

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale - APS



Fondatore *Giuseppe Gisotti*

Supplemento al n. 4/2025 ISSN 1591-5352

GIORNATA DI STUDI

Geodiversità e patrimonio geologico nelle aree urbane

ROMA 6 OTTOBRE 2025, ORE 8:30 – SALA CONVEGNI CNR (VIA DEI MARRUCINI)



A CURA DI **Mario Bentivenga, Irene Bollati, Elisa Brustia, Antonello Fiore, Laura Meelli**



5X1000

Aiutaci a promuovere
la **CULTURA GEOLOGICA** e
la **TUTELA DELL'AMBIENTE**

DESTINA IL

CINQUE X MILLE

ALLA **SIGEA-APS**

C.F. 04336801008

Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Destinando il tuo 5xmille alla SIGEA-APS ci aiuterai a promuovere la cultura geologica e la tutela dell'ambiente.

COME FARE?

- Nella **scheda per la scelta della destinazione dell'8, del 5 e del 2 per mille dell'IRPEF** (da compilare)
- sezione dedicata alla **scelta per la destinazione del 5 per mille**
- **riquadro** «SOSTEGNO DEGLI ENTI DEL TERZO SETTORE ISCRITTI NEL RUNTS DI CUI ALL'ART. 46, C. 1, DEL D.LGS. 3 LUGLIO 2017, N. 117, COMPRESSE LE COOPERATIVE SOCIALI ED ESCLUSE LE IMPRESE SOCIALI COSTITUITE IN FORMA DI SOCIETÀ, NONCHÉ SOSTEGNO DELLE ONLUS ISCRITTE ALL'ANAGRAFE»
- apponi la tua firma e inserisci il codice fiscale della SIGEA-APS: **04336801008**

SCADENZE:

30 giugno 2025: Modello Redditi Persone Fisiche presentato in forma cartacea tramite ufficio postale

30 settembre 2025: Modello 730 precompilato o ordinario

30 novembre 2025: Modello Redditi Persone Fisiche presentato per via telematica

**SOSTEGNO DEGLI ENTI DEL TERZO SETTORE ISCRITTI NEL RUNTS DI CUI
ALL'ART. 46, C. 1, DEL D.LGS. 3 LUGLIO 2017, N. 117, COMPRESSE LE COOPERATIVE
SOCIALI ED ESCLUSE LE IMPRESE SOCIALI COSTITUITE IN FORMA DI SOCIETÀ',
NONCHÉ SOSTEGNO DELLE ONLUS ISCRITTE ALL'ANAGRAFE**

FIRMA

La tua firma

Codice fiscale del
beneficiario (eventuale)

0 4 3 3 6 8 0 1 0 0 8

SE SEI ESONERATO DALLA PRESENTAZIONE DELLA DICHIARAZIONE DEI REDDITI PUOI COMUNQUE DESTINARE IL TUO 5 PER MILLE ALLA SIGEA-APS.

PASSAPAROLA

Invita i tuoi amici, familiari, colleghi a donare il loro 5x1000 alla SIGEA-APS:

- scarica la card 5x1000 SIGEA-APS e condividila su **WhatsApp**

Ricorda che il 5x1000 non ti costa nulla, è una parte delle tasse che già paghi.

Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Associazione di protezione ambientale individuata
con decreto ministeriale del 24 maggio 2007 e
con successivo D.M. 238 del 28/07/2023 ai sensi
dell'articolo 13, della legge 8 luglio 1986, n. 349

Fondatore Giuseppe Gisotti

PRESIDENTE
Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE

Lorenzo Cadrobbi, Daria Duranti, Antonello Fiore
(*Presidente*), Adele Garzarella, Giuseppe Gisotti
(*Presidente Onorario*), Marianna Morabito, Stefania
Nisio, Fabio Oliva, Michele Orifici (*Vice Presidente*),
Vincent Ottaviani (*Vice Presidente*), Paola Pino d'Astore
(*Tesoriere*), Luciano Masciocco, Sabina Porfido,
Livia Soliani, Salvatore Valletta (*Segretario*)

Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA - APS

Supplemento al N. 4/2025
Anno XXXIII • ottobre-dicembre 2025

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

DIRETTORE RESPONSABILE
Antonello Fiore

CONDIRETTORE RESPONSABILE
Eugenio Di Loreto

COMITATO SCIENTIFICO
Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Francesco
Cancellieri, Rachele Castro, Massimiliano Fazzini,
Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado, Emanuela
Guidoboni, Salvatore Lucente, Fabio Luino, Endro
Martini, Luciano Masciocco, Davide Mastroianni,
Antonio Paglionico, Mario Parise, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotro, Vito Uricchio, Gianluca Valensise

COMITATO DI REDAZIONE
Eugenio Di Loreto, Maria Luisa Felici,
Giacomo Milazzo, Michele Orifici,
Vincent Ottaviani, Salvatore Valletta

REDAZIONE
SIGEA - APS c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
info@sigeaweb.it

PROCEDURA PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ARTICOLI

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione,
dopo che sia stata verificata la loro pertinenza
con i temi di interesse della Rivista, saranno
sottoposti a un giudizio di uno o più referees

UFFICIO GRAFICO
Pino Zarbo (Fraserighe Book Farm)
www.fraserighe.it

PUBBLICITÀ
SIGEA - APS

STAMPA
Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA-APS per il 2025
è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista
"Geologia dell'Ambiente".
Per ulteriori informazioni consulta il sito web
all'indirizzo www.sigea-aps.it

Sommario

Prefazione

STEFANO LAPORTA

9

Presentazione

MARIO BENTIVENGA, IRENE BOLLATI, ELISA BRUSTIA,
ANTONELLO FIORE, LAURA MELELLI

10

RELAZIONI

L'Inventario Nazionale dei Geositi come strumento di
sensibilizzazione e di divulgazione del patrimonio geologico
urbano nelle scuole

ELISA BRUSTIA, ROBERTO POMPILI, PAOLO PRIMERANO

13

La Geodiversità come Memoria della Terra

IRENE M. BOLLATI

15

La stima della geodiversità in città per la gestione delle aree
verdi e la tutela della biodiversità

LAURA MELELLI, MARTINA BURNELLI,
MASSIMILIANO ALVIOLI, ALESSIA PICA, FRANCESCA VERGARI,
MICHELE DELCHIARO, FRANCESCA REAME, FABIO SILVANI,
MAURIZIO DEL MONTE

19

I siti di interesse idrogeologico di Lecce: la conservazione e
valorizzazione per la divulgazione dell'importanza delle risorse
idriche sotterranee

STEFANO MARGIOTTA

21

I Geositi Urbani di Roma Capitale

MARINA FABBRI, MAURIZIO LANZINI, DARIO MANCINELLA,
CLAUDIO SUCCHIARELLI

24

I Geositi Urbani e la Street Geology. Una occasione per
incrementare la consapevolezza geologica ed ambientale nei
cittadini e nei turisti

MARIO BENTIVENGA, EVA PESCATORE, GIUSEPPE PALLADINO,
SALVATORE IVO GIANO

27

Quale impatto ha la morfogenesi antropica sulla
geomorfodiversità in ambiente urbano?

ALESSIA PICA, MARTINA BURNELLI, MAURIZIO DEL MONTE,
MICHELE DELCHIARO, FRANCESCA REAME, FRANCESCA
VERGARI, LAURA MELELLI, MASSIMILIANO ALVIOLI

29

TOURinSTONES: un'applicazione mobile per promuovere il patrimonio geologico della città di Torino (Italia nord-occidentale) ALESSANDRO BORGHI, FRANCESCA LOZAR, ANNA D'ATRI, FRANCESCA GAMBINO, LUCA MARTIRE, ELENA STORTA	31
La Ruina dantesca e l'icnosito dei Lavini di Marco di Rovereto (Tn) ANDREA MINIUCCHI, MICHELA CANALI	33
Il ruolo della geodiversità e del patrimonio geologico per la valorizzazione culturale del territorio urbano: i casi di studio italiani di Torino e del Piemonte MARCO GIARDINO, PAOLA BERNARDELLI, ALESSIO SALANDIN, ARIANNA NEGRI, ELENA STORTA, ALIZIA MANTOVANI, ALESSANDRO BORGHI, ANNA D'ATRI, DANIELE DRAGO, PAOLO FALLETTI, LUCA PARO, MICHELE MARINO	35
La geodiversità delle città italiane attraverso la lente dell'Urban Geo-climate Footprint FRANCESCO LA VIGNA, PAOLO MARIA GUARINO, MAURO BONASERA, GIANLUIGI DI PAOLA, GABRIELE LEONI, RAFFAELE PROIETTI, SAVERIO ROMEO, MARIA PAOLA CAMPOLUNGH	37
Urbanità ecocentrica: valorizzazione e protezione dei contesti geologici nell'Antropocene ELENA ALESSI	39
Patrimonio geologico nell'ecosistema urbano del centro storico di Genova PAOLA CORATZA, FRANCESCO FACCINI, ANDREA FERRANDO, GIACOMO MONTANARI, PIETRO PIANA	41
Geoturismo urbano fra città del tufo e termalismo, in Maremma Toscana STEFANO FARINELLI	43
Le pietre del centro storico della città di Lucca ALESSIO CECCARELLI, MARCO LEZZERINI	45
Il Palazzo dell'Acquedotto Pugliese: uno scrigno di pietra e marmi nel cuore della città di Bari FRANCESCA MICHELETTI, GIOVANNA FIORETTI, GIACOMO ERAMO, DOMENICO LAROVERE, ELISABETTA GIAQUINTO, PASQUALE ACQUAFREDDA	47

Geodiversità urbana: le cavità di origine antropica. Analisi comparativa delle reti caveali ipogee presenti nel sottosuolo del settore nord della Città Metropolitana di Napoli
PAOLO MARIA GUARINO, DANIELA RUBERTI 49

Tra fuoco e mare: geodiversità urbana come narrazione e cura di sé nel territorio flegreo
ERLISIANA ANZALONE, DOMENICO SPINELLI,
MONICA CARANNANTE, GIUSEPPE CANNAS 51

Alla scoperta della Geodiversità della città di Roma, attraverso una piattaforma digitale di itinerari geoturistici
BEATRICE ADANTI, SVEVA CORRADO, ALESSANDRO CECILI,
DANILO COPPOLA, FRANCESCA CIFELLI 53

SESSIONE POSTER

Il colle del castello di Lubiana (Slovenia): compromesso tra esigenze turistiche e salvaguardia di un importante sito geopaleontologico
ALBERTO BERTINI 57

La geodiversità come narrazione scientifica e memoria del paesaggio: dai travertini umbri ai paesaggi flegrei
ERLISIANA ANZALONE 60

Geoconservare la geodiversità in aree urbane: strategie integrate per una valorizzazione sostenibile del patrimonio geologico
MARIO BENTIVENGA, EVA PESCATORE,
GIUSEPPE PALLADINO, SALVATORE IVO GIANO 62

Cavità artificiali: un patrimonio geologico (nascosto) da conoscere e salvaguardare
ROBERTO BIXIO, CARLA GALEAZZI, CARLO GERMANI,
MARIO PARISE 64

Geomorfositi inediti nel Messinese: valorizzazione della geodiversità in differenti contesti di interazione uomo-ambiente
MAURO BONASERA, GIUSEPPE LA TORRE, CIRO CERRONE 66

L'approvvigionamento idrico della città metropolitana di Torino: proposta per due idrogeositi
ANNALISA BOVE, LUCIANO MASCIOTTO 70

Il patrimonio geologico delle cavità tufacee del Nolano (Campania, Italia) tra sfruttamento del sottosuolo e sicurezza del soprassuolo GIANFRANCO CACCAVALE, DOMENICO CALCATERRA, MASSIMO RAMONDINI	72
Possibile riutilizzo di siti estrattivi dismessi in ambito urbano per la valorizzazione della geodiversità nella città di Roma CRISTIANO DI FILIPPO	75
I marmi policromi negli altari barocchi di Puglia: capolavori litici a testimonianza della nostra storia GIOVANNA FIORETTI, FRANCESCA MICHELETTI, PASQUALE ACQUAFREDDA	77
Il paleocarsismo nelle colline Torricelle (Verona, Prealpi Venete) GUIDO GONZATO, GUIDO ROSSI	79
Geodiversità urbana e memoria del paesaggio: il sito di Romagnano al Monte GIAMMARCO GUIDETTI, FABIO OLITA, DAVIDE CERONE, NICOLA CAPECE, UGO ERRA, MARIO BENTIVENGA, GIACOMO PROSSER	81
GIS 3D e monitoraggio real-time per la conservazione del geoheritage: il caso del sito archeologico di Cuma SILVIA ILACQUA	83
Geodiversità e sostenibilità in un'area vulcanica attiva: il caso dei Campi Flegrei INES ALBERICO, PAOLA PETROSINO	85
Il geosito delle gole del torrente Candela nell'area periurbana di Rotondella (Basilicata) MAURIZIO LAZZARI	87
Orvieto: massiccia città di pietra ENDRO MARTINI, GIOVANNI SELLÌ	91
Geodiversità, sacralità e identità dei luoghi: il caso studio della Valle d'Ansanto tra patrimonio geologico, mito e cultura VALENTINA NOVIELLO	93
Geodiversità e formazione scolastica: percorsi educativi e attività di divulgazione PAOLO PRIMERANO, ELISA BRUSTIA, ROBERTO POMPILI	95

Paesaggio scavato. Le cave in sotterraneo di Cutrofiano come infrastruttura geologica e culturale ALESSANDRO REINA, ANGELO GANAZZOLI	97
Conglomerati pliocenici inglobati nell'architettura storica senese: analisi sedimentologica e morfometrica mediante SfM e LiDAR del banco di Piazza San Giovanni a Siena (Italia) GIOELE ROSSI, JACOPO BRUTTINI, FABIO GABBRIELLI, MARCO GIAMELLO, ENRICO TAVARNELLI	99
Viaggio in un flusso piroclastico: l'Ignimbrite Campana raccontata dalle grotte dell'agro aversano (Campania settentrionale, Italia) DANIELA RUBERTI, MARIA ASSUNTA FABOZZI, ROBERTO MORETTI	101
Un approccio spazialmente esplicito alla resilienza urbana: il contributo dell'indicatore di geodiversità EKATERINA TARASOVA, FEDERICA FIORUCCI, MASSIMILIANO ALVIOLI	103
Il Cratere del Castiglione e la città di Gabii: geodiversità, risorse litiche e potenzialità di valorizzazione nel contesto urbano del VI Municipio di Roma ARIANNA TESTA, FEDRA GIANOGGIO, MARCO FACCIOLO, ANDREA FERRANDO, ALESSIA PICA	105
Paesaggio, geomorfologia e testimonianze storico-culturali della collina "Castello" di Gravina (Puglia) PIETRO UBBRIACO	107
Le modificazioni storiche del Canale dell'Asso nell'area urbana di Nardò (Provincia di Lecce) ANDREA VITALE, GIOVANNI DE CUPERTINIS, PAOLO SANSÒ	109
Georisorse e urbanizzazione: l'esempio delle fontane storiche urbane e periurbane a Matera (Basilicata) VITANTONIO VENEZIA, FILIPPO BELLINI, SILVIA PARENTINI, LUISA SABATO, MARCELLO TROPEANO	111
Il patrimonio geo-paleontologico dell'area urbana di Cagliari DANIEL ZOBOLI, GIAN LUIGI PILLOLA	112

Evento organizzato da:



In collaborazione con:



INTERNATIONAL GEODIVERSITY DAY 2025
ONE EARTH, MANY STORIES

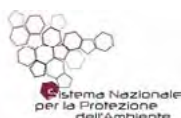
GIORNATA DI STUDI Geodiversità e patrimonio geologico nelle aree urbane

ROMA 6 OTTOBRE 2025, ORE 8:30 – SALA CONVEGNI CNR (VIA DEI MARRUCINI)



PROGRAMMA

Con il Patrocinio di:



Geodiversità e patrimonio geologico nelle aree urbane

PROGRAMMA

08:30-9:30 **Registrazione partecipanti**

09:30-10:00 **Relazioni di apertura lavori** | Antonello Fiore (Presidente Società Italiana di Geologia Ambientale - SIGEA-APS); Stefano Laporta (Presidente Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA); Roberto Troncarelli (Consiglio Nazionale dei Geologi); Laura Melelli (Rappresentante Nazionale Italia, ProGEO)

Moderatori: Alessia Pica e Francesco Faccini

10:00-10:20 **L'Inventario Nazionale dei Geositi come strumento di sensibilizzazione e di divulgazione del patrimonio geologico urbano nelle scuole** | Elisa Brustia, Roberto Pompili, Paolo Primerano (Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA)

10:20-10:40 **La Geodiversità come Memoria della Terra** | Irene M. Bollati (Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio" Università degli Studi di Milano Statale)

10:40-11:00 **La stima della geodiversità in città per la gestione delle aree verdi e la tutela della biodiversità** | Laura Melelli¹, Martina Burnelli², Massimiliano Alvioli², Alessia Pica³, Francesca Vergari³, Michele Delchiaro³, Francesca Reame³, Fabio Silvani¹, Maurizio Del Monte³ - ¹Dipartimento di Fisica e Geologia, Università di Perugia; ²Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Perugia; ³Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Roma "Sapienza"

11:00-11:20 **I siti di interesse idrogeologico di Lecce: la conservazione e valorizzazione per la divulgazione dell'importanza delle risorse idriche sotterranee** | Stefano Margiotta (Università del Salento)

11:20-11:40 **I Geositi Urbani di Roma Capitale** | Marina Fabbri¹, Maurizio Lanzini¹, Dario Mancinella², Claudio Succiarelli³ - ¹SIGEA-APS - Sezione Lazio; ²Regione Lazio-Area Geodiversità e Monumenti Naturali; ³Roma Capitale - Dipartimento Programmazione Urbanistica - U.O. Piano Regolatore - Ufficio Pianificazione Geoambientale

11:40-12:00 **Geoconservare la geodiversità in aree urbane: strategie integrate per una valorizzazione sostenibile del patrimonio geologico** | Mario Bentivenga, Eva Pescatore, Giuseppe Palladino, Salvatore Ivo Giano (Dipartimento di Scienze di Base e Applicate - DISBA, Università della Basilicata, SIGEA-APS, ProGEO)

12:00-12:20 **Quale impatto ha la morfogenesi antropica sulla geomorfodiversità in ambiente urbano?** | Alessia Pica (Università di Roma "Sapienza")

12:20-12:40 **TOURinSTONES: un'applicazione mobile per promuovere il patrimonio geologico della città di Torino (Italia nord-occidentale)** | Alessandro Borghi, Francesca Lozar (Università degli Studi di Torino)

12:40-13:00 **La Ruina dantesca e l'icnosito dei Lavini di Marco di Rovereto (Tn)** | Andrea Miniucchi¹, Michela Canali² - ¹Assessore alla pianificazione per lo sviluppo urbano sostenibile e senza barriere del Comune di Rovereto(TN); ²Sezione di Scienze della Terra, Fondazione Museo Civico di Rovereto

13:00-13:20 **Il ruolo della geodiversità e del patrimonio geologico per la valorizzazione culturale del territorio urbano: i casi di studio italiani di Torino e del Piemonte** | Marco Giardino¹, Paola Bernardelli², Alessio Salandin³, Arianna Negri¹, Elena Storta¹, Alizia Mantovani¹, Alessandro Borghi¹, Anna d'Atri¹, Daniele Drago², Paolo Falletti³, Luca Paro³, Marino Michele² - ¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli studi di Torino; ²Regione Piemonte; ³Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte - Arpa Piemonte

13:20-13:40 **La geodiversità delle città italiane attraverso la lente dell'Urban Geo-climate Footprint** | Francesco La Vigna^{1,2}, Paolo Maria Guarino^{1,2}, Mauro Bonasera¹, Gianluigi Di Paola¹, Gabriele Leoni^{1,2}, Raffaele Proietti¹, Saverio Romeo^{1,2}, Maria Paola Campolunghi¹ - ¹Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA); ²EuroGeoSurveys - Urban Geology Expert Group

13:40-14:40 **Pausa pranzo**

Durante la pausa pranzo saranno proiettati i seguenti documentari:

- Il documentario di ISPRA "Città Sotto Pressione"

- "Craco il respiro della memoria l'eredità di un borgo sospeso nel tempo" realizzato nell'ambito del progetto BEGIN (abbandono versus rigenerazione) condotto dall'Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale del CNR e Università della Basilicata

14:40-15:10 | 15:10-15:40 **Sessione poster**

15:40-16:00 **Relazioni di apertura lavori** | Simonetta Ceraudo (Presidente Ordine dei Geologi del Lazio); Eugenio Di Loreto (Società Italiana di Geologia Ambientale - SIGEA-APS)

Moderatori: Elisa Brustia e Mario Bentivenga

16:00-16:15 **Urbanità ecocentrica: valorizzazione e protezione dei contesti geologici nell'Antropocene** | Elena Alessi (Università degli Studi di Roma "Tor Vergata")

16:15-16:30 **Patrimonio geologico nell'ecosistema urbano del centro storico di Genova** | Paola Coratza¹, Francesco Faccini², Andrea Ferrando¹, Giacomo Montanari², Pietro Piana² - ¹Università di Modena e Reggio Emilia; ²Università degli Studi di Genova

16:30-16:45 **Geoturismo urbano fra città del tufo e termalismo, in Maremma Toscana** | Stefano Farinelli (Dipartimento di Scienze della Terra - DST, Università di Firenze)

16:45-17:00 **Le pietre del centro storico della città di Lucca** | Alessio Ceccarelli, Marco Lezzerini (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa)

17:00-17:15 **Il Palazzo dell'Acquedotto Pugliese: uno scrigno di pietra e marmi nel cuore della città di Bari** | Francesca Micheletti^{1,2}, Giovanna Fioretti¹, Giacomo Eramo^{1,2}, Domenico Larovere³, Elisabetta Giaquinto³, Pasquale Acquafredda^{1,2} - ¹Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"; ²Centro Interdipartimentale "Laboratorio di Ricerca per la Diagnostica dei Beni Culturali", Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"; ³Acquedotto Pugliese S.p.A. (AQPP)

17:15-17:30 **Geodiversità urbana: le cavità di origine antropica. Analisi comparativa delle reti caveali ipogee presenti nel sottosuolo del settore nord della Città Metropolitana di Napoli** | Paolo Maria Guarino¹, Daniela Ruberti² - ¹Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA); ²Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania "L. Vanvitelli", Aversa

17:30-17:45 **Tra fuoco e mare: geodiversità urbana come narrazione e cura di sé nel territorio flegreo** | Erlisiana Anzalone¹, Domenico Spinelli², Monica Carannante³, Giuseppe Cannas⁴ - ¹Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR); ²Guida vulcanologica; ³Guida turistica e operatrice culturale; ⁴Filmmaker e documentarista

