anthropogenic cavities and sinkholes in Rome metropolitan area: from geological and speleological research to land management*, Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. 44 (2018), pp. 104-111.
- ARGENTIERI A., CRISTOFALO G.C., FABIANI M., MARCHELLI M., PIACENZA M., ROTELLA G., TALIANA D.M.R. (2022). *Risk Evaluation and management in lacustrine environment: bathymetric and morphologic survey of Martignano and Bracciano lakes (metropolitan area of Rome, Italy)*, Abstract Book del 91° Convegno della Società Geologica Italiana (SGI) e della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia (SIMP) "Geosciences for a sustainable future", Torino, 19-21/9/2022.
- BARBANTI L., CAROLLO A. (1968). *Batimetria e geomorfologia dei Laghi Sabatini (Bracciano, Martignano, Monterosi)*. Mem. Ist. Italiano Idrobiol., 25, pp. 161-196.
- DE RITIS R., NARDI A., MATERNI V., VENUTI A., STEFANELLI P., ROTELLA G., SAPIA V., CARPENTERI E., TOLOMEI C., CIVICO R., COLTORTI M., NANINI T., ARGENTIERI A., DEL GAUDIO P., CHIAPPINI M. (2020). *Multidisciplinary study of subsidence and sinkhole occurrences in the Acque Albule basin (Roma, Italy)*. Earth and Space Science, 7 e2019EA000870. <https://doi.org/10.1029/2019EA000870>.
- FERRARI V. (1932). *Cavità naturali, grotte, pozzi, ecc. esistenti nella Provincia di Roma*. Manoscritto inedito Provincia di Roma-Ufficio Tecnico, Biblioteca Provinciale di Roma.
- FUNICIELLO R., a cura di (1995). *La geologia di Roma. Il centro storico*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 50, 547 pp.
- NISIO S., ALLEVI M., CIOTOLI G., FERRI G., FIORE R., LANZINI M., ROMA M., PAOLUCCI R., STRANIERI I., SUCCHIARELLI C. (2017). *Carta delle cavità sotterranee di Roma*. ISPRA
- NOVARESE V. (1931). *Tommaso Tittoni (1855-1931)*, Bollettino della Società Geologica Italiana, 50, fasc. 2, CXXV-CXXVII.
- PROVINCIA DI ROMA (2008). Piano Territoriale Provinciale Generale.
- REGIONE LAZIO (2019). Deliberazione della Giunta Regionale n. 865 del 26/11/2019 "Aggiornamento delle direttive riguardanti il Sistema di allertamento per il rischio meteo, idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile; modifiche alla D.G.R. n. 272 del 15 giugno 2012".
- SEITONE F., BULEO TEBAR V., BONASERA M., ARGENTIERI A., ROTELLA G., FUBELLI G. (2023). *The large San Vito Romano (central Italy) landslide system 3D geological-technical model*, Abstract book of the General Assembly 2023 of the European Geosciences Union (EGU), Vienna, Austria, 23-28/4/2023 (Session NH3.2 Large mass movements monitoring, modeling and early warning).
- TASSANI G. (2019). *Tittoni, Tommaso*, Dizionario Biografico degli Italiani, 95, Istituto dell'Enciclopedia fondata da Giovanni Treccani [https://www.treccani.it/enciclopedia/tommaso-tittoni_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/tommaso-tittoni_(Dizionario-Biografico)/)
- TITTONI T. (1885). *La regione trachitica dell'Agro Sabatino e Cerite*, Bollettino della Società Geologica Italiana, 4, fasc. 1, pp. 337 – 376, con allegata Carta geologica alla scala 1:50.000.
- TITTONI T. (1924). *La Geologia dei vulcani romani*, Conferenza tenuta in Roma il 12 aprile 1924 in occasione del cinquantenario della fondazione della Sezione di Roma del Club Alpino. CAI Sezione di Roma, Milano.
- VENTRIGLIA U. (1971). *Geologia della città di Roma*. Amministrazione Provinciale di Roma, 417 pp.
- VENTRIGLIA U. (1988-1990). *Idrogeologia della Provincia di Roma*. Vol. I- II- III- IV, Amministrazione Provinciale di Roma- Assessore LL.PP., Viabilità e Trasporti.
- VENTRIGLIA U. (2002). *Geologia del territorio del Comune di Roma*. Amministrazione Provinciale di Roma, 809 pp.
- www.cittametropolitanaroma.it (accesso 3/3/2024)
<https://pianostrategico.cittametropolitanaroma.it/> (accesso 4/3/2024)
<https://geologico.cittametropolitanaroma.it/> (accesso 4/3/2024)