17:45-18:00 **Alla scoperta della Geodiversità della città di Roma, attraverso una piattaforma digitale di itinerari geoturistici** | Beatrice Adanti, Sveva Corrado, Alessandro Cecili, Danilo Coppola, Francesca Cifelli (Dipartimento di Scienze, Sezione Geologia, Università Roma Tre)

18:00-18:30 **Conclusioni**

Informazioni: <https://sigea-aps.it/eventi/geodiversita-e-patrimonio-geologico-nelle-aree-urbane-roma-2025/>

Comitato scientifico: Mario Bentivenga (Università della Basilicata - SIGEA-APS - ProGEO), Irene Bollati (Università degli Studi di Milano - ProGEO - International Association for the conservation of geological heritage), Elisa Brustia (ISPRA - Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale), Antonello Fiore (SIGEA-APS), Laura Melelli (Università di Perugia - ProGEO)

GIORNATA DI STUDI Geodiversità e patrimonio geologico nelle aree urbane

SESSIONE POSTER

14:40 - 15:10

- 1) **Il colle del castello di Lubiana (Slovenia): compromesso tra esigenze turistiche e salvaguardia di un importante sito geopaleontologico**
Alberto Bertini - *Ricercatore indipendente*
- 2) **La geodiversità come narrazione scientifica e memoria del paesaggio: dai travertini umbri ai paesaggi flegrei**
Erlisiana Anzalone - *Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)*
- 3) **I Geositi Urbani e la Street Geology. Una occasione per incrementare la consapevolezza geologica ed ambientale nei cittadini e nei turisti**
Mario Bentivenga, Eva Pescatore, Giuseppe Palladino, Salvatore Ivo Giano
Dipartimento di Scienze di Base e Applicate (DISBA), Università della Basilicata, SIGEA-APS, ProGEO
- 4) **Cavità artificiali: un patrimonio geologico (nascosto) da conoscere e salvaguardare**
Roberto Bixio^{1,2}, Carla Galeazzi^{1,2}, Carlo Germani¹, Mario Parise^{1,2,3}
1 Commissione Nazionale Cavità Artificiali, Società Speleologica Italiana
2 Commission on Artificial Cavities, International Union of Speleology
3 Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
- 5) **Geomorfositi inediti nel Messinese: valorizzazione della geodiversità in differenti contesti di interazione uomo-ambiente**
Mauro Bonasera¹, Giuseppe La Torre², Ciro Cerrone³
1 Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)
2 Libero professionista
3 Università di Venezia "Ca' Foscari"
- 6) **L'approvvigionamento idrico della Città Metropolitana di Torino: proposta per due idrogeositi**
Annalisa Bove¹, Luciano Masciocco²
1 Geologo, Libero Professionista - SIGEA-APS
2 Università degli Studi di Torino - SIGEA-APS
- 7) **Il patrimonio geologico delle cavità tufacee del nolano (Campania, Italia) tra sfruttamento del sottosuolo e sicurezza del soprassuolo**
Caccavale Gianfranco¹, Calcaterra Domenico², Ramondini Massimo³
1 Geologo, libero professionista
2 Dipartimento di Scienze della Terra, dell'ambiente e delle risorse, Università degli Studi di Napoli "Federico II"
3 Dipartimento di Ingegneria civile, edile ed ambientale, Università degli Studi di Napoli "Federico II"
- 8) **Possibile riutilizzo di siti estrattivi dismessi in ambito urbano per la valorizzazione della geodiversità nella città di Roma**
Cristiano Di Filippo - *Geologo libero professionista*
- 9) **I marmi policromi negli altari barocchi di Puglia: capolavori litici a testimonianza della nostra storia**
Giovanna Fioretti¹, Francesca Micheletti^{1,2}, Pasquale Acquafredda^{1,2}
1 Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
2 Centro Interdipartimentale "Laboratorio di Ricerca per la Diagnostica dei Beni Culturali", Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
- 10) **Il paleocarsismo nelle colline Torricelle (Verona, Prealpi Venete)**
Guido Gonzato¹, Guido Rossi²
1 Dipartimento di Scienze Umane, Università di Verona
2. Ricercatore indipendente
- 11) **Geodiversità urbana e memoria del paesaggio: il sito di Romagnano al Monte**
Giammarco Guidetti^{1,3}, Fabio Olita^{1,3}, Davide Cerone¹, Nicola Capece², Ugo Erra², Mario Bentivenga^{1,3}, Giacomo Prosser^{1,3}
1 Dipartimento di Scienze di Base e Applicate (DISBA), Università della Basilicata
2 Dipartimento di Ingegneria (DIING), Università degli Studi della Basilicata
3 Società Italiana di Geologia Ambientale (SIGEA) - APS
- 12) **GIS 3D e monitoraggio real-time per la conservazione del geoheritage: il caso del sito archeologico di Cuma**
Silvia Ilacqua - *Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e delle Risorse (DiSTAR), Università degli Studi di Napoli "Federico II"*
- 13) **Geodiversità e sostenibilità in un'area vulcanica attiva: il caso dei Campi Flegrei**
Alberico Ines¹, Paola Petrosino²
1 Istituto di Scienze Marine (ISMAR), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
2 Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e delle Risorse (DiSTAR), Università degli Studi di Napoli "Federico II"

15:10 - 15:40

- 14) **Il geosito delle Gole del Torrente Candela nell'area periurbana di Rotondella (Basilicata)**
Maurizio Lazzari - *Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (ISPC), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)*
- 15) **Orvieto: massiccia Città di pietra**
Endro Martini¹, Giovanni Selli²
1 SIGEA APS - 2 ALTA SCUOLA
- 16) **Geodiversità, sacralità e identità dei luoghi: il caso studio della Valle d'Ansanto (Avellino) tra patrimonio geologico, mito e cultura**
Valentina Novello - *Istituto di Studi sul Mediterraneo, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISMed)*
- 17) **Geodiversità e formazione scolastica: percorsi educativi e attività di divulgazione**
Paolo Primerano, Elisa Brustia, Roberto Pompili
Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)
- 18) **Paesaggio scavato. Le cave in sottoterraneo di Cutrofiano come infrastruttura geologica e culturale**
Alessandro Reina, Angelo Ganazzoli - *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica, Politecnico di Bari*
- 19) **Conglomerati pliocenici inglobati nell'architettura storica senese: analisi sedimentologica e morfometrica mediante SfM e LiDAR del banco di Piazza San Giovanni a Siena (Italia)**
Gioele Rossi¹, Jacopo Bruttini², Fabio Gabbriellini³, Marco Giamello¹, Enrico Tavarnelli¹
1 University of Siena, Department of Physics, Earth and Environmental Sciences R.U, Conservation of Cultural Heritage and Archaeometry
2 Independent Researcher - Archaeologist
3 University of Siena, Department of History and Cultural Heritage
- 20) **Viaggio in un flusso piroclastico: l'ignimbrite Campana raccontata dalle grotte dell'agro aversano (Campania settentrionale, Italia)**
Daniela Ruberti, Maria Assunta Fabozzi, Roberto Moretti
Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli"
- 21) **Un approccio spazialmente esplicito alla resilienza urbana: il contributo dell'indicatore di geodiversità**
Ekaterina Tarasova, Federica Fiorucci, Massimiliano Alvioli
Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche
- 22) **Il Cratere del Castiglione e la città di Gabii: geodiversità, risorse litiche e potenzialità di valorizzazione nel contesto urbano del VI Municipio di Roma**
Arianna Testa¹, Fedra Gianoglio², Marco Facciolo³, Andrea Ferrando⁴, Alessia Pica⁵
1 Dipartimento SPFS, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"
2 Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università di Genova
3 Dipartimento di informatica, bioingegneria, robotica e ingegneria dei sistemi - DIBRIS - Corso di Dottorato in Sicurezza, Rischio e Vulnerabilità, Università di Genova
4 Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia
5 Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Roma "Sapienza"
- 23) **Paesaggio, geomorfologia e testimonianze storico-culturali della collina "Castello" di Gravina (Puglia)**
Pietro Ubbriaco - *SIGEA-APS*
- 24) **Le modificazioni storiche del Canale dell'Asso nell'area urbana di Nardò (Provincia di Lecce)**
Andrea Vitale¹, Giovanni De Cupertinis², Paolo Sansò³
1 Geologo, libero professionista
2 Architetto, libero professionista
3 Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento
- 25) **Georisorse e urbanizzazione: l'esempio delle fontane storiche urbane e periurbane a Matera (Basilicata)**
Venezia Vitantonio¹, Bellini Filippo¹, Parentini Silvia², Sabato Luisa¹, Tropeano Marcello¹
1 Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
2 Dipartimento per l'Innovazione Umanistica, Scientifica e Sociale, Università degli Studi della Basilicata
- 26) **Il patrimonio geo-paleontologico dell'area urbana di Cagliari**
Daniel Zoboli¹, Gian Luigi Pillola²
1 Direzione Qualità, Servizi bibliotecari e Attività museali, Museo Sardo di Geologia e Paleontologia "D. Lovisato", Università degli Studi di Cagliari
2 Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università degli Studi di Cagliari

Prefazione

La Giornata di studi si inserisce nel più ampio quadro delle celebrazioni per la Giornata Internazionale della Geodiversità UNESCO e conferma la collaborazione e l'interesse degli enti di ricerca nella promozione della cultura geologica nel nostro Paese.

Il tema scelto per la giornata di quest'anno, "One Earth, Many Stories" - "Una Terra, molte storie", è quanto mai evocativo: ci ricorda che il nostro pianeta non è solo uno spazio fisico, ma un archivio vivente di trasformazioni, fratture, adattamenti e che queste "storie" geologiche, spesso invisibili o dimenticate, continuano a modellare il nostro presente.

La geodiversità è una risorsa preziosa, ma purtroppo sottovalutata. Eppure, è fondamentale per comprendere fenomeni che hanno un impatto diretto sulla nostra sicurezza, sul nostro sviluppo e sulla qualità della vita: pensiamo al dissesto idrogeologico, agli eventi sismici e vulcanici, ai cambiamenti morfologici del territorio. Ma pensiamo anche alla disponibilità e all'utilizzo delle risorse geologiche – dai materiali da costruzione alle materie prime critiche – che sono alla base della nostra economia, dell'edilizia e dell'industria.

Oggi il legame tra geodiversità e contesto urbano è quanto mai attuale; le moderne città si sviluppano su suoli e substrati geologici spesso complessi, che condizionano la pianificazione, l'ingegneria, la sicurezza e la sostenibilità urbana. La conoscenza del patrimonio geologico nelle aree urbane non è solo una questione scientifica, ma una necessità strategica per progettare città più resilienti, più consapevoli e più integrate nel proprio territorio. In questo contesto, l'ISPRA, attraverso il Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, è da anni impegnato nella gestione dell'Inventario Nazionale dei Geositi, con l'obiettivo di tutelare e valorizzare le testimonianze geologiche più significative del nostro Paese, anche in ambito urbano. A questa attività, si affiancano progetti di educazione, formazione e divulgazione, rivolti soprattutto ai giovani e agli amministratori, affinché la cultura geologica possa diventare parte integrante delle politiche territoriali.

Celebrare oggi la Giornata della Geodiversità significa ribadire che le scienze della Terra non sono una disciplina per pochi addetti ai lavori, ma una chiave per leggere il mondo in cui viviamo e per orientare le scelte del futuro. È quindi nostro compito, come istituzioni e come comunità scientifica, dare voce a queste "storie della Terra", perché possano essere comprese, tutelate e messe al servizio della società.

Prefetto Stefano Laporta
Presidente ISPRA - SNPA

Presentazione

La crescente consapevolezza dell'importanza della geodiversità e del patrimonio geologico per la comprensione e la gestione sostenibile del territorio, ha portato negli ultimi anni a un'attenzione sempre maggiore verso queste tematiche, anche in ambito urbano. In occasione della Giornata Internazionale della Geodiversità UNESCO, istituita nel 2021, e che si celebra ogni anno il 6 ottobre, è stato promosso il Convegno "Geodiversità e patrimonio geologico nelle aree urbane", che si svolge a Roma, presso la sala convegni del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

L'iniziativa, organizzata dalla SIGEA – Società Italiana di Geologia Ambientale, in collaborazione con l'Ordine dei Geologi del Lazio, ProGEO (Gruppo di lavoro italiano) e con il patrocinio di enti e istituzioni quali ISPRA, Società Geologica Italiana, INGV, AIGeo, Consiglio Nazionale dei Geologi, CNR e Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, si propone di stimolare il confronto scientifico e tecnico sul ruolo della geodiversità nelle aree urbane e sul valore del patrimonio geologico quale risorsa culturale, educativa e ambientale.

Il convegno rappresenta un'importante occasione di incontro e confronto tra studiosi, professionisti, enti di ricerca, amministratori e cittadini, con l'obiettivo di valorizzare e promuovere la conoscenza della geodiversità in contesti urbani, dove l'equilibrio tra geoconservazione e interventi antropici è talvolta assai delicato. La presenza del patrimonio geologico può però diventare l'occasione per conoscere e far conoscere il territorio nel "profondo", le dinamiche che hanno portato alla sua formazione e che hanno governato le scelte insediative, considerandone anche la dinamicità in termini di eventi che lo caratterizzano.

Le esperienze presentate affrontano temi legati alla conservazione del patrimonio geologico, alla pianificazione urbana sostenibile, all'educazione ambientale, alla divulgazione scientifica e al geoturismo.

Il presente volume raccoglie i riassunti dei contributi raccolti dal Comitato Scientifico, offrendo una panoramica delle ricerche, dei progetti e delle buone pratiche in atto sul territorio nazionale. La varietà dei contributi riflette l'interesse multidisciplinare verso la geodiversità urbana e l'esigenza di integrare queste conoscenze nei processi decisionali e nella cultura collettiva.

Il Comitato Scientifico desidera ringraziare tutti i partecipanti, i relatori, gli enti promotori e patrocinanti per il loro contributo alla riuscita dell'iniziativa, auspicando che il convegno e questa pubblicazione possano rappresentare un ulteriore passo verso una maggiore valorizzazione del patrimonio geologico e della geodiversità nelle nostre città.

Mario Bentivenga, Irene Bollati, Elisa Brustia, Antonello Fiore, Laura Meelli
Comitato scientifico della Giornata di studi del 6 ottobre 2025



RELAZIONI

SIGEA

INSIEME PER PROMUOVERE LA CULTURA GEOLOGICA E LA TUTELA DELL'AMBIENTE

RICORDA DI
RINNOVARE
L'ISCRIZIONE
PER IL 2026



ALLA SIGEA - APS



www.sigea-aps.it

Sostieni la SOCIETÀ ITALIANA DI GEOLOGIA AMBIENTALE - APS

Iscriviti o rinnova la tua adesione. Per aderire alla SIGEA - APS è sufficiente compilare la scheda di iscrizione, scaricabile dal sito web www.sigea-aps.it e versare la quota associativa, pari ad un importo di euro 30.00, a mezzo bonifico bancario Banco Posta, IBAN: IT 87 N 07601 03200000086235009, intestato a Società Italiana di Geologia Ambientale

L'Inventario Nazionale dei Geositi come strumento di sensibilizzazione e di divulgazione del patrimonio geologico urbano nelle scuole

Elisa Brustia, Roberto Pompili,
Paolo Primerano
ISPRA, Dipartimento per il Servizio
Geologico d'Italia
E-mail: elisa.brustia@isprambiente.it

The National Inventory of Geosites as a tool for raising awareness and disseminating urban geological heritage in schools

Parole chiave: Geositi, patrimonio geologico, formazione, divulgazione
Key words: Geosites, geological heritage, education, scientific dissemination

RIASSUNTO

L'Inventario Nazionale dei Geositi (ING) (Fig. 1), sviluppato dal Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), visualizzabile al link <https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/sites/#/inventario-nazionale-geositi-1> rappresenta uno strumento fondamentale per la valorizzazione e tutela del patrimonio geologico nazionale.

L'ING è un database georiferito che contiene le informazioni relative a circa 3.000 geositi distribuiti sul territorio italiano. Le segnalazioni provengono principalmente dalla collaborazione tra

ISPRA e i Servizi geologici Regionali in ambito RISG (Rete Italiana dei Servizi Geologici) ma è anche possibile ricevere segnalazioni da università, enti locali o comunque enti attivi sul territorio, professionisti e liberi cittadini, attraverso la finestra d'inserimento, presente nella pagina web dedicata all'ING.

La sua applicazione non si limita all'ambito scientifico e/o amministrativo, ma si estende anche alla didattica e alla divulgazione, in particolare nella formazione delle giovani generazioni. In questo contesto, conoscere e riconoscere i luoghi di un certo valore ge-

ologico nell'ambito della propria città significa promuovere la conoscenza del territorio, permettendo di comprendere quali sono le caratteristiche geologiche e le dinamiche naturali che lo hanno modellato nel tempo e che continuano inevitabilmente ad agire su di esso.

Durante l'anno scolastico 2023–2024 è stato svolto un Percorso per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento (PCTO) con due scuole superiori di Roma, finalizzato a coinvolgere gli studenti in un progetto di conoscenza della geodiversità urbana. Partendo dall'analisi dell'Inventario Nazionale dei Geositi, gli studenti hanno realizzato un inventario semplificato georeferenziato di alcuni geositi presenti nel contesto cittadino, rendendo tangibile il legame tra geologia e vita quotidiana.

Il progetto si è articolato in tre fasi:

1. *Formazione di base*: nelle prime lezioni in aula, gli studenti hanno appreso i fondamenti della cartografia, dell'orientamento e della georeferenziazione, utilizzando strumenti digitali *open access* come QGIS e Google Earth per la corretta localizzazione e l'analisi dei siti di interesse geologico.
2. *Inquadramento geologico*: le lezioni frontali hanno fornito un'introduzione alla geologia di Roma, illustrando le principali formazioni geologiche presenti nel territorio, i principali eventi vulcanici che hanno interessato l'area romana nell'ultimo milione di anni, i processi erosivi e sedimentari operati dalle acque superficiali e l'influenza del substrato geologico sul successivo sviluppo urbano.
3. *Uscite sul territorio*: sono state organizzate due escursioni didattiche

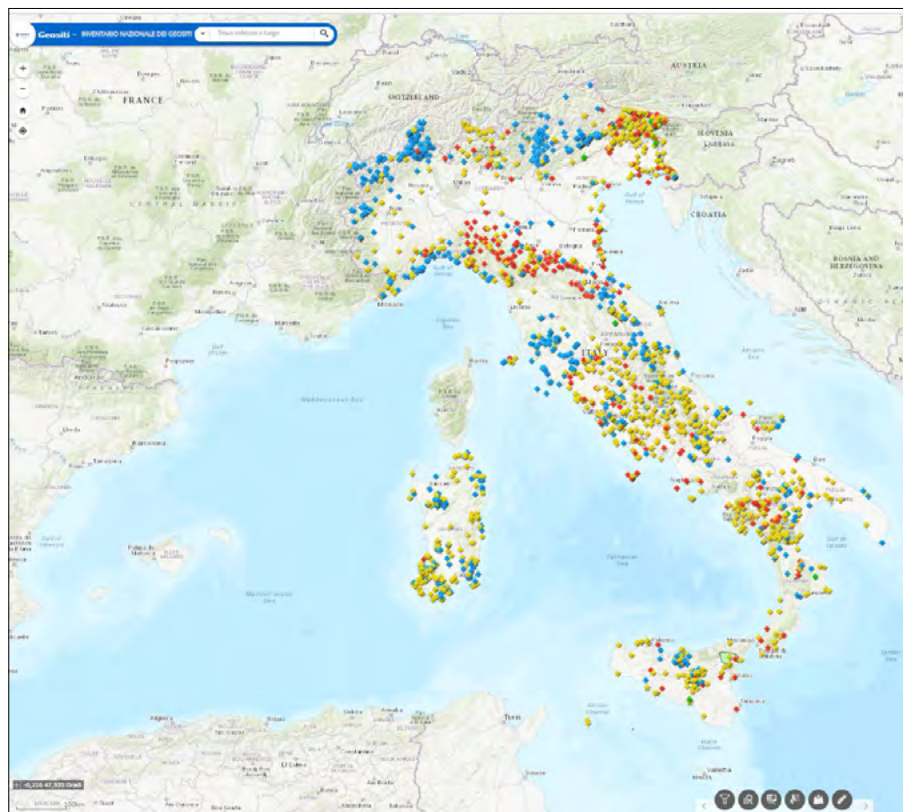


Figura 1. Mappa interattiva dei geositi italiani (<https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/sites/#/inventario-nazionale-geositi-1>).

“Alla scoperta della geodiversità romana” durante le quali gli studenti hanno osservato e descritto direttamente alcuni geositi urbani (Fig. 2).

La prima uscita didattica ha interessato un settore della campagna romana particolarmente significativo per la ricchezza di testimonianze legate all'evoluzione sia geologica che storico-antropica del territorio. Il percorso ha avuto inizio con l'osservazione diretta dei prodotti piroclastici originati dalle grandi eruzioni vulcaniche del Pliocene, per poi proseguire con l'analisi dell'intervento umano successivo, testimoniato da numerose strutture tutt'ora accessibili. Tra queste si annoverano cave in galleria utilizzate per l'estrazione della pozzolana, cave di leucitite, ambienti ipogei riadattati a fungaie e rifugi temporanei per i pastori.

Una seconda escursione ha interessato il centro storico della città, dove sono stati individuati e analizzati siti di rilevanza per la comprensione dei processi geologici che ne hanno condizionato lo sviluppo urbano. A partire da una sorgente tuttora attiva, ubicata negli ambienti sotterranei della Basilica di San Clemente, si è potuto osservare come la città si sia stratificata nel tempo, sovrapponendo edifici, infrastrutture e funzioni in una complessa successione verticale. L'itinerario è proseguito con riflessioni relative alla risposta sismica differenziata dei vari litotipi presenti, evidenziando in che modo la morfologia del sito e le caratteristiche geotecniche dei materiali abbiano influito sull'evoluzione urbanistica. La visita si è infine conclusa in alcune basiliche e

chiese, dove è stato possibile osservare l'impiego di pietre ornamentali provenienti da diverse regioni del bacino mediterraneo, testimonianza tangibile dei traffici e della vasta rete commerciale dell'Impero Romano.

Questi rilievi hanno permesso di integrare conoscenze teoriche e osservazioni sul campo, favorendo un approccio partecipativo alla costruzione del sapere.

I geositi individuati sono stati progressivamente inseriti sulla piattaforma georiferita (Google Earth) sono stati descritti e arricchiti con foto e immagini di dettaglio (Fig. 3).

Il progetto ha avuto l'obiettivo di avvicinare i giovani al concetto di “tempo profondo”, aiutandoli a comprendere l'evoluzione geologica del territorio in cui vivono. Attraverso l'osservazione di affioramenti, materiali da costruzione naturali e forme del paesaggio urbano è stato possibile ricostruire la storia geologica e rendere evidente come l'ambiente umano sia sempre stato influenzato e strettamente connesso a eventi e processi naturali che hanno caratterizzato i tempi geologici.

L'esperienza ha mostrato come l'Inventario Nazionale dei Geositi possa diventare uno strumento educativo costruttivo ed efficace, capace di stimolare l'interesse degli studenti e di contribuire alla formazione di una coscienza ambientale e territoriale.

Valorizzare la geodiversità urbana significa, infatti, promuovere una lettura consapevole dell'ambiente che vediamo ogni giorno e favorire comportamenti responsabili nella gestione e tutela dell'ambiente.



Figura 2. Una tappa dell'escursione svolta presso il centro di Roma

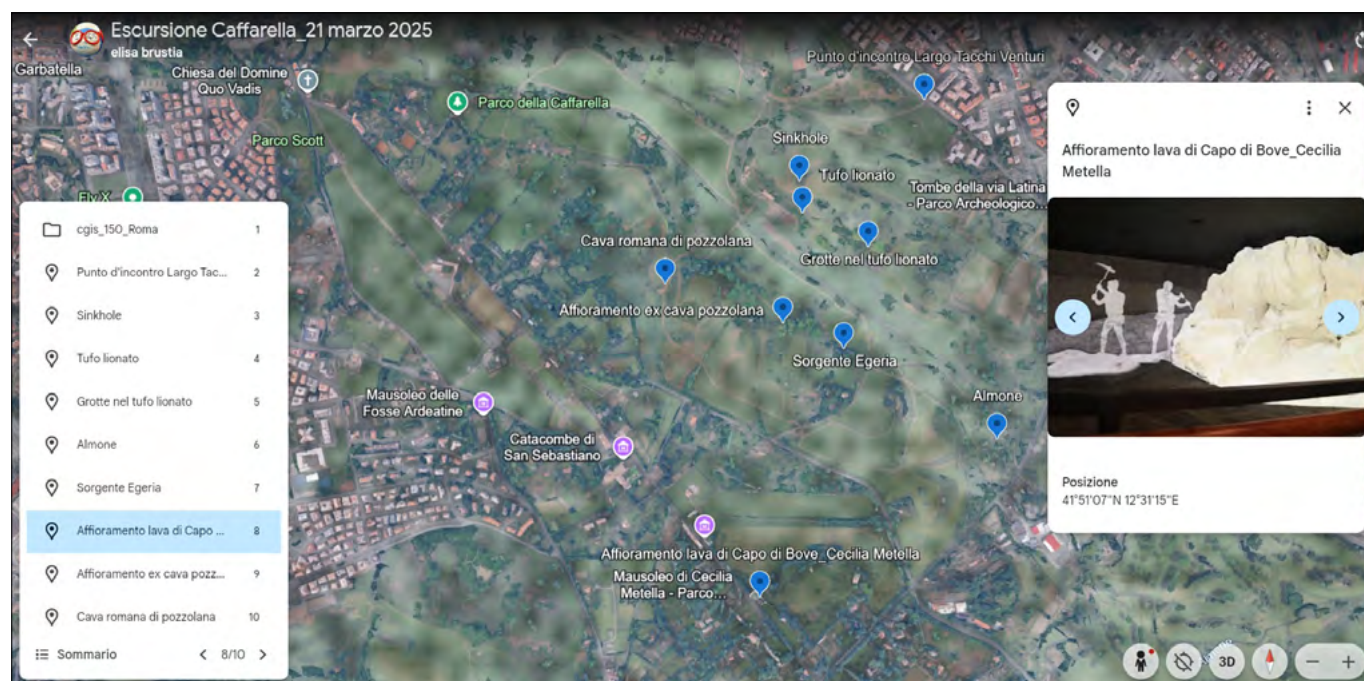


Figura 3. Database semplificato di alcuni geositi romani elaborato su Google Earth

La Geodiversità come Memoria della Terra

Irene M. Bollati
Dipartimento di Scienze della Terra
"Ardito Desio"
Università degli Studi di Milano
E-mail: irene.bollati@unimi.it

Geodiversity as the Memory of the Earth

Parole chiave: Geodiversità, Patrimonio geologico, Geoconservazione, Sustainable Development Goals, International Geodiversity Day

Key words: Geodiversity, Geoheritage, Geoconservation, Sustainable Development Goals, International Geodiversity Day

RIASSUNTO

La ricerca scientifica nel tempo, già a partire dall'antichità, ha permesso di identificare le caratteristiche ed i vari stadi evolutivi del Pianeta: una storia lunga ben 4.567 miliardi di anni. Le fasi in cui si articola questa lunga storia includono la genesi di antiche e più recenti catene montuose, l'apertura e la chiusura di antichi oceani, episodi di vulcanesimo concentrati anche in specifici periodi, e la più superficiale azione degli agenti esogeni come l'acqua nei diversi stati, il vento e l'azione degli organismi viventi sulle componenti abiotiche. Con l'avvento della teoria della tettonica a placche, è stato poi possibile definire più chiaramente la dinamica che caratterizza la Terra. Questo ha anche permesso di dare una spiegazione alla distribuzione spaziale sul nostro Pianeta di alcuni fenomeni naturali, come l'eruzione dei vulcani e il verificarsi dei terremoti etc.,

che appaiono evidentemente concentrati in aree specifiche.

L'archivio dal quale si traggono le informazioni per ricostruire tutte queste fasi evolutive del Pianeta sono le rocce, non solo quelle che affiorano in superficie, ma anche quelle che pur essendosi formate in profondità sono ad oggi analizzabili grazie ai sondaggi, o al sollevamento tettonico che ha operato in milioni di anni, portando alla luce rocce originatesi a pressioni e temperature molto diverse.

La distribuzione dei diversi tipi di rocce (geodiversità litologica) non è quindi casuale, né nello spazio, né nel tempo. La International Chronostratigraphic Chart, pubblicata e aggiornata ogni anno dalla *International Commission on Stratigraphy*, coi suoi colori, rispecchia proprio la continua dinamicità del record geologico. Alcuni affioramenti rocciosi, selezionati su base

scientifica, e che meglio definiscono il passaggio tra due piani del tempo geologico, sono identificabili sul terreno dai chiodi “d’oro” e denominati “Global Stratotype Sections and Points” (GSSP) (Fig. 1) e possono essere presi a esempio come tipici geositi.

Esistono infatti località di alto valore scientifico, sul Pianeta Terra, che hanno particolarmente permesso ai geologi di ricostruire con un massimo dettaglio la Storia della Terra, come i GSSP, ma anche zone dove affiorano le porzioni più profonde della crosta inferiore, portate in superficie durante eventi orogenetici, o ancora zone dove si osserva una particolare varietà di aspetti geomorfologici legati alla dinamica più superficiale del Pianeta Terra (geomorfodiversità). È soprattutto su questi ultimi aspetti che l'attività dell'Uomo ha un'influenza particolare e riesce a "dialogare" e talora "interferire" con i processi naturali che

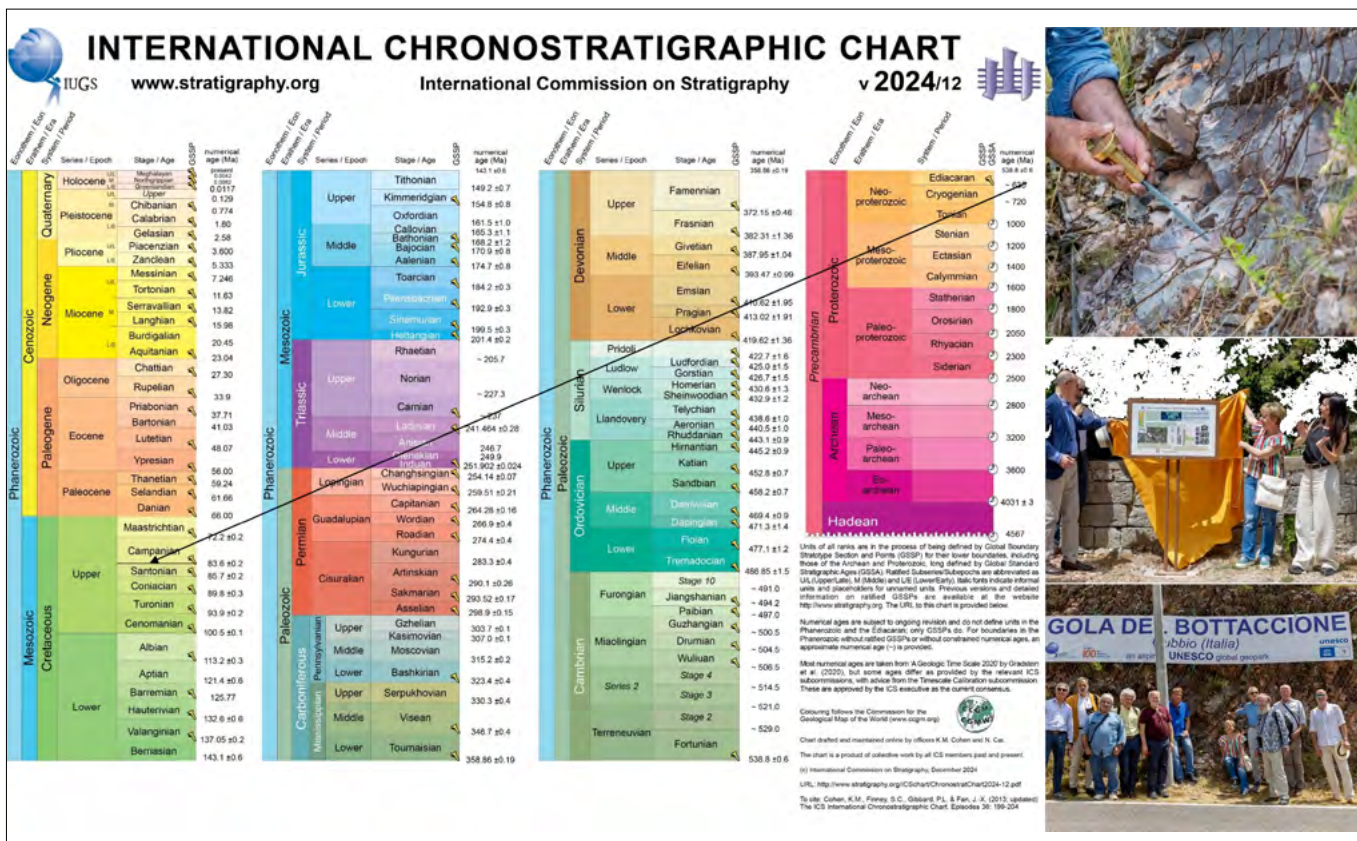


Figura 1. Scala del tempo e chiodo d'oro posizionato alla Gola del Bottaccione, Gubbio, il 26 luglio 2023. Il GSSP segna la base del Campaniano come ratificato dalla IUGS nell'ottobre 2022 (<https://cretaceous.stratigraphy.org/news/campanian-ceremony>)

caratterizzano la dinamica del nostro Pianeta. L'Uomo, infatti, può essere considerato un vero e proprio agente morfogenetico e il periodo in cui viviamo viene anche definito da alcuni autori "Antropocene" (Lewis e Maslin, 2015)

ALCUNI CONCETTI: GEODIVERSITÀ E GEOSITI

Si è accennato in precedenza a termini come geodiversità litologica e geomorfodiversità, ma è solo negli anni '90 del secolo scorso che ha iniziato ad essere riconosciuto e diffuso il concetto generale di geodiversità, definita come *"il range (diversità) dei caratteri geologici (rocce, minerali, fossili), geomorfologici (forme, processi), idrologici e pedologici presenti in una data area; comprende i raggruppamenti e i sistemi costituiti dai caratteri considerati, nonché le loro relazioni e la loro interpretazione."*

Tale definizione, proposta da Murray Gray nel 2004, è ancora la più comunemente usata. Il termine è messo automaticamente in relazione al termine ben più famoso *biodiversità* (Fig. 2), per la quale numerose leggi nazionali ed europee garantiscono una certa tutela. Purtroppo per la geodiversità la realtà è ben diversa e a livello legislativo, in Italia ma anche in molte altre nazioni, solo localmente la sua protezione è sistematicamente garantita.

Nonostante questo, l'interesse della comunità scientifica è sempre in au-

mento, a partire in particolare dal 1991, quando, con la Dichiarazione Internazionale dei diritti della Memoria della Terra dell'UNESCO, promulgata a Digione, in Francia, si è ufficialmente dato l'impulso a una serie di attività di ricerca e divulgazione sulla base di alcuni principi fondamentali: la Terra è unica; la Terra supporta la vita; la sua lunga evoluzione ha permesso di arrivare allo stadio evolutivo attuale del genere umano e degli esseri viventi in generale; come un albero che racchiude negli anelli di accrescimento la propria storia, così la Terra trova la sua storia racchiusa nelle pieghe delle rocce; il suo passato è importante tanto quanto quello del genere umano invitando quindi il genere umano a prendersene cura.

Secondo il modello proposto da Brilha (2016), esistono siti che raccontano la geodiversità del Pianeta Terra, i siti della geodiversità (Fig. 2). Sono caratterizzati da valore scientifico ma anche estetico, culturale, socio economico. Sono siti legati alla storia del genere umano, dove le varie condizioni morfologiche e geologiche hanno profondamente influenzato l'ubicazione degli insediamenti per ragioni che possono essere strettamente alla tipologia di superfici o all'approvvigionamento di risorse. Quando questi siti sono riconosciuti avere anche un elevato e unico valore scientifico, e tra questo ricordiamo per esempio i GSSP, allora i siti di geodi-

versità diventano qualcosa di ancora più prezioso: i geositi. Tale termine, coniato da William Wimbledon alla fine degli anni '80 del secolo scorso, per indicare una *"località, area o territorio in cui è possibile individuare un interesse geologico o geomorfologico per la conservazione"*, sono più rare, se non uniche, testimonianze della storia del Pianeta Terra.

Nel corso degli anni sono nate diverse iniziative a scala locale, regionale e nazionale volte al censimento dei geositi nelle varie regioni della Terra, a scopo di pianificazione territoriale e di divulgazione. Per quanto riguarda il territorio italiano, per esempio, è l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) l'ente responsabile per la catalogazione, coordinando un Tavolo tecnico tra le diverse Regioni italiane che contribuiscono con i propri record al popolamento del database (LINK). Tale inventario ha lo scopo di raccogliere una selezione di siti che meglio rappresentano la storia geologica del "Bel Paese" ed è uno specchio della sua elevata geodiversità (Marchetti & Soldati, 2017).

Alcuni di essi, sono stati riconosciuti rilevanti a scala globale e selezionati a loro volta per essere inseriti nell'ultimo nato database dei siti del patrimonio geologico, creato dalla IUGS (International Union of Geological Science). Anche questo WebGIS (<https://iugs-geoheritage.org/>), in corso di popolamento, raccoglie siti come questi italiani, nei diversi paesi, grazie al contributo dei vari esperti del settore e contiene solo quei siti che a scala planetaria risultano unici e altamente informativi.

IL RUOLO DELL'UOMO NELLA GESTIONE DEL PATRIMONIO GEOLOGICO: TRA TUTELA E VALORIZZAZIONE

Riconosciuto il valore patrimoniale di un geosito è necessario adottare delle politiche di gestione che devono variare in funzione delle caratteristiche dei siti stessi. Questo risulta particolarmente fondamentale nell'epoca definita "Antropocene" (Lewis e Maslin, 2015). In un contesto di impatti naturali e antropici, se un sito ha un alto valore scientifico ed è raro e degradabile, è da prediligere una politica di conservazione. Nel caso di siti con un valore scientifico riconosciuto, ma che non incorrono in rischio di degrado e che anzi sono particolarmente didattici e fruibili in sicurezza, è possibile però attuare forme di valorizzazione, sempre con pratiche

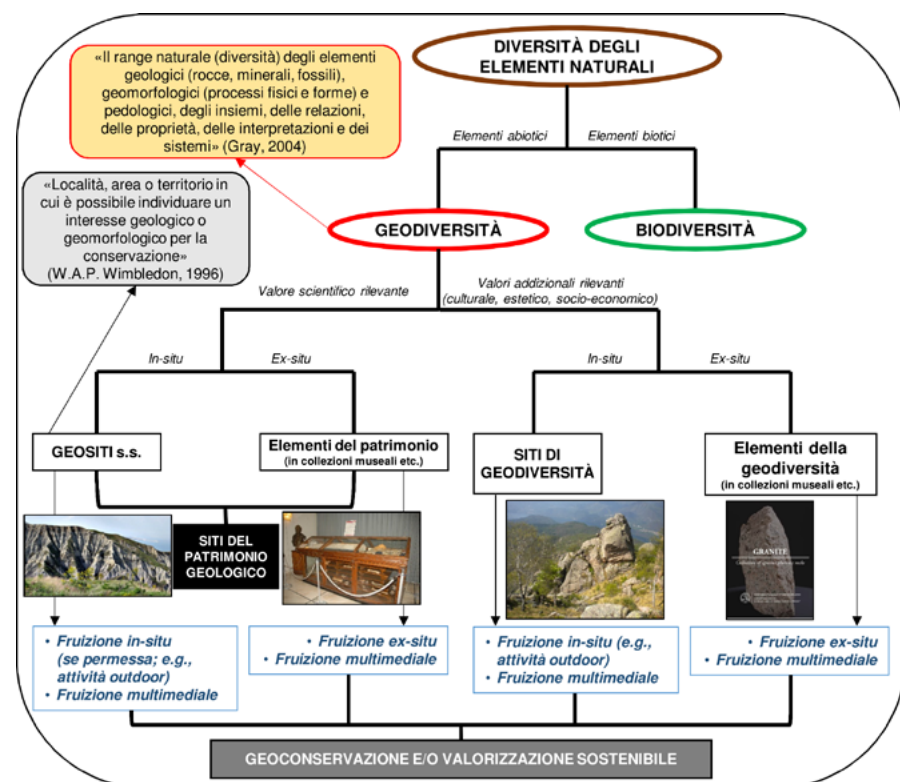


Figura 2. Schema concettuale di distinzione tra siti di geodiversità e geositi s.s. modificato da Bollati et al., 2025 (<https://www.geologicamente.it/files/download/numeri/geologicamente16.pdf>) su modello di Brilha (2016)

sostenibili. Un giusto bilanciamento fra queste due necessità può garantire quindi la corretta gestione di questo patrimonio naturale. Infatti, nonostante la convinzione che gli elementi geologici e geomorfologici del pianeta Terra non siano mutabili, molti di essi sono sotto la costante minaccia di agenti naturali e antropici. Nel primo caso, l'evoluzione del pianeta può avvenire sia in relazione ad agenti geologici il cui motore risiede nelle profondità della Terra (es. eruzioni vulcaniche, terremoti), sia in relazione ad agenti geomorfologici (es. acqua, vento, degradazione e alterazione), che agiscono più superficialmente e che potranno inasprirsi anche in relazione al cambiamento climatico (Fig. 3a). Specialmente in relazione ai processi superficiali, ma non solo, da attenzionare sono i casi in cui lo smantellamento dei geositi può avvenire anche in un tempo relativamente breve, se non istantaneo. Altrettanto significativa è la minaccia da parte dell'Uomo, che per costruire e realizzare nuove infrastrutture sul terri-

torio, o per puro vandalismo (Fig. 3b) e quindi ignoranza, può minacciare queste importanti risorse naturali, cancellando in poco tempo milioni di anni di storia naturale.

Nel panorama italiano, ma questo vale per molte altre nazioni, non esiste una legge sulla geoconservazione che tuteli a livello nazionale tali risorse. Esistono però iniziative regionali volte alla tutela della geodiversità come "Memoria della Terra". Sicuramente la maggior protezione è garantita ai geositi che ricadono in aree protette come i Parchi naturali o i Parchi nazionali, nati però prevalentemente per la tutela della natura vivente. Se i geositi ricadono invece in zone esterne alle aree protette, o in tessuti profondamente urbanizzati, il rischio di degrado può diventare serio. Tra le strategie per favorire pratiche di geoconservazione che partano dal pubblico generico, c'è l'intenzione di far crescere la consapevolezza nel grande pubblico, fin dall'età scolare, circa il valore di queste risorse.

Questo può avvenire grazie a iniziative di valorizzazione sostenibile, come il caso virtuoso dei Geoparchi della rete globale UNESCO, che beneficia di un vero e proprio programma dedicato, l'"International Geoscience and Geoparks programme" (IGGP - <https://www.unesco.org/en/igpp>). Sul territorio italiano, al 2025, sono 12 i geoparchi che fanno parte della rete europea e globale dei geoparchi UNESCO: Madonie, Rocca di Cerere, Beigua, Adamello – Brenta, Cilento- Vallo di Diano e Alburni, Parco minerario toscano, Alpi Apuane, Sesia – Val Grande, Pollino, Aspromonte, Majella, e Alta Murgia. La sfida del futuro potrebbe essere identificare in maniera specifica il ruolo dei territori altamente urbanizzati inclusi nei geoparchi e i criteri da adottare per la geoconservazione in ambito urbano (Fig. 3c).

Questo processo può essere incardinato nel sistema dei 17 Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile della Agenda 2030 delle Nazioni Unite, di cui i geoparchi sono riconosciuti essere vettori. Tra que-

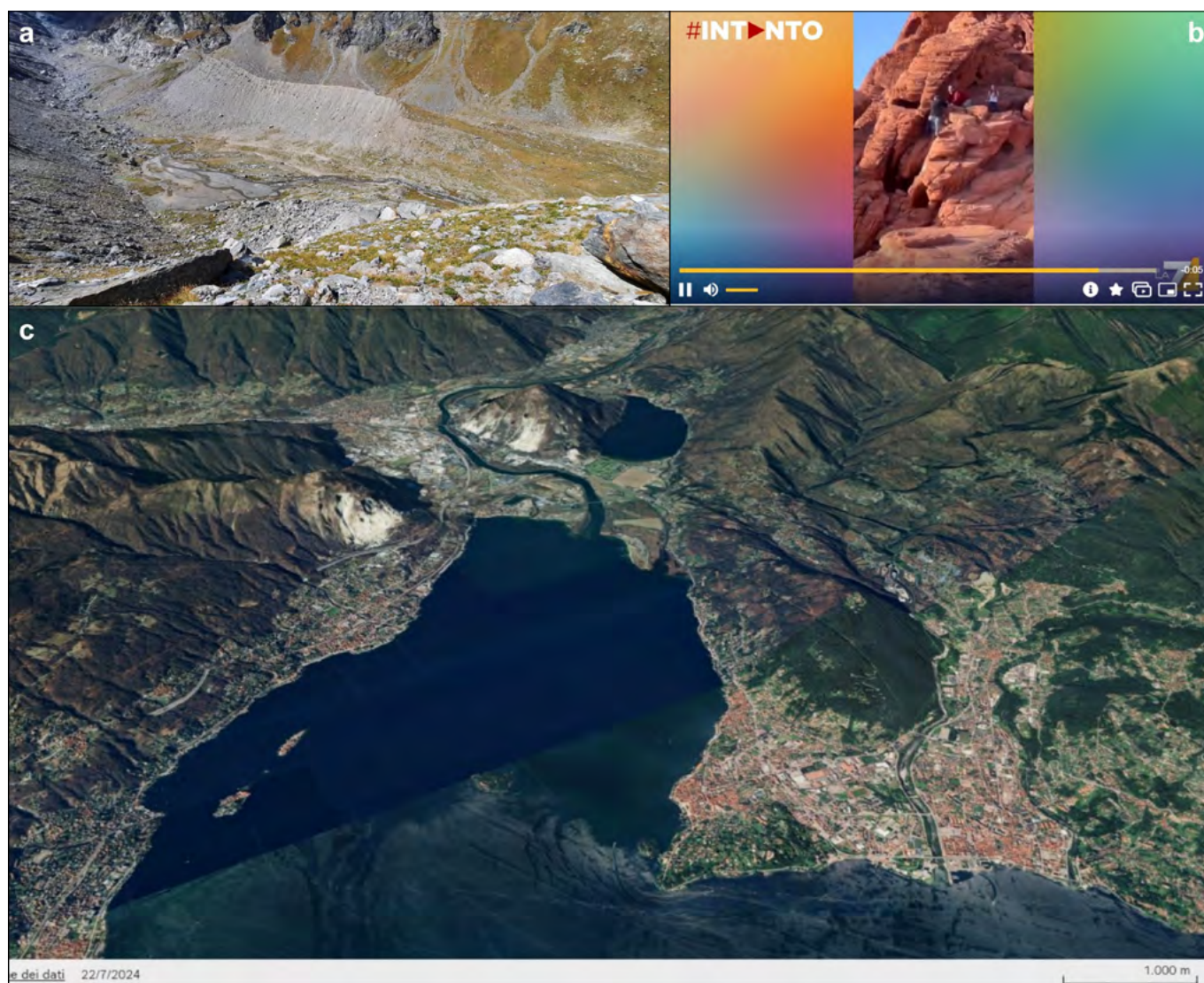


Figura 3. Il delicato equilibrio che interessa il patrimonio geologico. a) Processi di degradazione superficiale dei depositi glaciali recentemente esposti agli agenti meteorici, in un ambiente di recente deglaciazione, che evolve molto rapidamente (morene della Piccola Età Glaciale nel Parco Naturale Veglia Devero); b) Atti di vandalismo ai danni delle Red Sandstone Dunes negli Stati Uniti d'America; c) Esempio di tessuto urbano con centri abitati e cave nel Geoparco Globale UNESCO Sesia Val Grande



Figura 4. Geoconservazione e sviluppo sostenibile. In alto i 17 Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite con circondati in neretto gli obiettivi che si relazionano più significativamente con la presenza di tessuti urbani; in basso il logo dell'International Geodiversity Day con il tema 2025: One Earth, many stories

sti obiettivi si citano: l'opportunità di offrire un'istruzione di qualità attraverso programmi specifici dedicati alle scuole in ambito urbano (ob. 4); la creazione di città e comunità sostenibili (ob. 11); un consumo e una produzione responsabile in ambiente urbano (ob. 12); la lotta al cambiamento climatico e il ruolo delle isole urbane (ob. 13); la preservazione della vita sulla Terra grazie al binomio inscindibile tra biodiversità e geodiversità anche in ambito urbano, (ob. 15).

In un'occasione come l'*International Geodiversity Day*, supportato dal 2021 dall'UNESCO, e celebrato come oggi ogni 6 ottobre (<https://www.geodiversityday.org/>), molti sono gli eventi organizzati in tutto il mondo per promuovere attività di conoscenza, valorizzazione e conservazione delle risorse geologiche. Perché quindi non dedicarne sempre di più specifici sul ruolo dell'ambiente urbano?

BIBLIOGRAFIA

- BOLLATI I M., MASSEROLI A., FAZIO E., VIANI C., RODA M., PELFINI M., TRONTI G., APUANI T., ZUCALI M. (2025), *La digitalizzazione del patrimonio geologico e geomorfologico: esempi italiani dal progetto UNESCO IGCP 714*. Geologicamente, 16, 30-39 (<https://www.geologicamente.it/files/download/numeri/geologicamente16.pdf>)
- BRILHA J. (2016), *Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review*. Geoheritage, 8(2), 119-134. (<https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>)
- GRAY M. (2013), *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.
- LEWIS, S. L., & MASLIN, M. A. (2015), *Defining the Anthropocene*. Nature, 519 (7542), 171-180.
- SOLDATI M., MARCHETTI M. (Eds.). (2017), *Landscapes and landforms of Italy*. Springer.

La stima della geodiversità in città per la gestione delle aree verdi e la tutela della biodiversità

The estimation of geodiversity in the city for the management of green areas and the protection of biodiversity

Laura Melelli^{1*}, Martina Burnelli²,
Massimiliano Alvioli², Alessia Pica³,
Francesca Vergari³, Michele Delchiaro³,
Francesca Reame³, Fabio Silvani¹,
Maurizio Del Monte³

¹Dipartimento di Fisica e Geologia,
Università di Perugia

²Istituto di Ricerca per la Protezione
Idrogeologica, Consiglio Nazionale delle
Ricerche, Perugia

³Dipartimento di Scienze della Terra,
Sapienza Università di Roma

*E-mail: laura.melelli@unipg.it

Parole chiave: geomorfodiversità, geomorfologia urbana, biodiversità, cartografia geomorfologica

Key words: geomorphodiversity, urban geomorphology, biodiversity, geomorphological mapping

RIASSUNTO

La valutazione quantitativa della geodiversità rappresenta uno degli approcci più promettenti nel contesto delle analisi territoriali. Nella maggior parte dei casi, essa si traduce nella produzione di indici quantitativi in formato raster, derivati da metodologie statistiche e probabilistiche (Melelli *et al.*, 2017; Zwoliński *et al.*, 2011; Burnelli *et al.*, 2023). Il formato matriciale consente l'integrazione con altri dati territoriali e l'utilizzo di algoritmi e strumenti di analisi spaziale all'interno di ambienti GIS, oltre che, più recentemente, mediante tecniche di machine learning e intelligenza artificiale (Petrelli, 2021). Questo metodo, che non smentisce ma anzi integra gli approcci qualitativi, necessita comunque di un'attenta analisi critica dei risultati sulla base delle conoscenze esperte, ma ha l'indubbio vantaggio di fornire una procedura standardizzata, riproducibile e scalabile spazialmente e temporalmente.

La stima della geomorfodiversità in area urbana è funzionale ai servizi ecosistemici e geosistemici (Frisk *et al.*, 2022; Chen *et al.*, 2024) e alla sostenibilità delle città (van Ree *et al.*, 2024) uno degli obiettivi dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile stilata dalle Nazioni Unite (obiettivo 11 "Città e comunità sostenibili"; UN, 2015). In considerazione della crescita esponenziale del grado di urbanizzazione globale, in particolare in Asia e Africa (Wang and Kintrea, 2001; Huang and Xu, 2022) il tema della sostenibilità ambientale nelle città è di notevole interesse. Le aree urbane europee, d'altra parte, sono accomunate da un inurbamento iniziale in epoca storica e da intense modifiche della morfologia originaria succedutesi a più riprese nei secoli. Inoltre, almeno

per le città sviluppatesi nel bacino mediterraneo, esiste una grande ricchezza di informazioni (storiche, archeologiche, artistiche e tecniche) che forniscono i dati di input per una modellistica di dettaglio e con possibilità di indagarne gli aspetti evolutivi multitemporali e multiscalarari. Per questo motivo i casi studio del "Vecchio Continente" sono validi esempi per mettere a punto metodologie di studio e parametrizzazione dei fattori abiotici in area urbana.

In aggiunta, lo studio della geodiversità e della geomorfodiversità è correlabile positivamente alla biodiversità (Tukiainen *et al.*, 2023) per la cui salvaguardia nelle città, le aree verdi urbane e periurbane rivestono un ruolo fondamentale (Lepczyk *et al.*, 2017). Le zone verdi sono infatti luoghi chiave per la sostenibilità ambientale (abbattimento delle isole di calore e dell'inquinamento acustico, miglioramento della qualità dell'aria e dell'acqua) e per la diminuzione della vulnerabilità in risposta a fenomeni di pericolosità naturale (come frane e alluvioni) in numero e intensità crescente come conseguenza dei mutamenti climatici in atto. La geodiversità può diventare un parametro guida per l'individuazione di potenziali aree verdi, per definirne l'estensione ottimale e la corretta connessione delle "green networks".

Il presente contributo intende fare il punto sulla definizione e valutazione della geomorfodiversità in area urbana, su come modellizzare l'intensità e il tipo di antropizzazione (Alvioli, 2020; Burnelli *et al.*, 2025a, 2025b) e sulla relazione con la varietà e la ricchezza della componente biotica non – antropica.

The quantitative assessment of geodiversity represents one of the most promising approaches in the context of spatial analyses. In most cases, it results in the production of quantitative indices in raster format, derived from statistical and probabilistic methodologies (Melelli *et al.*, 2017; Zwoliński *et al.*, 2011; Burnelli *et al.*, 2023). The matrix format allows integration with other spatial data and the use of algorithms and spatial analysis tools within GIS environments, as well as, more recently, through machine learning and artificial intelligence techniques (Petrelli, 2021). This method, which does not contradict but rather complements qualitative approaches, nevertheless requires a careful critical analysis of the results on the basis of expert knowledge, but has the undoubted advantage of providing a standardised, reproducible and spatially and temporally scalable procedure.

The estimation of geomorphodiversity in urban areas is instrumental to ecosystem and geosystem services (Frisk *et al.*, 2022; Chen *et al.*, 2024) and the sustainability of cities (van Ree *et al.*, 2024) one of the goals of the 2030 Agenda for Sustainable Development drafted by the United Nations (Goal 11 'Sustainable Cities and Communities'; UN, 2015). In view of the exponential growth of global urbanisation, particularly in Asia and Africa (Wang and Kintrea, 2001; Huang and Xu, 2022), the topic of environmental sustainability in cities is of considerable interest. European urban areas, on the other hand, have in common an initial urbanisation in historical times and intense modifications of the original morphology over the centuries. Moreover, at least for cities that developed in the Mediterranean basin, there is a great wealth of

information (historical, archaeological, artistic and technical) that provides the input data for detailed modelling and the possibility of investigating their multi-temporal and multi-scalar evolutionary aspects. For this reason, the case studies of the “Old Continent” are valid examples to develop methodologies for the study and parameterisation of abiotic factors in urban areas.

In addition, the study of geodiversity and geomorphodiversity is positively correlated with biodiversity (Tukiainen *et al.*, 2023), for the preservation of which in cities, urban and peri-urban green areas play a key role (Lepczyk *et al.*, 2017). Indeed, green areas are key places for environmental sustainability (reducing heat islands and noise pollution, improving air and water quality) and for decreasing vulnerability in response to natural hazard phenomena (such as landslides and floods) that are increasing in number and intensity as a consequence of ongoing climate change. Geomorphodiversity can become a guiding parameter for the identification of potential green areas, for defining their optimal extension and the correct connection of “green networks”.

This contribution aims to take stock of the definition and assessment of geomorphodiversity in urban areas, how to model the intensity and type of anthropization (Alvioli, 2020; Burnelli *et al.*, 2025a, 2025b) and the relationship with the variety and richness of the non-anthropogenic biotic component.

BIBLIOGRAFIA

- ALVIOLI M. (2020), *Administrative boundaries and urban areas in Italy: A perspective from scaling laws*. *Geomorphology*, 204, 103906. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103906>
- BURNELLI M., MELELLI L., ALVIOLI M. (2025a), *Geomorphodiversity and anthropization indices for Italian urban areas*. *Geomorphology*, 471, 109532. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109532>
- BURNELLI M., MELELLI L., ALVIOLI M. (2023), *Land surface diversity: a geomorphodiversity index of Italy*. *Earth Surf. Process. Landf.* <https://doi.org/10.1002/esp.5679>.
- BURNELLI M., PICA A., DEL MONTE M., DELCHIAO M., MELELLI L., REAME F., VERGARI F., ALVIOLI M. (2025b). *Does anthropogenic morphogenesis contribute to geomorphodiversity in urban environments?*. *Geomorphology*, 471, 109582. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109582>
- BRANDOLINI P., CAPPADONIA C., LUBERTI G. M., DONADIO C., STAMATOPOULOS L., DI MAGGIO C., ... & DEL MONTE M. (2020), *Geomorphology of the Anthropocene in Mediterranean urban areas*. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 44(4), 461-494. <https://doi.org/10.1177/0309133319881108>
- CHEN H., SLOGGY M. R., ESCOBEDO F., KOSKIMÄKI T., LU T., MENG Z., RASHEED A. R., SÁNCHEZ J. J., TAN, X., YANG, W., & YU F. (2024), *Boundary of ecosystem services: Differentiating between ecosystem services and geosystem services is needed*. *Journal of Environmental Management*, 362, 1-5. Article 121285. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121285>
- FRISK E. L., VOLCHKO Y., SANDSTRÖM O. T., SÖDERQVIST T., ERICSSON L. O., MOSMARK F., ... & NORRMAN J. (2022), *The geosystem services concept—What is it and can it support subsurface planning?*. *Ecosystem Services*, 58, 101493. <https://doi.org/10.1130/abs/2022AM-380017>
- HUANG C., XU N. (2022), *Quantifying urban expansion from 1985 to 2018 in large cities worldwide*. *Geocarto International*, 37(27), 18356-18371. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2142957>
- LEPCZYK C. A., ARONSON M. F., EVANS K. L., GODDARD M. A., LERMAN S. B., MACIVOR J. S. (2017), *Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation*. *BioScience*, 67(9), 799-807. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix079>
- MELELLI L., VERGARI F., LIUCCI L., DEL MONTE M. (2017), *Geomorphodiversity index: Quantifying the diversity of landforms and physical landscape*. *Sci. Total Environ.* 584, 701-714. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.101>.
- PETRELLI M. (2021), *Introduction to python in earth science data analysis: from descriptive statistics to machine learning*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-78055-5>
- PICA A., LÄMMLE L., BURNELLI M., DEL MONTE M., DONADIO C., FACCINI F., ... & BRANDOLINI P. (2024), *Urban geomorphology methods and applications as a guideline for understanding the city environment*. *Land*, 13(7), 907. <https://doi.org/10.3390/land13070907>
- TUKIAINEN H., TOIVANEN M., MALINIEMI T. (2023), *Geodiversity and biodiversity*. Geological Society, London, Special Publications Volume 530, Issue 1, 2023. <https://doi.org/10.1144/SP530-2022-107>
- UN (2015), *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015, 42809, 1-13.
- VAN REE D., VAN BEUKERING P. J. H., HOFKES M. W. (2024), *Linking geodiversity and geosystem services to human well-being for the sustainable utilization of the subsurface and the urban environment*. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 382(2269), 20230051. <https://doi.org/10.1098/rsta.2023.0051>
- ZWOLIŃSKI Z., NAJWER A., GIARDINO M. (2018), *Methods for assessing geodiversity*. In: *Geoheritage* (pp. 27-52). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00002-2>
- WANG Y. P., KINTREA K. (2021), *Urban expansion and land use changes in Asia and Africa*. *Environment and Urbanization ASIA*, 12(1_suppl), S13-S17. <https://doi.org/10.1177/0975425321999081>

I siti di interesse idrogeologico di Lecce: la conservazione e valorizzazione per la divulgazione dell'importanza delle risorse idriche sotterranee

Lecce's hydrogeological sites: conservation and enhancement to raise awareness of the importance of underground water resources

Parole chiave: Idrogeodiversità, Lecce, cultura idrogeologica
 Key words: Hydrogeodiversity, Lecce, hydrogeological culture

La storia idrogeologica di Lecce ha radici profonde, riconducibili, almeno, ad Ascanio Grandi, il più grande seicentista leccese che nei suoi *Fasti Sacri* stampati a Lecce nel 1635, definisce come "*patrio Idume*" il corso d'acqua che sfocia nel mare Adriatico di una marina leccese, alimentandosi da sorgenti. Nel lunghissimo poema tassesco del *Tancredi*, del 1636 (2^a ediz.) il Grandi fa riferimento al mitico fondatore di Lecce, Idomeneo o Idumeneo, il quale diede il suo nome sia alla città che al suo fiume. Dunque, Idume deriverebbe da Idumeneo donde rimane chiarita l'espressione *patrio Idume*.

Su questa invenzione letteraria, recentemente, si è diffusa nel capoluogo salentino la leggenda di un fiume sotterraneo che attraversa la città.

Le ricerche effettuate (Cazzato e Margiotta, 2021; Margiotta 2023 con bibliografia), hanno evidenziato che mai alcuno studioso ha messo in relazione le acque ipogee di Lecce con quelle superficiali del fiume Idume e che anzi, sin dall'antichità, il fiume più noto, più lungo e più dolce del territorio leccese è il Giammatteo, che scorre poco più a Sud, immettendosi nel bacino dell'Acquatina, presso Frigole e, con foce armata, a mare. Si tratta quindi di una leggenda, alimentatasi per via dei social e delle necessità turistiche del territorio. Ben vengano le leggende però, se contribuiscono a dare valore alle risorse di cui narrano. La presenza di importanti risorse idriche sotterranee, infatti, e le vicende storiche legate alla necessità di approvvigionarsi di acqua hanno con-

sentito lo sviluppo di innumerevoli e differenti forme di utilizzo dell'acqua. Di queste forme oggi restano importanti testimonianze che meritano di essere valorizzate e condivise. Il Pozzo della Ferrovia (Fig. 1), realizzato allorché si inaugurò la stazione di Lecce con i treni a vapore che necessitavano di acqua, il Pozzo Cozza Guardati, splendido testimone della lotta dei leccesi per l'acqua potabile e che oggi non solo è inutilizzato ma soprattutto è non

visitabile, il Serbatoio pensile dell'Acquedotto Pugliese (Fig. 2), siano queste strutture parte di un percorso idrogeologico, un fiume ideale, che passi anche per i Ninfei e per i pozzi splendidamente adornati (Fig. 3) e per le cisterne del centro, si sviluppi lungo via Giammatteo (e non poteva essere diversamente) per poi sfociare a mare in un fantastico delta di siti di straordinaria importanza naturalistica e archeologica industriale (vedi gli edifici idrovori realizzati per

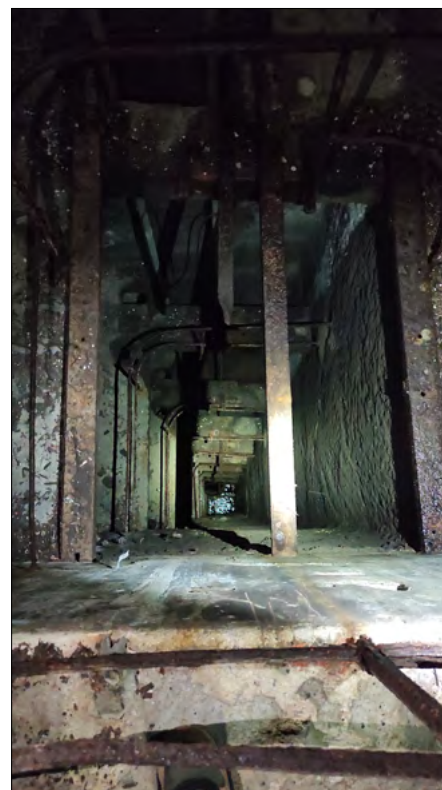


Figura 1. Il pozzo della Ferrovia scavato nella seconda metà del 1800. In a), la carrucola per il sollevamento dell'acqua; in b), la sezione rettangolare del pozzo scavato a mano nelle unità mioceniche all'interno delle quali sono presenti più livelli acquiferi



Figura 2. Il serbatoio pensile di Lecce, con la sua capacità di 4000 mc, era, all'epoca, il più grande d'Europa (quelli noti non superavano i 1000 mc) e per questo motivo, essendo una costruzione senza precedenti, vennero applicati criteri di massima prudenza. Il serbatoio venne progettato dal celebre Prof. Ing. Edoardo Orabona. Qui una foto d'epoca (da EAAP, 1933)

le opere di bonifica di inizi del 1900). Sia la consapevolezza del valore dei siti il punto di partenza per un loro uso adeguato, la base per la valorizzazione degli stessi anche nell'ottica di un loro utilizzo per la diffusione della cultura dell'acqua. Se questo avverrà, l'elevato valore idrogeologico di quest'area, ancora una volta, potrà fungere da traino, così come in passato, per lo sviluppo di ulteriori ricerche volte all'ottimizzazione degli usi della risorsa idrica in ragione dei processi di desertificazione in atto.

BIBLIOGRAFIA

CAZZATO M., MARGIOTTA S. (2020), *Idume e altre storie d'acqua*. Primiceri Editore, 128 pp.

EAAP (ENTE AUTONOMO ACQUEDOTTO PUGLIESE) (1933), *Cenni illustrativi sul serbatoio di Lecce*. Giu. Laterza e figli, 20 pp.

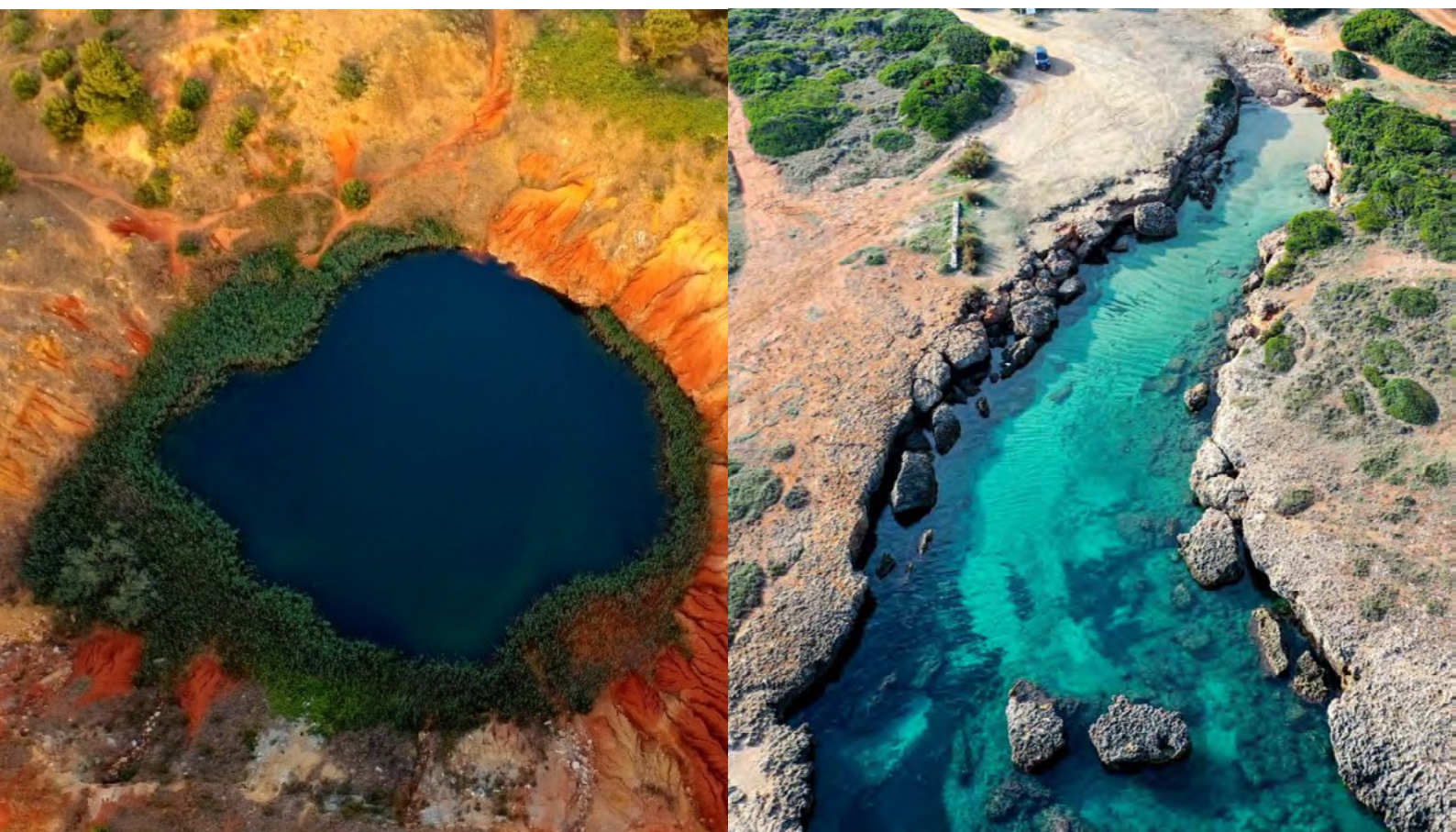
MARGIOTTA S. (2023), *Lecce, territorio dell'idrogeodiversità*. Geologi e territorio, 2, 3-17.



Figura 3. Il baldacchino sul pozzo all'interno del chiostro del monastero degli Olivetani in una foto del 1915. Pozzi e cisterne si trovano in più luoghi adornate con splendidi baldacchini come quello in foto. Il baldacchino è sostenuto da 4 colonne tortili finemente scolpite poggianti su piedistalli decorati con figure allegoriche che rimandano alla simbologia dell'acqua. Il baldacchino, così come il chiostro è attribuito al Riccardi



ARPA Puglia, organo tecnico della Regione Puglia, è preposta all'esercizio di attività e compiti in materia di prevenzione e tutela ambientale, ai fini della salvaguardia delle condizioni ambientali soprattutto in relazione alla tutela della salute dei cittadini e della collettività.



ARPA Puglia e la SIGEA-APS hanno firmato un Protocollo d'Intesa al fine di:

- ✓ collaborare in attività di studio e ricerca;
- ✓ sviluppare iniziative condivise per la diffusione della cultura della difesa del territorio dai rischi naturali ed antropici;
- ✓ promuovere iniziative di sensibilizzazione, formazione e comunicazione per la conoscenza del patrimonio naturale e della geodiversità.

Per la prima volta dalla sua istituzione ARPA Puglia ha, nel suo organico, tre dirigenti geologi. La valorizzazione delle attività di questi professionisti si è concretizzata in virtù di una scelta strategica della Direzione dell'Agenzia.

I Geositi Urbani di Roma Capitale

I Geositi Urbani di Roma Capitale

Parole chiave: Geosito Urbano, secondo volume, 48 nuovi geositi
Key words: Urban Geosite; second volume, 48 new geosites

Marina Fabbri
SIGEA APS – Sezione Lazio

Maurizio Lanzini
SIGEA APS – Sezione Lazio

Dario Mancinella
Regione Lazio – Area Geodiversità e Monumenti Naturali

Claudio Succhiarelli
Roma Capitale – Dipartimento Programmazione Urbanistica – U.O. Piano Regolatore - Ufficio Pianificazione Geoambientale

ABSTRACT

In 2014, the volume “I geositi del territorio di Roma Capitale” was published, a supplement to no. 3/2014 of *Geologia dell'Ambiente*, which was officially presented at the headquarters of the Appia Antica Regional Park on October 23, 2014, in a conference that saw a large audience.

In the first volume, 91 Geosites were collected and described, but after the 2014 presentation, another 48 geosites were collected and described by fellow geologists from the Roman area, which led to the edition of the present second volume, thus collecting the total number of 139 urban geosites.

The purpose of the project “Geositi Urbani della Città di Roma” developed within SIGEA Lazio, was born with the aim of reporting and describing the “witnesses” of the geological substrate and their relationships with the urban evolution of the territory, trying to tell the geosites both to geologists and to citizens interested in knowing this particular aspect of their territory.

With this project, in addition to the pleasure of making an idea concrete, we wanted to give our contribution to the knowledge, valorization and conservation of the Roman geological heritage.

I GEOSITI URBANI DI ROMA CAPITALE

Nel 2014 usciva il volume “I geositi del territorio di Roma Capitale”, supplemento al n. 3/2014 di *Geologia dell'Ambiente*, che conteneva 91 schede descrittive di geositi rappresentativi di quasi tutte le unità litostratigrafiche presenti nel territorio comunale, che testimoniano l'intima correlazione che esiste fra le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche e l'evoluzione storico-archeologica della città. I geositi censiti sono stati frutto nel complesso di rilevamenti o elaborazioni originali, e laddove rappresentativi di affioramenti già descritti in altre

pubblicazioni, o già catalogati come tali in altre banche dati, ne è stata citata la fonte. In un ecosistema complesso come quello dell'area romana, costituito dalle interrelazioni tra sistema naturale e sistema urbano, i geositi rappresentano un valore multidisciplinare di tipo tecnico-scientifico e storico-culturale, in quanto le componenti geologico-geomorfologiche del territorio sono spesso strettamente collegate con le testimonianze archeologiche e monumentali delle vicende storiche e urbanistiche dell'evoluzione del suoterritorio.

I geositi così considerati presentano anche una “memoria storica” di quello che una volta era il paesaggio naturale e dei suoi aspetti geologico-tecnici, che meritano di essere documentati per le generazioni future, e che ci permettono di ricostruire aspetti di Geologia urbana e di evoluzione del paesaggio.

Gli autori inoltre hanno proposto per il geosito urbano una classificazione in quattro categorie, in relazione al lo-

ro stato di conservazione e salvaguardia (Fig. 1) costituita da:

- **geosito vincolato**, quando è interessato da norme di tutela;
- **geosito di attenzione**, quando è rimasto come testimone, anche “relict”, nel territorio in cui la segnalazione (in assenza di norma di tutela) costituisce un contributo propositivo per un'attenzione e una valorizzazione in relazione alle attività di pianificazione urbanistica che potrebbero coinvolgerlo;
- **geosito obliterato**, quando non è più visibile perché si è persa (o si perderà a breve) la sua esposizione visibile a causa di interventi antropici e/o processi naturali;
- **geosito perduto**, quando per interventi antropici e/o processi naturali, sono andati perduti (o saranno rimossi) gli elementi caratteristici del valore geologico s.l. e storico-culturale che lo definiscono, ma della cui importanza e della localizzazione



Foto 1. Presentazione al Parco Regionale dell'Appia Antica

topografica rimangono le testimonianze scritte, artistiche e fotografiche.

Il testo del primo volume è stato ufficialmente presentato alla sede del Parco Regionale dell'Appia Antica il 23 ottobre 2014, in un convegno che ha visto una grande partecipazione di pubblico (Foto 1). Il testo è stato poi illustrato anche in alcune scuole romane ed utilizzato in alcuni progetti di alternanza scuola-lavoro come base per organizzare escursioni didattiche.

Già nella fase finale di editing del testo erano arrivate altre schede di geositi urbani, compilate da colleghi geologi, ed ulteriori arrivi sono giunti negli ultimi anni.

Pertanto, nell'ambito della Sezione Lazio della SIGEA, anche su sollecitazione del Presidente Onorario Giuseppe Gisotti, si è deciso di editare un

secondo volume che raccoglie le schede via via arrivate.

In questo secondo volume alcuni capitoli significativi, quali la definizione dei geositi urbani, la loro classificazione, ecc. non sono ripetuti o sono stati solo riassunti, rimandando pertanto per approfondimenti al primo volume attualmente scaricabile gratuitamente dal sito della SIGEA.

I 48 geositi presentati nel presente Volume 2 sono catalogati proseguendo la numerazione dei geositi del Volume 1 e pertanto le schede sono numerate dal n. 92 al n. 139.

Nel presente volume si sono sviluppati alcuni temi in relazione all'evoluzione storica e urbanistica della Città di Roma, con riferimento alla evoluzione del termine Septimontium, alla evoluzione della suddivisione in rioni e quartieri ed alla descrizione di alcune

esperienze storiche di artisti nell'ambito del Gran Tour nel corso dei secoli XVII e XVII.

I geositi 48 qui censiti sono analizzati con le medesime modalità statistiche del primo volume; successivamente viene analizzato statisticamente il numero totale di 139 Geositi catalogati nei 2 volumi.

Nell'ambito della redazione del presente volume si sono state riscontrate variazioni di alcuni geositi presenti nel Volume 1, costituite da modifiche morfologiche, realizzazione di muri, ecc., che hanno obliterato il geosito stesso; in tale contesto nel Volume 2 vengono analizzate tali modificazioni al fine di aggiornare le caratteristiche e la tipologia dei geositi interessati.

L'organizzazione dei geositi viene sviluppata sempre in relazione ai vari municipi e con le medesime modalità del primo volume; in tale contesto la descrizione dei municipi è stata però arricchita, rispetto al Volume 1, con ulteriori informazioni e dati circa le caratteristiche morfologiche, geologiche, urbanistiche, ambientali e di rischio idrogeologico e sismico. La carta geologica dei singoli municipi, riporta l'ubicazione dei geositi, con simbologie diverse, sia del primo che del secondo volume.

Anche il secondo volume è stato redatto con il patrocinio di Roma Capitale, Regione Lazio, Ordine dei Geologi del Lazio e ProGEO.

La Fig. 1 mostra la copertina del secondo volume, attualmente in fase di editing.



Figura 2. Copertina del secondo volume dei Geositi del territorio di Roma Capitale



ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

Cos'è l'ARPA Lazio?

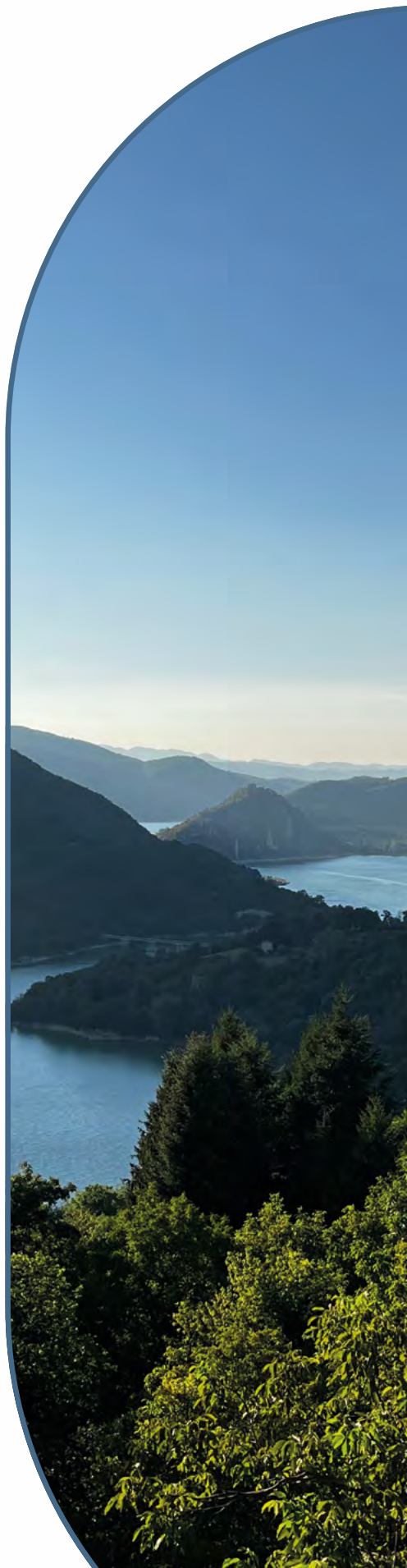
L'ARPA Lazio, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Lazio, è ente strumentale della Regione Lazio istituito e disciplinato dalla Legge Regionale 6 ottobre 1998, n. 45. Le finalità dell'Agenzia sono indicate in apertura della legge istitutiva: sviluppo e potenziamento della tutela ambientale attraverso la definizione e la realizzazione di un sistema regionale permanente di protezione e di informazione ambientale basato su controlli oggettivi, attuabili e comparabili dal punto di vista scientifico.

Cosa fa l'ARPA Lazio?

In qualità di ente pubblico di natura tecnica, l'ARPA Lazio ha il ruolo di garantire la protezione dell'ambiente e della salute umana e contribuire a una sostenibile crescita economica. Con un organico di circa 500 persone dislocate in tutto il territorio del Lazio, l'Agenzia controlla e fornisce supporto su una vasta gamma di attività di interesse ambientale:

- monitora la qualità delle **acque** di balneazione come pure delle risorse idriche superficiali e sotterranee
- supporta la Regione nelle attività di monitoraggio della qualità dell'**aria** con la gestione della rete regionale di centraline di rilevamento fisse, con la realizzazione di campagne periodiche effettuate con mezzi mobili nelle zone del territorio regionale potenzialmente critiche e con l'uso di modelli di simulazioni di dispersione degli inquinanti
- in materia di **siti oggetto di bonifica**, effettua attività di vigilanza e controllo tecnico, verifiche analitiche e documentali, supporto tecnico agli enti locali e all'autorità giudiziaria
- effettua misurazioni degli **agenti fisici**, misure di campo elettromagnetico in abitazioni e luoghi di lavoro, campionamenti e misure per il controllo della radioattività ambientale
- collabora con gli enti locali dando pareri per il rilascio di autorizzazioni ad **attività produttive** che possono avere impatto sull'ambiente
- svolge funzioni di supporto e di consulenza tecnico-scientifica a Regione, enti locali e aziende sanitarie per lo svolgimento di compiti nel campo della **prevenzione** e tutela ambientale.
- si confronta con le **imprese** perché possano comprendere e adempiere alle loro responsabilità e obblighi ambientali e lavora in collaborazione con altri **soggetti pubblici e privati** per promuovere la comprensione dell'ambiente e costruire consenso sulle priorità e le questioni ambientali
- svolge attività di educazione ambientale per le scuole della regione e organizza **eventi formativi** o informativi
- diffonde **dati e informazioni ambientali**.

WWW.ARPALAZIO.IT



I Geositi Urbani e la Street Geology. Una occasione per incrementare la consapevolezza geologica ed ambientale nei cittadini e nei turisti

Urban Geosites and Street Geology. A new perspective on enhancing citizen and tourist geological and environmental awareness

Mario Bentivenga, Eva Pescatore, Giuseppe Palladino, Salvatore Ivo Giano

Dipartimento di Scienze di Base e Applicate (DISBA), Università della Basilicata, Potenza
SIGEA-APS, ProGEO

E-mail: mario.bentivenga@unibas.it

Parole chiave: geositi urbani, geoconservazione, street geology, patrimonio geologico, aree urbane

Key words: urban geosites, geoconservation, street geology, geological heritage, urban areas

I Geositi Urbani e la Street Geology possono svolgere un ruolo significativo nel trasferire conoscenza e migliorare la consapevolezza geologica e ambientale sia tra i cittadini che tra i turisti. Esplorando luoghi e contesti particolari, le persone possono scoprire aspetti della storia della Terra che hanno visto solo nei libri scolastici, così come problematiche geologiche ed ambientali locali, ed apprezzare aspetti nei loro quartieri che diversamente non avrebbero notato. Interagire con i Geositi Urbani e la Street Geology può trasformare le passeggiate quotidiane o le visite turistiche, o anche solo il percorso casa-scuola o casa-lavoro, in occasioni per creare un legame differente con il proprio ambiente, e ispirare una responsabilità collettiva verso la sua salvaguardia, scoprendo che l'ambiente urbano può essere molto più che strade e mura.

Il termine Geologia Urbana si riferisce all'insieme di aspetti legati alla geologia superficiale e sotterranea in un ambiente urbano (Legget, 1969); in senso stretto rappresenta "...l'applicazione delle conoscenze geologiche alla pianificazione e alla gestione delle aree metropolitane" come indicato da Bathrellos (2007). Secondo De Mulder (1996) il termine rappresenta un campo interdisciplinare tra scienze geo- e socio-economiche che affronta i problemi legati alle dinamiche evolutive della Terra nelle aree urbanizzate. Nel senso più ampio del termine si occupa anche dei Geositi Urbani e promuove la conoscenza e la fruizione del patrimonio geologico nelle aree urbane, contribuendo

alla sua conservazione ed alla riduzione della "distanza" tra scienza e società (Palladino *et al.*, 2013; Pelfini *et al.*, 2018; Melelli *et al.*, 2021; Ruban *et al.* 2021; Pescatore *et al.*, 2023; 2024; Bentivenga *et al.* 2024; Bonomo *et al.*, 2019; Guilbaud *et al.*, 2024). In generale, nel senso comune, l'ambiente urbano è percepito come un insieme di diversi contesti tutti strettamente legati alla sfera umana e rappresentati da strade, parchi, edifici, persone, inquinamento, attività commerciali, strutture; talvolta un piccolo spazio è riservato alle bioscienze, per la presenza di parchi e relativa flora e fauna. Raramente le geoscienze vengono prese in considerazione, eccezion fatta per gli eventi estremi, come terremoti e alluvioni, quando vanno ad interessare la sfera umana.

Il patrimonio geologico in ambiente urbano è rappresentato non solo da Geositi Urbani riconosciuti, intesi come aree di particolare interesse geo (geologico, geomorfologico, paleontologico, mineralogico, etc.) utili per la comprensione della storia geologica ed evolutiva della zona in senso generale e/o locale, e/o di un particolare processo geologico, ma anche da singoli affioramenti o situazioni che pur non avendo un riconosciuto "rango" di geosito possono costituire occasione di divulgazione geologico/ambientale e talora, in particolari contesti, di divulgazione socio/culturale. Rientrano tra questi anche i materiali da costruzione (Brock & Semeniuk, 2019; Pereira, 2023) utilizzati nel tessuto urbano, come elementi decorativi o testimonianze del passato.

Il patrimonio geologico in ambiente urbano può offrire l'opportunità di trattare argomenti che si trovano tipicamente solo nei libri di testo, applicandoli a scenari reali, rendendoli così più accessibili. Non tutti gli argomenti geologico-ambientali sono adatti alla discussione in un contesto urbano, ovviamente. Gli argomenti possono variare a seconda delle caratteristiche dell'area urbana. Pertanto, è importante analizzare attentamente il contesto urbano al fine di definire quali sono gli oggetti da considerare, quali argomenti si possono sviluppare e in che modo. A titolo di esempio, verranno analizzati i contesti urbani di alcuni centri lucani, in cui, in via preliminare, è stata identificata la possibilità di sviluppare argomenti di carattere generale legati all'uso della risorsa idrica nel tempo ed alla capacità di adattamento e resilienza rispetto a particolari situazioni evolutive del paesaggio geologico. Per il primo argomento verrà presentato il centro urbano di Tramutola, dove è presente un antico mulino ad acqua, recentemente ristrutturato, cui sono associati un lavatoio in pietra ed una fontana. Per il secondo argomento, saranno presentati i centri urbani di Sant'Angelo le Fratte e di Gorgoglione.

Il centro urbano di Tramutola è ubicato sul fianco occidentale della porzione settentrionale della Valle dell'Agri, un'ampia depressione tettonica intermontana bordata su entrambi i lati da dorsali costituite prevalentemente da depositi carbonatici. Il riempimento di questa depressione, di età Pleistocene

medio-superiore (Di Niro *et al.*, 1992; Giano *et al.*, 2000) e costituito dal baso verso l'alto da argille e limi lacustri, ghiaie e sabbie fluviali, ghiaie e brecce di conoide alluvionale, testimonia un "rapido" passaggio e sovrapposizione di differenti ambienti sedimentari caratterizzati da un importante apporto idrico. Storicamente la zona, come gran parte dell'alta valle dell'Agri, anche se nota soprattutto per la presenza dei giacimenti petroliferi, è caratterizzata dalla presenza di sorgenti di notevole importanza. L'abbondante presenza di acqua, cui sarebbe da riferire il nome Tramutola come riportato in Masini (1999, cum biblo), ed il suo utilizzo nel tempo, è testimoniata dalla presenza di diversi mulini ad acqua. Tra questi il Mulino Capo d'Acqua ('Ngap l'acqua, in vernacolo locale), inserito tra "I luoghi del cuore" del FAI (<https://fondoambiente.it/luoghi/ngap-l-acqua?ldc>), è costituito da un antico mulino cui è associato un lavatoio in corrispondenza del canale di uscita dell'acqua, e da una fontana. L'intero complesso è stato restaurato ed è stato utilizzato come location per alcune scene del film "Basilicata coast to coast".

Il centro urbano di Sant'Angelo le Fratte è ubicato a mezza costa tra il Fiume Melandro ed il Monte Conca. In particolare, si sviluppa al piede di pareti verticali in rocce carbonatiche. La zona è caratterizzata dalla presenza di un esteso deposito di frana originatesi per crollo dalle pareti che sovrastano l'abitato. Il deposito è caratterizzato dalla presenza di blocchi carbonatici di notevoli dimensioni, che hanno favorito la creazione nel tempo di anfratti naturali. Questi sono stati utilizzati, nel corso degli anni, dapprima come abitazioni e successivamente per la conservazione dei viveri e come cantine. Sant'Angelo le Fratte, noto anche come "Il paese delle Cantine", rappresenta un esempio di adattamento dell'uomo alle condizioni morfologiche del territorio e contemporaneamente un esempio di come questo possa diventare attrazione turistica (Bentivenga *et al.*, 2019).

Il centro urbano di Gorgoglione, ubicato ad ovest dell'omonima fiumara, si sviluppa su depositi riferibili alla Formazione di Gorgoglione. La formazione, istituita da Selli (1962), prende il nome proprio dal paese di Gorgoglione, ed è costituita da arenarie torbiditiche ben cementate, da alternanze di arenarie e peliti e da alternanze di arenarie e conglomerati, ed è riferibile alla sedimentazione in un bacino di tipo *piggy-back* di età miocenica. L'evoluzione del versante

su cui è edificato il paese di Gorgoglione è legata in maniera significativa alla presenza di diffusi fenomeni di frana, di età ed entità variabile, correlati alla evoluzione dinamica della sottostante Fiumara di Gorgoglione e del Fosso Santa Caterina.

Il centro storico dell'abitato è interessato da un movimento franoso di tipo rotazionale (Falabella *et al.*, 2024) che ha subito molteplici riattivazioni nel corso degli anni, legate principalmente ad eventi piovosi estremi, ma anche a perdite da vecchi sistemi fognari e dall'acquedotto e da pressioni antropiche esercitate in sito. Le ultime riattivazioni testimoniate (maggio 2004, dicembre 2013) hanno provocato diversi danni alle strutture ed infrastrutture. Al movimento franoso è legata la genesi di un terrazzo di frana corrispondente all'attuale piazza principale del paese. Il paese, nella sua complessità di affioramenti, strutture sedimentarie, morfologie e complessità evolutive, rappresenta un esempio di sito in cui è possibile trattare argomenti diversi, tra di loro interconnessi, in ambito urbano.

BIBLIOGRAFIA

- BATHRELLOS, G.D. (2007), *An overview in urban geology and urban geomorphology*. Bull. Geol. Soc. Greece, 40, 1354–1364.
- BENTIVENGA M., CAVALCANTE F., MASTRONUZZI G., PALLADINO G., PROSSER G. (2019), *Geoheritage: The Foundation for Sustainable Geotourism*. Geoheritage J., DOI:10.1007/s12371-019-00422-w
- BENTIVENGA, M.; PESCATORE, E.; PICCARRETA, M.; GIZZI, F.T.; MASINI, N.; GIANO, S.I. (2024), *Geoheritage and Geoconservation, from Theory to Practice: The Ghost Town of Craco (Matera District, Basilicata Region, Southern Italy)*. Sustainability, 16, 2761.
- BONOMO A. E., ACITO A.M., PROSSER G., RIZZO G., MUNNECKE A., KOCH R., BENTIVENGA M. (2019), *Matera old quarries: geological and historical archive to be protected and valorized*. Geoheritage J., DOI: 10.1007/s12371-019-00413-x.
- BROCK, M.; SEMENIUK, V. (2019), *Building Stones Can Be of Geoheritage Significance*. Geoheritage, 11, 133–149.
- DE MULDER, E.F.J., MCCALL, G.J.H. & MARKER, B.R. (2001), *Geosciences for urban planning and management*. In: MARINOS, P.G., KOUKIS, G.C., TSIMBAOS, G.C. & STOUTNARAS, G.C. (eds), *Proceedings of the International Symposium on "Engineering Geology and the Environment"* Athens. Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands. 4, 3417–3438.
- DI NIRO A., GIANO S.I., SANTANGELO N. (1992), *Primi dati sull'evoluzione geomorfologica e sedimentaria del bacino dell'alta val d'Agri (Basilicata)*, Studi Geol. Camerti, Volume Speciale (1992/1), 257–263.

- FALABELLA F., PEPE A., PERRONE A., STABILE T.A. (2024), *A Variance-Covariance method to estimating the errors of 3-D ground displacement time-series using small baseline InSAR algorithms and multi-platform SAR data*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 211, 208–227. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.04.006>
- GIANO S.I., MASCHIO L., ALESSIO M., FER-RANTI L., IMPROTA S., SCHIATTARELLA M. (2000), *Radiocarbon dating of active faulting in the Agri high valley, southern Italy*, J. of Geodynamics, 29, 321–386.
- GUILBAUD M.N., VILLALBA N., OSNAYA E., ORTEGA-LARROCEA, MARIA & CRAM-HEYDRICH, SILKE & ZENO-LIRA, EMMANUEL. (2024), *The multiple values of urban geosites: El Arenal and Viaje a la Naturaleza parks in Mexico City*. Geofisica Internacional. 63. 1067–1085. 10.22201/igeof.2954436x.2024.63.3.1767.
- LEGGET, R.F. (1969), *Urban Geology*; Canadian Building Digest; Institute for Research in Construction: Ottawa, ON, Canada, <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=9814d874-a144-4aa2-a3f8-c72b1f79b138>
- MASINI N. (1999), *Il ciclo della trasformazione dell'acqua in risorsa. Il caso dei mulini di Tramutola*. A cura di: INA MACAIONE E ARMANDO SICHENZE. *Architetture ecologiche nel turismo, nel recupero, nelle città-natura della Basilicata*, Regione Basilicata, F. Angeli, Milano.
- MELELLI, L.; SILVANI, F.; ERCOLI, M.; PAUSELLI, C.; TOSI, G.; RADICIONI, F. (2021), *Urban Geology for the Enhancement of the Hypogean Geosites: The Perugia Underground (Central Italy)*. Geoheritage, 13, 18.
- PALLADINO G., PROSSER G., BENTIVENGA M. (2013), *The geological itinerary of Sasso di Castalda: a journey into the geological history of the Southern Apennine thrust-belt (Basilicata-Southern Italy)*. Geoheritage. DOI 10.1007/s12371-012-0073-1.
- PELFINI M., BOLLATI I.M., GIUDICI M., PEDRAZZINI T., STURANI M., ZUCALI M. (2018), *Urban geoheritage as a resource for Earth Sciences education: Examples from Milan metropolitan area*. Rend. Online Della Soc. Geol. Ital., 45, 83–88.
- PEREIRA, D. (2023), *The Value of Natural Stones to Gain in the Cultural and Geological Diversity of Our Global Heritage*. Heritage, 6, 4542–4556.
- PESCATORE, E.; BENTIVENGA, M.; GIANO, S.I. (2023), *Geoheritage and Geoconservation: Some Remarks and Considerations*. Sustainability, 15, 5823. <https://doi.org/10.3390/su15075823>
- PESCATORE, E.; GALLO, M.; GIANO, S.I. (2024), *Urban Geoscience: The Challenge of Street Geology*. Urban Sci., 8, 139. <https://doi.org/10.3390/urbansci8030139>
- RUBAN D., MIKHAILENKO A., ZORINA S., YASHALOVA N. (2021), *Geoheritage Resource of a Small Town: Evidence from Southwestern Russia*. Geoheritage, 13, 82.
- SELLI R. (1962), *Il Paleocene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 3, 129–143.

Quale impatto ha la morfogenesi antropica sulla geomorfodiversità in ambiente urbano?

What impact does anthropogenic morphogenesis have on geomorphodiversity in urban environments?

Parole chiave: Geomorfodiversità, cartografia geomorfologica, classificazione del paesaggio, ambiente urbano, erosione-accumulo antropogenici

Key words: Geomorphodiversity, Geomorphological mapping, Landscape classification, Urban environment, Anthropogenic erosion-accumulation

Alessia Pica^{1*}, Martina Burnelli^{2,3}, Maurizio Del Monte¹, Michele Delchiaro¹, Francesca Reame¹, Francesca Vergari¹, Laura Melelli², Massimiliano Alvioli³

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Sapienza Università di Roma

²Dipartimento di Fisica e Geologia, Università di Perugia

³Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Consiglio Nazionale delle Ricerche

*E-mail: alessia.pica@uniroma1.it

RIASSUNTO

Le città storiche Italiane ed Europee sono costruite su substrati geologici diversi e modellate in contesti geomorfologici vari, mentre elemento comune è che in ciascuna le attività umane hanno funzionato a lungo come agente morfogenetico – in particolare nei centri urbani – modellando l'eterogeneità della superficie terrestre e influenzando la sostenibilità ecologica in ambiente urbanizzato.

La geomorfologia urbana fornisce conoscenze essenziali sull'evoluzione del paesaggio urbano, sulle trasformazioni antropiche delle morfologie naturali e sull'impatto dello sviluppo urbano sui processi geomorfologici (Del Monte *et al.*, 2016).

Gli indici quantitativi di geomorfodiversità (Thomas, 2012a, 2012b; Melelli *et al.*, 2017; Burnelli *et al.*, 2023) offrono strumenti preziosi per valutare i cambiamenti ambientali indotti dall'uomo approssimando le caratteristiche geomorfologiche del mondo reale.

Per analizzare la sostenibilità ecologica, gli studi di ecologia urbana stanno prestando crescente attenzione all'impatto antropico sui processi e le componenti degli ecosistemi urbani. Ciò ha portato allo sviluppo delle Variabili Essenziali di Biodiversità (EVBs, Bojinski *et al.*, 2014) e delle Variabili Essenziali di Geodiversità (EGVs; Schrodtt *et al.*, 2024). Le Variabili Essenziali di Geodiversità mirano a "quantificare e monitorare l'eterogeneità delle caratteristiche abiotiche della superficie e del sottosuolo terrestre, inclusi geologia, geomorfologia, idrologia e pedologia" (Schrodtt *et al.*, 2019).

In questo studio abbiamo elaborato una valutazione quantitativa della geo-

morfodiversità, utilizzando Modelli Digitali di Elevazione (DEM) e dati spaziali per il calcolo del Land Surface Diversity index - GmI (Burnelli *et al.*, 2023, 2025), proxy dell'eterogeneità della superficie terrestre. In seguito, il GmI è stato confrontato con carte geomorfologiche di aree urbane e periurbane di Roma (Italia), per valutarne la rappresentatività a scala locale e per rispondere alla seguente domanda di ricerca, obiettivo dello studio: la morfogenesi antropica svolge un ruolo equivalente ai processi naturali nel modellare la geomorfodiversità?

Per l'indagine, è stata impiegata una metodologia basata su strumenti GIS, confrontando cinque classi di diversità GmI – derivate da indici raster – con forme del terreno naturali e antropiche, risultanti da rilevamento geomorfologico.

I dati geomorfologici utilizzati nel lavoro sono parte del rilevamento geomorfologico che copre 600km² del territorio di Roma, selezionando tre aree rappresentative del gradiente urbano rurale della Capitale. Il gradiente e le caratteristiche delle aree sono stati definiti sulla base del Dataset Copernicus Urban Atlas Land Cover/Land Use (2018).

I risultati ci permettono di rispondere nel seguente modo alla domanda di ricerca posta sopra: la morfogenesi antropica contribuisce alla geomorfodiversità negli ambienti urbani tanto quanto la morfogenesi naturale (Burnelli *et al.*, 2025).

Infatti, le forme del terreno antropiche non diminuiscono la diversità della superficie, come ci si potrebbe aspettare dando per scontato che le attività umane abbiano un enorme impatto sul

paesaggio. Al contrario, l'impatto sulla diversità della superficie terrestre dipende dai tipi di processi antropici che modellano un'area e producono nuove forme del terreno, nelle stesse modalità con cui ciò avviene per i processi naturali. Le forme del terreno derivanti da una morfologia scarsamente articolata, livellata o spianata dai processi morfogenetici, corrispondono a una ridotta complessità del paesaggio e, di conseguenza, a una minore geomorfodiversità. Le forme del terreno che generano incremento dell'articolazione del rilievo corrispondono, invece, a una maggiore geomorfodiversità.

L'attuale tendenza demografica, in crescita esponenziale a livello globale, e la conseguente espansione urbana, suggeriscono che le ricerche sull'ecosistema urbano dovrebbero includere la geomorfodiversità (Ilić *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2017; Melelli *et al.*, 2017; Rito *et al.*, 2022). Pertanto, in un'ottica di incremento della sostenibilità urbana, si auspica che i risultati ottenuti possano supportare la pianificazione urbana in direzione di processi antropici che aumentino la geodiversità e l'eterogeneità della superficie terrestre, piuttosto che diminuirla.

Cities are built upon diverse geological and geomorphological foundations, where human activity has long functioned as a geomorphic agent – particularly in historical urban centers – shaping surface heterogeneity and influencing ecological sustainability. Urban geomorphology provides essential insights into landscape evolution, transformations of natural morphologies,

and the impact of urban development on geomorphological processes.

Geomorphodiversity indices, such as the GmI - land surface diversity index, offer valuable tools for assessing human-induced environmental changes by approximating real-world geomorphological features. Utilizing Digital Elevation Models (DEMs) and spatial data, this study conducted a quantitative assessment of geomorphodiversity across different scales. Specifically, the GmI was compared with geomorphological maps of urban and peri-urban areas in Rome (Italy), to evaluate its representativeness at a local scale.

This research addresses the fundamental question: Does anthropogenic morphogenesis play an equivalent role in shaping geomorphodiversity as natural processes? To investigate, a GIS-based methodology was employed, comparing five GmI diversity classes - derived from raster indexes - with mapped anthropogenic erosion and accumulation landforms.

Crucially, the geomorphological maps distinguish between natural and anthropogenic landforms, allowing for a nuanced assessment of their respective contributions. Findings indicate that natural and anthropogenic morphogenesis contribute equally to urban geomorphodiversity, in fact both processes significantly influence urban geomorphodiversity, across areas with varying levels of urbanization. These results enhance our understanding of anthropogenic morphogenesis and its role in shaping urban geomorphodiversity.

BIBLIOGRAFIA

- BOJINSKI, S., VERSTRAETE, M., PETERSON, T., RICHTER, C., SIMMONS, A., ZEMP, M. (2014), *The Concept of Essential climate Variables in support of climate Research, applications, and Policy*. Bull. Am. Meteorol. Soc. 95 (9), 1431-1443. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00047.1>.
- BURNELLI, M., MELELLI, L., ALVIOLI, M. (2023), *Land surface diversity: a geomorphodiversity index of Italy*. *Earth Surf. Process. Landf.* <https://doi.org/10.1002/esp.5679>.
- BURNELLI M., PICA A., DEL MONTE M., DELCHIAO M., MELELLI L., REAME F., VERGARI F., ALVIOLI M. (2025), *Does anthropogenic morphogenesis contribute to geomorphodiversity in urban environments?* *Geomorphology*, Volume 471, 2025, 109582, ISSN 0169-555X, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109582>.
- DEL MONTE M., D'OREFICE M., LUBERTI G.M., MARINI R., PICA A., VERGARI F. (2016), *Geomorphological classification of urban landscapes: the case study of Rome (Italy)*. *Journal of Maps*, <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1187977>.
- ILIĆ, M.M., STOJKOVIĆ, S., RUNDIĆ, L., 'CALIĆ, J., SANDIĆ, D. (2016), *Application of the geodiversity index for the assessment of geodiversity in urban areas: an example of the Belgrade City area, Serbia*. *Geologia Croatica* 69, 3. <https://doi.org/10.4154/gc.2016.27>.
- MELELLI, L., VERGARI, F., LIUCCI, L., DEL MONTE, M. (2017), *Geomorphodiversity index: Quantifying the diversity of landforms and physical landscape*. *Sci. Total Environ.* 584, 701-714. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.101>.
- RITO, C., BORETTO, G., BAZZANO, G., CIOTCALE, M. (2022), *Assessment of geomorphodiversity and the impacts of urban growth in Puerto Madryn, Patagonia, Argentina*. *J. S. Am. Earth Sci.* 119, 104018. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104018>.
- SANTOS, D.S., MANSUR, K.L., GONÇALVES, J.B., ARRUDA, E.R., MANOSSO, F.C., (2017), *Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil*, *Applied Geography* 85. ISSN 0143-6228. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.009>.
- SCHRODT, F., BAILEY, J. J., et al. (2019), *To advance sustainable stewardship, we must document not only biodiversity but geodiversity*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(32), 16155-16158.
- SCHRODT, F., VERNHAM, G., BAILEY, J., FIELD, R., GORDON, J.E., GRAY, M., HJORT, JAN, HOORN, C., HUNTER JR., M.L., LARWOOD, J., LAUSCH, A., MONGE-GANUZAS, M., MILLER, S., VAN REE, D., SEIJMONSBERGEN, A.C., ZARNETSKY, P.L., DANIEL KISSLING, W. (2024), *The status and future of essential geodiversity variables*. *Phil. Trans. R. Soc. A* 382, 20230052. <https://doi.org/10.1098/rsta.2023.0052>.
- URBAN ATLAS LAND COVER/LAND USE (2018), (vector), *Europe, 6-yearly*. European Union's Copernicus Land Monitoring Service information. <https://doi.org/10.2909/fb4dffa1-6ceb-4cc0-8372-1ed354c285e6>.
- THOMAS, M.F. (2012a), *A geomorphological approach to geodiversity - its applications to geoconservation and geotourism*. *Quaestiones Geographicae* 31 (1), 81-89. <https://doi.org/10.2478/v10117-012-0005-9>.
- THOMAS, M.F. (2012b), *Geodiversity and Landscape Sensitivity: a Geomorphological Perspective*. *Scott. Geogr. J.* 128 (3-4), 195-210. <https://doi.org/10.1080/14702541.2012.725863>.

TOURinSTONES: un'applicazione mobile per promuovere il patrimonio geologico della città di Torino (Italia nord-occidentale)

TOURinSTONES: a mobile application to
promote the geological heritage of the
city of Turin (northwestern Italy)

Alessandro Borghi, Francesca Lozar,
Anna d'Atri, Francesca Gambino, Luca
Martire, Elena Storta

Dipartimento di Scienze della Terra -
Università di Torino

E-mail: alessandro.borghi@unito.it
francesca.lozar@unito.it

Parole chiave: Pietre ornamentali, Patrimonio culturale, Applicazioni multimediali,
Torino

Key words: Ornamental stones, Cultural Heritage, multimedia apps, Torino

INTRODUZIONE

La conoscenza delle risorse lapidee (le caratteristiche minero-petrografiche, il loro utilizzo e le tecniche di sfruttamento dall'antichità ai giorni nostri) può fornire un'ampia panoramica del significato storico e culturale di tali materiali, evidenziando la rilevanza di un'attività economica così importante per la storia e le tradizioni delle diverse culture sviluppatesi nel corso dei secoli in tutta l'area mediterranea (Cooper 2015). L'abbondanza di materiali lapidei provenienti da diverse aree del Piemonte e impiegati nel corso dei secoli per la realizzazione di pavimentazioni, monumenti ed edifici pubblici, nonché per l'abbellimento di chiese, vetrine e attività commerciali, dimostra lo stretto legame tra la città di Torino e il territorio circostante, sottolineando il ruolo che la pietra ha svolto nella ricchezza culturale ed economica della città nel corso dei secoli. Negli ultimi decenni, Torino ha subito una profonda trasformazione che l'ha portata a diventare una città turistica ricca di attrazioni culturali. I suoi monumenti e gli edifici in pietra, costruiti nel corso della storia, rappresentano oggi un'importante attrattiva per la città. In questo contesto, la conoscenza e la valorizzazione delle pietre ornamentali storiche torinesi ha portato a un nuovo approccio geoturistico per la valorizzazione del patrimonio geologico urbano. La descrizione petrografica delle pietre ornamentali torinesi è stata oggetto di numerosi articoli da più di un secolo (ad esempio, Sacco 1907; Peretti 1937; Rodolico 1953; Fiora *et al.*, 2007; Borghi *et al.* 2014, 2015). Questo articolo presenta un'app disponibile da

circa 10 anni che propone alcuni itinerari che permettono a chi visita Torino di apprendere non solo gli aspetti storici e architettonici degli edifici, ma anche il loro carattere geologico. Negli anni, l'app è stata proposta come strumento per il geoturismo a esperti del settore e a persone comuni, sia durante i congressi che si sono svolti in città, sia durante le attività collegate alla "Settimana del Pianeta Terra"; inoltre è stata utilizzata per attività didattiche con gli studenti delle scuole superiori del Piemonte, per approfondire le osservazioni relative ai materiali lapidei della città e la storia geologica del Piemonte.

L'APPLICAZIONE

TOURinSTONES è un'applicazione per smartphone e tablet. I 26 siti selezionati forniscono una panoramica delle principali pietre ornamentali utilizzate in edifici storici, chiese e strade del centro città, una vera raccolta petrografica a cielo aperto. Lo sviluppo di itinerari e testi semplificati per i non esperti contribuisce a colmare il divario tra la geologia delle Alpi e la città, i suoi cittadini, i suoi studenti e i suoi turisti. La pagina introduttiva dell'app descrive brevemente il progetto TOURinSTONES. Da qui è possibile accedere a un indice contenente le seguenti voci: (1) Edifici e monumenti, (2) Rocce, (3) Itinerari, (4) Contesto geologico, (5) Glossario, (6) Bibliografia.

SITI

I 26 siti architettonici selezionati tengono conto dei requisiti di rappresentatività sia artistica che scientifica della storia di Torino. La numerazione

permette al visitatore di trovare i siti sulla mappa della città; cliccando su di essi è possibile aprire la pagina corrispondente. Ciascun sito è inoltre collegato a informazioni come l'epoca di costruzione, le ex cave di materiali lapidei e altri aspetti storico-architettonici utili a collocarli nel contesto urbano di Torino. La scheda di ciascun monumento è organizzata secondo i seguenti campi: nome, foto del sito di interesse, indirizzo, itinerario in cui è incluso, descrizione artistica e storica. La scheda contiene anche un elenco delle pietre ornamentali utilizzate nel sito specifico, da cui è possibile accedere alle descrizioni delle rocce relative.

ROCCE

Un elenco numerato delle pietre utilizzate in tutti i monumenti descritti consente di accedere ai dati specifici di ciascuna roccia. Sono presenti solo rocce piemontesi o italiane. Questa scelta deliberata è stata fatta da un lato per limitare l'insieme delle rocce presentate; dall'altro, è il risultato di scelte compiute dagli architetti del passato, che hanno utilizzato solo rocce locali, al fine di sottolineare l'importanza della cultura regionale. Questo elenco è suddiviso in base alla genesi delle rocce: rocce ignee intrusive ed effusive, rocce metamorfiche e rocce sedimentarie. Le rocce elencate possono essere raggruppate anche utilizzando altre chiavi di interpretazione relative alla loro origine (24 provengono dalle Alpi occidentali, mentre 16 sono estratte in altre aree italiane), al colore e alla durezza. La scheda di ciascuna roccia è organizzata secondo i seguenti campi: foto macroscopica della roccia,

nome petrografico, nome commerciale, distretto di cava, carta geologica semplificata in cui è indicato il distretto di cava, contesto geologico, utilizzo principale a Torino: monumenti, chiese o palazzi di grande importanza in cui la roccia è stata impiegata.

CONTESTO GEOLOGICO

Questa sezione fornisce una breve descrizione della geologia del Piemonte e la chiave per comprendere le informazioni geologiche registrate nei tipi di roccia. È inoltre presente una breve introduzione al quadro geologico principale dell'Italia.

GLOSSARIO

Questa sezione fornisce le definizioni, in ordine alfabetico, di tutte le parole evidenziate in grassetto sia nella sezione dedicata alle rocce che nei punti di interesse.

Nella sezione **"Per saperne di più"**, sono riportate le citazioni utilizzate nei testi e nelle didascalie delle figure.

ITINERARI

Gli itinerari sono il cuore dell'app e permettono ai turisti, passeggiando sotto i portici della città o rilassandosi su una panchina nelle sue piazze, di calpestare e osservare granito, porfido, gneiss, marmo e calcare, in una ricca collezione esposta in un museo a cielo aperto, e di percorrere viaggi curiosi e inaspettati nel tempo, attraverso ere geologiche di milioni di anni fa. I quattro itinerari proposti, ognuno con otto tappe diverse, presentano alcune tappe comuni. La scelta delle tappe e degli itinerari è stata effettuata principalmente in base alla vicinanza geografica dei punti di interesse nel centro storico della città. Cliccando sugli itinerari, è possibile visualizzare la mappa del centro di Torino e visualizzare gli itinerari tracciati e numerati.

LE ATTIVITÀ DI DISSEMINAZIONE

Negli anni, a partire dalla app, sono state sviluppate attività didattiche e di disseminazione della geodiversità del Piemonte rivolte principalmente a studenti e studentesse delle scuole secondarie di secondo grado della regione e al pubblico generico. Partendo dalla osservazione e descrizione dei materiali lapidei dal vivo, si è approfondito un percorso di scoperta della geologia del Piemonte, che spazia dalle rocce sedimentarie a quelle della catena alpina, attraverso le quali è possibile mostrare quante informazioni le pietre ornamentali possono racchiudere per ricostruire

la storia geologica del Piemonte. Sono stati creati materiali aggiuntivi che accompagnano le attività "hands-on" proposte alle classi che esplorano i monumenti e i materiali lapidei della città utilizzando la app. In generale queste attività hanno permesso di incontrare migliaia di studenti e studentesse, e centinaia di persone che hanno aderito ai tour guidati in occasione dei congressi e della Settimana del Pianeta Terra.

L'uso della app è purtroppo limitato attualmente dalla necessità di fare i necessari aggiornamenti richiesti dall'avanzamento tecnologico, che consentirebbero di utilizzarla anche su *mobile devices* di ultima generazione, assicurandone la fruibilità nel futuro. Questa difficoltà mette in luce come, anche un'iniziativa così apprezzata dal pubblico, risente della necessità di fondi a lungo termine perché possa effettivamente essere utilizzata anche oltre la fine del progetto attraverso il quale è stata prodotta (Giardino, 2012).

CONCLUSIONI

L'evoluzione geologica alpina incontra la storia e l'architettura nei palazzi, nelle chiese, nelle vie e nelle piazze della città di Torino. I materiali impiegati per le facciate, le statue e persino per le zoccolature dei palazzi rappresentano un patrimonio storico e geologico importante da preservare e valorizzare. Le montagne piemontesi che circondano la città, infatti, sono costituite da un'ampia varietà di rocce, caratterizzate da una moltitudine di minerali, strutture, colori e sfumature. Le Alpi, per la loro lunga e complessa storia, offrono un'ampia varietà di "pietre ornamentali" impiegate in città, nel corso dei secoli, per esigenze sia estetiche che strutturali. Conoscere l'impiego dei litotipi significa essere in grado di leggere le testimonianze dell'architettura, non solo da un punto di vista formale ma anche materiale e soffermarsi su ciò che è tangibile per ascoltare le voci del passato.

L'applicazione TOURinSTONES permette di diffondere la conoscenza della pietra sia a livello scientifico che didattico, mettendo a disposizione uno strumento di facile utilizzo sia agli esperti che al pubblico generico. In particolare, si rivolge a (1) la comunità scientifica nel campo delle Scienze della Terra e del patrimonio culturale, (2) le istituzioni che si occupano di promozione e conservazione del patrimonio storico e architettonico e (3) le organizzazioni ed enti locali e i cittadini e cittadine in genere.

L'uso dell'app e la realizzazione delle attività didattiche ad essa legate, hanno permesso di far conoscere a tutti la grande geodiversità del Piemonte, di raccontare l'evoluzione della catena alpina occidentale, e di esplorare i caratteri e la storia geologica di alcune rocce iconiche della regione Piemonte, come esempi tra tutti il Granito di Baveno, la Pietra di Luserna, il Calcare di Gassino.

BIBLIOGRAFIA

- BORCHI A., D'ATRI A., MARTIRE L., CASTELLI D., COSTA E., DINO G., FAVERO LONGO S.E., FERRANDO S., GALLO L.M., GIARDINO M., GROppo C., PIERVITTORI R., ROLFO F., ROSSETTI P., VAGGELLI G. (2014), *Fragments of the Western Alpine chain as historic ornamental stones in Turin (Italy): enhancement of urban geological heritage through geotourism*. *Geoheritage* 6(1):41–55.
- BORCHI A., BERRA V., D'ATRI A., DINO G.A., GALLO L.M., GIACOBINO E., MARTIRE L., MASSARO G., VAGGELLI G., BERTOK C., CASTELLI D., COSTA E., FERRANDO S., GROppo C., ROLFO F. (2015), *Stone materials employed for monumental buildings in the historical centre of Turin (NW Italy): architectonical survey and petrographic characterization of via Roma*. In: Pereira D., Marker B.R., Kramar S., Cooper B.J., Schouenborg, B.E. (eds) *Global heritage stone: towards international recognition of building and ornamental stones*. Geological Society Special Publications, London, 407:201–218.
- COOPER B.J. (2015), *The 'global heritage stone resource' designation: past, present and future*. In: Pereira D., Marker B.R., Kramar S., Cooper B.J., Schouenborg B.E. (eds) *Global heritage stone: towards international recognition of building and ornamental stones*. Geological Society Special Publications, London, 407:11–20.
- FIORA L., CARANDO M., SANDRONE R. (2007), *Multimedia petrographic guide of the city of Torino, Italy*. *Periodico di Mineralogia* 76:91–97.
- GIARDINO M. (2012), *A multidisciplinary research project for developing a PROactive management of GEOlogical heritage in the Piemonte region*. *Geologia dell'Ambiente* 3:196–199.
- PERETTI L. (1937), *Le pietre da costruzione e da ornamentazione nel primo tratto della nuova Via Roma in Torino*. Marmi, Pietre e Graniti, 15, Carrara, 15 pp.
- RODOLICO F. (1953), *Le pietre delle città d'Italia*. Le Monnier, Firenze, XI, 475 pp.
- SACCO F. (1907) *Geologia applicata della Città di Torino*. *Giorn. Geol. Pratica* 5:121–162.

La Ruina dantesca e l'icnosito dei Lavini di Marco di Rovereto (Tn)

The Dantesque Ruin and the Ichnosite of Lavini di Marco near Rovereto (Trento)

Parole chiave: Frana, Orme di dinosauro, Geodiversità, Icnosito
Key words: Landslide, Dinosaur footprints, Geodiversity, Ichnosite

Andrea Miniucchi

Assessore alla pianificazione per lo sviluppo urbano sostenibile e senza barriere

Comune di Rovereto (TN)

E-mail:

miniucchiandrea@comune.rovereto.tn.it

Michela Canali

Sezione di Scienze della Terra

Fondazione Museo Civico di Rovereto

E-mail: canalimichela@fondazionemcr.it

RIASSUNTO

Nel Trentino meridionale, il territorio del Comune di Rovereto si sviluppa in sinistra idrografica del fiume Adige lungo il pendio che raccorda la piana alluvionale con i massicci montuosi che in direzione nord sud limitano il fianco orientale della valle, denominata in questo tratto Vallagarina.

L'osservazione della topografia di dettaglio della zona rivela un territorio particolarmente irregolare, con paesaggi geologici e geomorfologici diversificati, generati da una complessa successione di eventi a genesi sia naturale che antropica.

Gli eventi naturali che hanno determinato la marcata geodiversità della zona sono compresi in un arco di tempo di circa 200 milioni di anni nell'ambito della storia geologica dell'area prealpina e alpina. Le fasi principali, ordinate cronologicamente e strettamente correlate in un rapporto di causa ed effetto, riguardano la formazione delle rocce carbonatiche, ossatura dei massicci montuosi, i processi di piegamento, sollevamento ed emersione legati all'orogenesi alpina, e infine il modellamento, ancora parzialmente in corso, causato dall'azione degli agenti esogeni.

Nel contesto più generale dell'evoluzione geologica della valle dell'Adige sono inoltre da considerare anche altri fattori quali l'andamento del substrato roccioso (il solco vallivo è incassato nelle rocce carbonatiche della Piattaforma di Trento), l'opera di erosione e di accumulo dei ghiacciai durante il Pleistocene e le azioni del fiume Adige e del torrente Leno che hanno modellato la piana e formato la conoide su cui si è sviluppata la città di Rovereto.

Infine, in epoca protostorica e storica, sono risultati rilevanti i processi di denudazione dei versanti causati da imponenti fenomeni franosi insorti lungo il versante occidentale della dorsale asimmetrica di Coni Zugna, un rilievo monoclinale con strati a franapoggio,

immersioni prevalenti fra NNW e NW e inclinazioni prossime ai 20°.

Tra questi la frana dei Lavini di Marco, descritta anche da Dante nella Divina Commedia, è il risultato di una serie di crolli verificatisi in un periodo di tempo compreso tra 21.000 ± 100 e 800 ± 200 anni fa. Lungo il rilievo in sinistra idrografica del fiume Adige sono ancora visibili nicchie di distacco, superficie di scivolamento e macereto, tracce dell'imponente fenomeno franoso imputabile a diverse concause (caratteristiche litostrografiche del versante, giacitura degli strati, esaurimento glaciale, scosse sismiche) intervenute nel contesto di un rilievo strutturalmente instabile. La superficie interessata è di circa 6 Km², con uno sviluppo longitudinale di circa 5 Km ed una larghezza massima di 1.8 Km.

L'imponente macereto si estende su un'estesa porzione del fondovalle dell'Adige, ai piedi del versante sinistro e lungo il pendio nell'ambito di ampie porzioni della nicchia. L'accumulo di fondovalle, noto come Lavini, si estende per circa 4 Km².

A partire dal secolo scorso anche l'azione antropica ha modificato in modo importante la morfologia del territorio: l'intenso sfruttamento del fondovalle con attività infrastrutturali, edilizie, industriali e agricole, si è spinto verso sud fino a lambire il complesso della frana dei Lavini di Marco (nota anche come Ruina Dantesca), zona estremamente significativa per le caratteristiche di geodiversità, ma anche per la valenza naturalistica, archeologica e storica. La zona racchiude infatti un SIC (Sito di Interesse Comunitario), un'area naturale protetta istituita per la conservazione degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche.

Nel delicato contesto paesaggistico della Ruina, sul finire degli anni Ottanta del secolo scorso (Foto 1) la straordinaria scoperta di un migliaio di orme di dinosauro proprio sulla superficie di scivolamento della frana dei Lavini ha

portato a una rivalutazione scientifica di tutta l'area, che è a tutt'oggi uno dei siti paleontologici più significativi d'Europa per i resti di dinosauri del Giurassico inferiore. La scoperta ha anche definitivamente posto nuovi precisi limiti a tutta l'attività urbanistica della zona.

Per l'importanza scientifica di un luogo di grande interesse culturale e formativo, testimonianza della storia e dell'evoluzione geologica della regione, nel 1991 è stato istituito l'*Icnosito dei Lavini di Marco*, area che gode anche della protezione integrale grazie alla Legge provinciale n. 37 del 1983. Nel 2002 la Giunta provinciale, con Delibera N. 2926 del 22 novembre, ha successivamente approvato il nuovo P.R.G. del Comune di Rovereto, con la definitiva perimetrazione dell'area "*Parco naturalistico Cengio Alto – Piste dei Dinosauri*", alla quale viene riconosciuta una vocazione didattica, ricreativa e ricettiva. Il parco rappresenta quindi il risultato del lavoro di più strumenti urbanistici che convergono sullo stesso obiettivo nell'azione di salvaguardia e valorizzazione del territorio.

Fin dal momento della scoperta, oltre all'intensa attività scientifica e divulgativa ad opera di scienziati e istituti di ricerca, si è resa evidente la necessità di un'attività di salvaguardia, attuata mediante una serie di interventi finalizzati alla conservazione di reperti naturalmente e facilmente degradabili a causa della forte escursione termica diurna e stagionale, della posizione topografica sfavorevole nonché dell'inesistente protezione da eventuali manomissioni. Sono pertanto stati realizzati calchi di orme e piste, rilievi fotogrammetrici, mappe geotematiche.

Il Comune di Rovereto, i Musei di Rovereto e Trento (oggi Fondazione Museo Civico di Rovereto e MUSE) in collaborazione hanno profuso risorse e grande impegno anche per la valorizzazione culturale del sito, studiando e predisponendo percorsi didattici ad hoc



Foto 1. La pista ROLM 9 (ROvereto Lavini Marco) scoperta da Luciano Chemini nel 1989

per le scuole e la collettività. La zona è stata resa esplorabile a gruppi organizzati con guida o in autonomia, lungo un percorso definito da “tappe tematiche” che permettono agli utenti di apprezzare il significato del geosito nel suo contenuto geologico, geomorfologico, paleontologico e paesaggistico.

Fin dall'inizio è stata inoltre attuata da parte del Museo Civico di Rovereto una strategia di “musealizzazione diffusa” nell'ambito della quale l'intera area di frana e l'icnosito sono state definite “estensione” del museo, risultando indissolubilmente legate all'attività museale e agli allestimenti delle sale tematiche.

Nell'ambito di un ampio progetto culturale ed economico iniziato nel 2005 con lo *Studio paesaggistico per le aree del Monte Zugna, Cengio Alto e piste dei Dinosauri* e finalizzato alla valorizzazione e allo sviluppo di tutto il versante occidentale del Monte Zugna e dei Lavini, nei primi mesi del 2025 si è infine conclusa la prima fase di valorizzazione del sito paleontologico. Nel dettaglio, le vecchie e ammalorate strutture in legno posate lungo il colatoio di affioramento principale delle orme sono state sostituite da passerelle in acciaio realizzate, per



Foto 2. Fasi finali di realizzazione della nuova passerella in corrispondenza del Colatoio Chemini, una delle aree di emergenza a orme di dinosauro

quanto riguarda le aree di pericolosità e rischio, ottemperando alle norme del Piano Urbanistico Provinciale e seguendo i principi fondamentali della reversibilità, della sostenibilità economica, della minima interazione con il terreno, dell'accessibilità e dell'inclusione (Foto 2). Il nuovo progetto è stato dunque pensato, in un contesto ambientale unico ed eccezionale, come un'architettura di percorso, accogliente, ritmata da spazi per il movimento, per la sosta, per le attività didattiche e di osservazione delle persone e dei gruppi.

BIBLIOGRAFIA

- AVANZINI M., MASETTI D., ROMANO R., PODDA F., PONTON M. (2007a), *Calcari Grigi*. In *Carta Geologica d'Italia 1:50.000, catalogo delle Formazioni*, Quadreni Serv. Geol. It., serie III, 7(7)
- LEONARDI G., AVANZINI M. (1994), *Dinosauri in Italia*, Sc. Quad., 76
- Leonardi G., Mietto P. (2000), *Dinosauri in Italia. Le orme giurassiche dei Lavini di Marco (Trentino) e gli altri resti fossili ita-*

liani, Provincia Autonoma di Trento, Museo tridentino di Scienze naturali, Museo Civico di Rovereto, Accademia Editoriale, Pisa-Roma

MARTIN S., CAMPEDEL P., IVY-OCHS S., VIGANO' A., ALFIMOV V., VOCKENHUBER E., ANDREOTTI E., CARUGATI G., PASQUAL D., RIGO M., (2014), *Lavini di Marco (Trentino, Italy): 36 Cl exposure dating of a polyphase rock avalanches*. *Quat. Geochronol.*, 19, 106-116

OROMBELLI G., SAURO U. (1988), *I Lavini di Marco: un gruppo di frane oloceniche nel contesto morfoneotettonico dell'alta Val Lagarina (Trentino)*, Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 1, 107-116

PIUBELLI D., AVANZINI M., MIETTO P. (2005), *The early Jurassic ichnogenus Kayentapus at Lavini di Marco ichnosite (NE Italy). Global distribution and paleogeographic implications*, *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 124 (1)

SACCO E., PETTI F.M., ANTONELLI M., CONTI J., BERNARDI M., AVANZINI M., ROMANO M. (2025), *Geothematic map of the Lavini di Marco tracksite (Lower Jurassic, NE Italy, Southern Alps)*, *Geological Field Trips and Map*, Ispra e Società Geologica Italiana ETS, Vol.17, No. 1.1

Il ruolo della geodiversità e del patrimonio geologico per la valorizzazione culturale del territorio urbano: i casi di studio italiani di Torino e del Piemonte

The role of geodiversity and geoheritage for the cultural enhancement of urban territories: the Italian case-studies of Torino and Piemonte

Parole chiave: Geodiversità, Patrimonio Geologico, Geositi, Patrimonio culturale, Aree urbane

Key words: Geodiversity, Geoheritage, Geosites, Cultural Heritage, Urban areas

Marco Giardino¹, Paola Bernardelli², Alessio Salandin³, Arianna Negri¹, Elena Storta¹, Alizia Mantovani¹, Alessandro Borghi¹, Anna d'Atri¹, Daniele Drago², Paolo Falletti³, Luca Paro³, Michele Marino²

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli studi di Torino, Torino

²Regione Piemonte, Torino

³Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte - Arpa Piemonte, Torino (Italy)

E-mail: marco.giardino@unito.it

RIASSUNTO

La geodiversità comprende la varietà di elementi geologici, geomorfologici, pedologici e idrologici, nonché i processi che li originano e li trasformano. Come tale rappresenta una componente fondamentale dell'ambiente fisico, ma svolge un ruolo significativo per il territorio, anche sotto il profilo culturale, educativo e turistico. In ambito urbano, la geodiversità spesso non viene percepita, o viene percepita solo marginalmente, a causa delle forti pressioni antropiche e delle importanti trasformazioni del paesaggio naturale. Tuttavia, la geodiversità è un elemento fondamentale per lo sviluppo urbano, dove rappresenta una sfida per la geoconservazione, ma anche un'opportunità strategica per la promozione di uno sviluppo sostenibile orientato al rafforzamento dell'identità culturale delle città (Gray, 2013).

Nel contesto di valorizzazione della geodiversità e del patrimonio geologico, la Regione Piemonte si distingue per l'approvazione, il 6 ottobre 2023, della prima legge che riconosce congiuntamente ed in modo organico l'importanza di geositi e geoparchi per lo sviluppo sostenibile del territorio regionale. La L.R. 23/23 ("Disposizioni per la conservazione, gestione e valorizzazione del patrimonio geologico"; Regione Piemonte, 2023) è uno strumento normativo di riferimento, in linea con gli indirizzi internazionali promossi da ProGEO (2011) e UNESCO (2022). Essa riconosce l'interesse pubblico della geodiversità ed ha l'obiettivo di tutelare e promuovere il valore e l'importanza scientifica, dei geositi e dei geoparchi

quali parte integrante del patrimonio geologico del Piemonte, oltre al loro valore culturale, turistico, economico e sociale.

La Legge Regionale n.23/23, fortemente sostenuta dal gruppo di lavoro GeoSIT Piemonte (Regione Piemonte, Arpa Piemonte e Università di Torino – Dipartimento di Scienze della Terra), nasce dalla consapevolezza di una ricca geodiversità del territorio piemontese (Fig. 1), dove diversi domini paleogeografico-strutturali raccontano una lunga storia geologica.

Per la LR.23/23 è stato realizzato un modello di scheda di censimento dei geositi regionali. Tale scheda è composta

da sei sezioni, le quali consentono una raccolta strutturata, scientificamente corretta e conforme dei dati:

1. Informazioni generali: la sezione permette di avviare il censimento con informazioni riguardanti l'inquadramento geografico e la motivazione della scelta del geosito;
2. Elementi della geodiversità rilevanti per il geosito: qui vengono definiti in modo omogeneo ed ontologicamente corretto i diversi elementi che caratterizzano la geodiversità del geosito;
3. Interesse scientifico e interessi contestuali: questa sezione consente di individuare, in accordo con gli am-

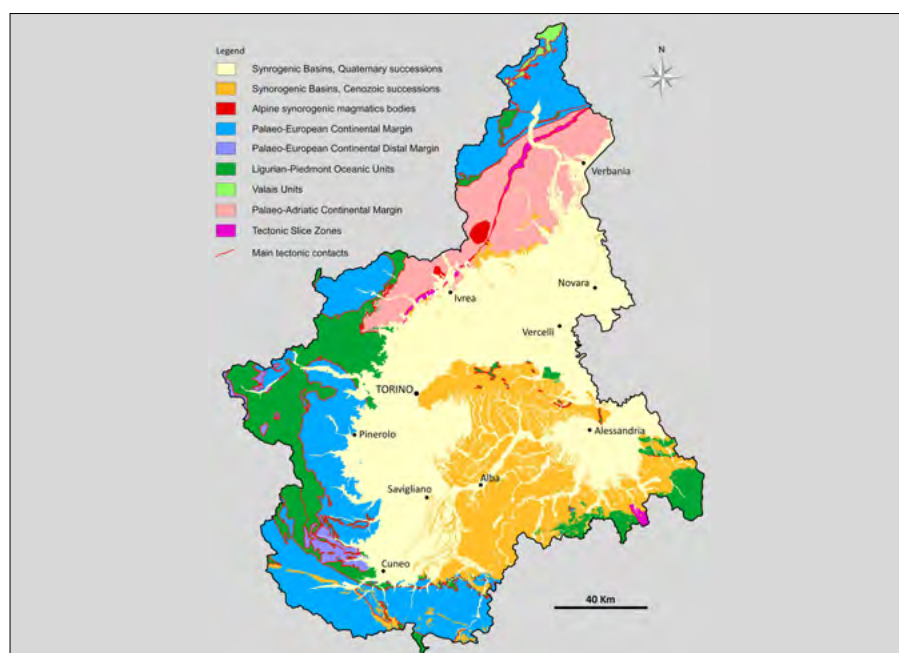


Figura 1. Carta schematica che mostra l'attuale distribuzione dei domini paleogeografici e delle principali unità geologiche (Piana et al., 2017)

- biti indicati nel testo della legge, l'interesse scientifico primario e gli interessi scientifici secondari, oltre ad eventuali interessi contestuali;
4. Dinamica ambientale e territoriale: una sezione per descrivere le dinamiche ambientali e territoriali che possono rendere il geosito vulnerabile o soggetto a impatti;
 5. Fruizione del geosito: sezione che raccoglie le informazioni relative all'accessibilità e all'osservazione del geosito, oltre ad eventuali servizi presenti localmente in ottica di sviluppo sostenibile del territorio;
 6. Tutela, conservazione e protezione: qui vengono elencate le condizioni per la protezione del geosito, in modo da orientare in maniera precisa la sua valorizzazione.

La scheda di censimento è stato lo strumento operativo per la raccolta dei dati da terreno e bibliografici e per la successiva selezione di 23 geositi rappresentativi della geodiversità del territorio piemontese (Fig. 2). Fra questi, alcuni possono essere osservati in ambito urbano, e molti altri testimoniano la forte interazione tra geodiversità e cultura dei luoghi. Esempio emblematico è il caso della "Cava Madre" del Marmo di Candoglia, attiva dal 1387 per la costruzione e la manutenzione del Duomo di Milano. Il geosito esprime la forte la connessione tra architettura e geologia, con richiami alla storia delle georisorse e alle tecniche estrattive. Il Sa-

cro Monte di Varallo, sito del patrimonio UNESCO, è un luogo edificato alla fine del 1400 su un terrazzo roccioso per simulare la città di Gerusalemme; qui i visitatori possono ripercorrere i principali luoghi legati alla vita di Cristo camminando lungo il contatto tra un'intrusione gabbriica stratificata e la roccia incassante costituita da crosta profonda. Altro esempio significativo è rappresentato dalla Sacra di San Michele, monumento simbolo del Piemonte, costruita con materiali lapidei locali tra XI e XIII secolo sulla cima del Monte Pirchiriano, rilievo modellato dal ghiacciaio pleistocenico della Valle di Susa. Nel territorio metropolitano torinese, il Masso erratico Gastaldi è il simbolo delle glaciazioni, osservabile oggi in contesto urbano e con un forte potenziale educativo. Nello stesso contesto torinese, il rilievo collinare dei Monte del Cappuccini offre una spettacolare vista sulla città e sulle forme del paesaggio pedemontano e montano. A sottolineare il suo valore turistico e culturale, il sito ospita anche il Museo Nazionale della Montagna, con la terrazza dalla quale sono stati realizzati gli splendidi panorami storici che documentano i cambiamenti ambientali recenti dell'arco Alpino occidentale. Nel settore di pianura, i geositi fluviali effimeri del Parco del Valentino (fiume Po) e il salto di meandro del Castello di Mirafiori (Torrente Sangone) sono elementi del patrimonio geomorfologico urbano che possono favorire la diffusione di una maggiore consapevolezza

sui fenomeni di dinamica fluviale e sui relativi effetti sul territorio.

I casi di studio di Torino e del Piemonte dimostrano come la geodiversità offra in ambito urbano numerosi spunti per la valorizzazione del patrimonio culturale. La Legge Regionale n.23/23 offre un quadro giuridico moderno volto all'integrazione del patrimonio geologico nelle politiche territoriali, educative e turistiche. Ma evidenzia anche come la sinergia tra enti scientifici, istituzioni e professionisti contribuisca a sviluppare una nuova consapevolezza collettiva sull'importanza delle componenti abiotiche negli equilibri ambientali e nel governo del territorio.

BIBLIOGRAFIA

- GRAY M. (2013), *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- PIANA F., FIORASO G., IRACE A., MOSCA P., D'ATRI A., BARALE L., ... VIGNA G. B. (2017), *Geology of Piemonte region (NW Italy, Alps–Apennines interference zone)*. Journal of Maps, 13(2), 395–405.
- PROGEO (2011), *Conserving our shared geoheritage – a protocol on geoconservation principles, sustainable site use, management, fieldwork, fossil and mineral collecting*.
- REGIONE PIEMONTE (2023), *Legge Regionale n. 23 del 29 settembre 2023. Disposizioni per la conservazione, gestione e valorizzazione del patrimonio geologico*. Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte.
- UNESCO (2022), *Resolution 15 adopted by the General Conference at its 41st session*. Parigi.

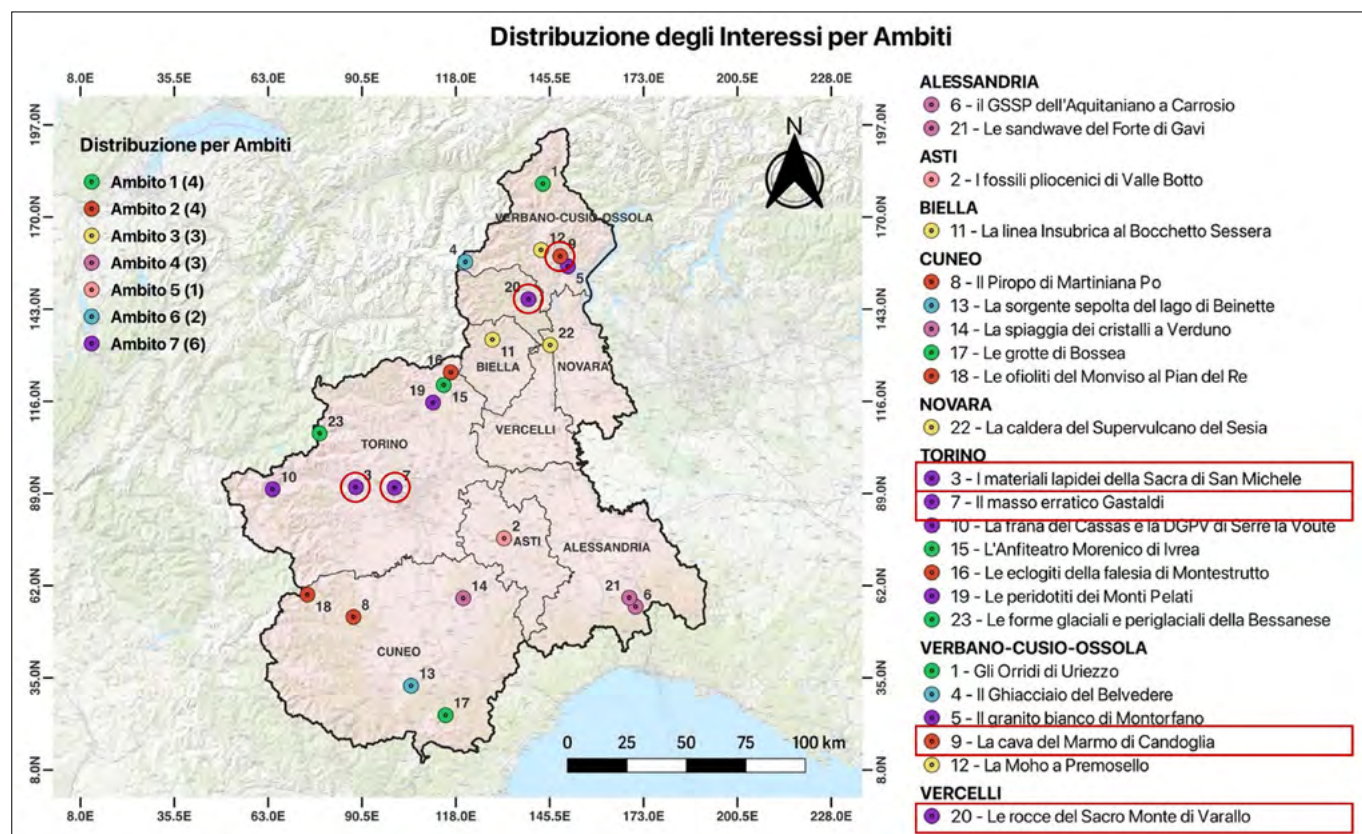


Figura 2. Distribuzione dei 23 geositi più rappresentativi del Piemonte. In rosso: i quattro geositi citati

La geodiversità delle città italiane attraverso la lente dell'Urban Geo-climate Footprint

Francesco La Vigna^{1,2}, Paolo Maria Guarino (1,2), Mauro Bonasera¹, Gianluigi Di Paola¹, Gabriele Leoni^{1,2}, Raffaele Proietti¹, Saverio Romeo^{1,2}, Maria Paola Campolunghi¹
¹ISPRA – Servizio Geologico d'Italia
²EuroGeoSurveys – Urban Geology Expert Group
 Email: francesco.lavigna@isprambiente.it

The geodiversity of Italian cities through the lens of the Urban Geo-climate Footprint

Parole chiave: resilienza urbana, geologia urbana, Italia, cambiamento climatico, Urban Geo-climate Footprint

Key words: urban resilience, urban geology, Italy, climate change, Urban Geo-climate Footprint

RIASSUNTO

La geodiversità delle aree urbane appare particolarmente marcata nel territorio italiano, di per sé estremamente complesso e articolato dal punto di vista geologico, al punto da influenzarne la storia insediativa e le criticità ambientali, ed è un concetto che si lega strettamente a quello della resilienza.

Nel contesto delle sfide urbane del XXI secolo, la resilienza delle città (Merow et al., 2016) dipende sempre più anche dalla comprensione dei fattori geologici e climatici che le influenzano (IPCC, 2012). L'Urban Geo-climate Footprint (UGF) (Lentini et al. 2024) è un approccio metodologico innovativo, sviluppato dal Servizio Geologico d'Italia di ISPRA nell'ambito dell'Urban Geology Expert Group di EuroGeo-

Surveys (la rete europea dei servizi geologici), che permette di classificare le città in base alla loro complessità geologica e climatica, contribuendo a migliorare la consapevolezza degli amministratori e dei cittadini sul ruolo del contesto fisico nella gestione urbana sostenibile. L'UGF si fonda sull'assunto che città con caratteristiche geologiche e climatiche simili presentino sfide comuni, e si avvale di un sistema di indicatori articolato in cinque categorie (Driver): Geologia (GEO), Processi profondi (DEE), Processi superficiali (SUP), Processi esogeni (EXO), e Pressione antropica sul sottosuolo (SAP). Ogni città riceve un punteggio sintetico (UGF Score Index) in grado di rappresentare, in maniera semi-quantitativa, le pressioni derivanti da questi fattori (Fig. 1). L'indice

consente non solo di identificare città con condizioni potenzialmente critiche, promuovendo l'adozione di strategie condivise per il rafforzamento della resilienza (Coaffee & Lee, 2016), ma anche di valutare potenziali benefici per la città derivanti dalle peculiari caratteristiche del sottosuolo.

Ad oggi, in Europa la metodologia è stata applicata su oltre 40 città (Fig. 2) e, tra queste, 9 in Italia (Napoli, Roma, Messina, L'Aquila, Firenze, La Spezia, Milano, Udine e Trieste). I risultati hanno evidenziato la ricchezza e la varietà del patrimonio geologico urbano nazionale. Napoli si colloca al vertice della classifica europea con un punteggio UGF INDEX molto elevato, dovuto alla combinazione di alta pericolosità sismica e vulcanica, complessità geolo-

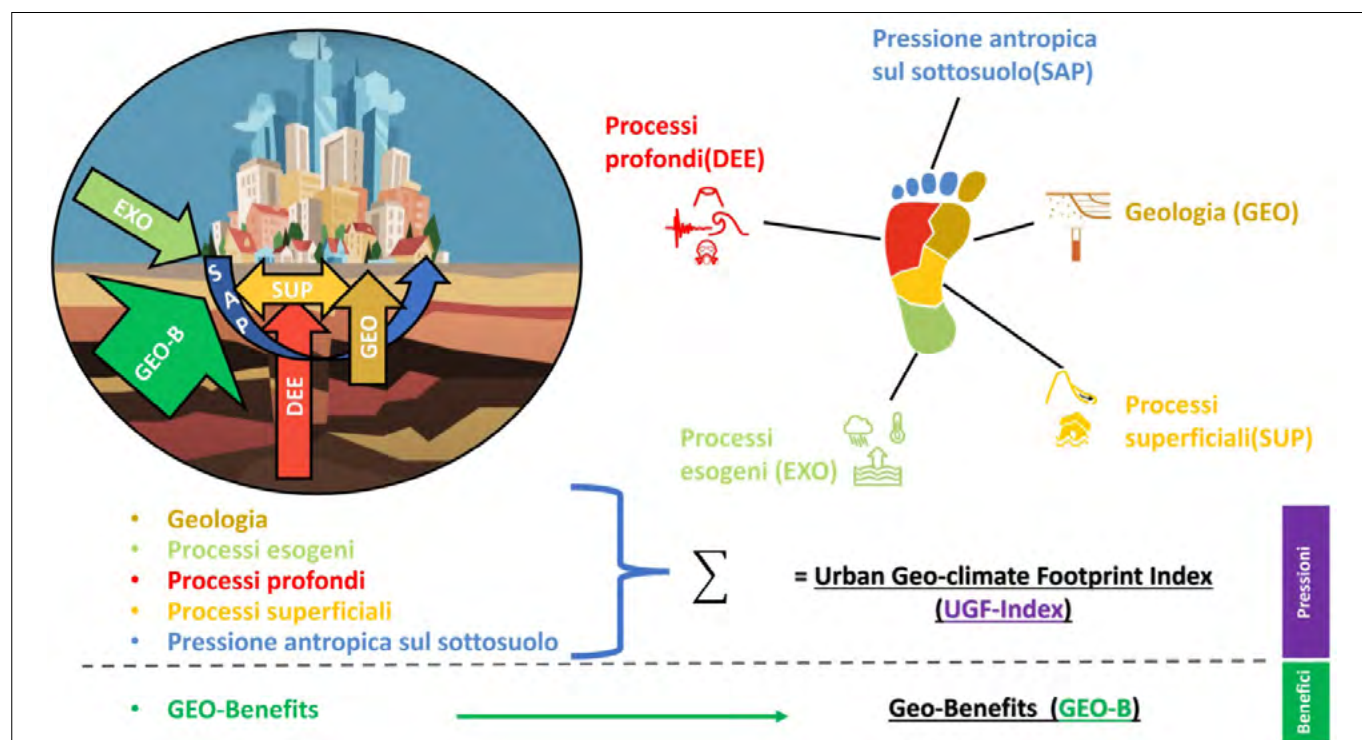


Figura 1. Concettualizzazione dell'approccio UGF

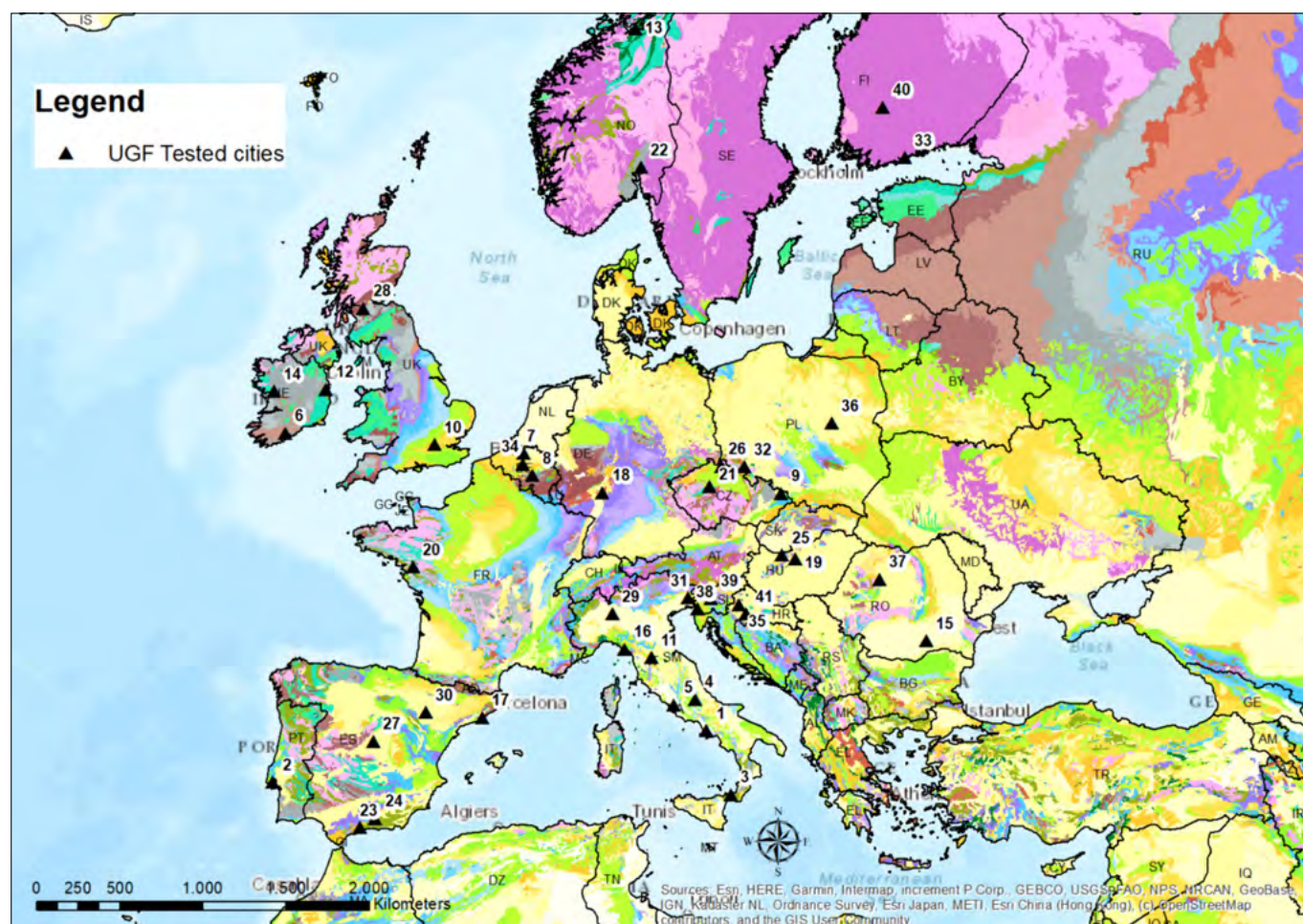


Figura 2. Città analizzate in Europa attraverso il metodo UGF

gica, processi superficiali e pressione antropica. Seguono Messina, L'Aquila e Roma, tutte caratterizzate da elevata complessità geologica e da una forte incidenza di fenomeni naturali e antropici. Firenze, Milano, Udine e Trieste, sebbene con valori inferiori, presentano anch'esse criticità significative legate al consumo di suolo, alla subsidenza e all'esposizione a eventi climatici estremi.

Recentemente, le analisi in Italia sono state integrate con tutti i capoluoghi di regione restanti, portando nel complesso le città analizzate nel nostro Paese a 24. Questi risultati mostrano come la geodiversità urbana italiana comporti una varietà di pressioni ambientali (Brilha, 2016) e antropiche che devono essere integrate nelle politiche di pianificazione urbana. L'UGF offre una visione olistica e sintetica ma efficace per comprendere e comunicare queste problematiche. Inoltre, grazie al suo formato accessibile (*City Geo Factsheet*), il metodo favorisce il dialogo tra esperti, amministratori e cittadini, promuovendo azioni di adattamento basate sulla conoscenza scientifica.

La classificazione consente anche di avviare confronti tra città, anche al di fuori dal contesto nazionale, che condividono problematiche analoghe,

indipendentemente dalla loro collocazione geografica, facilitando lo scambio di buone pratiche. L'applicazione della metodologia UGF nel panorama italiano, tuttora in implementazione con l'obiettivo di estendersi a tutto il territorio nazionale, evidenzia l'importanza di includere la componente geologica nelle strategie di resilienza urbana. La possibilità di estendere il modello a nuove città e contesti permetterà in futuro di raffinare ulteriormente gli indicatori e favorire un approccio integrato alla sostenibilità urbana. In definitiva, l'UGF si configura come uno strumento utile non solo per la generica valutazione tecnico-scientifica, ma anche come supporto decisionale per una pianificazione più equa e consapevole del territorio (UNDRR, 2015).

BIBLIOGRAFIA

- BRILHA J. (2016), *Inventory and quantitative assessment of Geosites and geodiversity sites: A review*. *Geoheritage*, 8, 119–134.
- COAFFEE J., LEE P. (2016), *Urban resilience: Planning for risk, crisis and uncertainty*. Palgrave Macmillan. London.
- IPCC (2012), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- LENTINI A., GALVE J.P., BENJUMEA B., BRI-

CKER S., DEVLEESCHOUWER X., GUARINO P.M., KEARSEY T., LEONI G., PUZZILLI L.M., ROMEO S., VENNIK G., LA VIGNA F. (2024), *The Urban Geo-climate Footprint approach: Enhancing urban resilience through improved geological conceptualisation*. *Cities* n. 155.

MEEROW S., NEWELL J.P., STULTS M. (2016), *Defining urban resilience: A review*. *Landscape and Urban Planning* n. 147.

UNDRR (2015), *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*.

Urbanità ecocentrica: valorizzazione e protezione dei contesti geologici nell'Antropocene

Ecocentric Urbanism: Valorization and Protection of Geological Contexts in the Anthropocene

Elena Alessi

Dottorato in Scienze del Patrimonio Culturale Dipartimento di Storia, Patrimonio culturale, Formazione e Società

Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"

Email: elena.alessi@alumni.uniroma2.eu

Parole chiave: Antropocene, geografia, Diritti della Natura, geo-diversità urbana, patrimonio geo-ambientale

Key words: Anthropocene, geography, Rights of Nature, urban geo-diversity, geo- environmental heritage

1. INTRODUZIONE

Nel quadro attuale dell'Antropocene - epoca stratigraficamente marcata dall'azione pervasiva dell'uomo sui processi della Terra - si moltiplicano eventi di collasso ambientale, degrado ecologico, erosione di habitat e frammentazione di sistemi socio-ecologici, umani e non-umani. Queste dinamiche evidenziano una crescente disarticolazione sistemica, sintomo di un modello civilizzatore in crisi che impone un ripensamento profondo delle relazioni tra società, ambiente e territorio.

In particolare, le aree urbane emergono oggi come epicentri delle trasformazioni geologiche e climatiche globali, e assumono un ruolo cruciale nella ridefinizione delle pratiche di cura del territorio e dei processi di resilienza ambientale. Ciò richiede di superare la tradizionale dicotomia tra natura e cultura e di riformulare il concetto stesso di urbanità, includendo in esso la valorizzazione e la protezione dei contesti geologici urbani. Questi ultimi non costituiscono semplicemente il substrato fisico delle città, ma rappresentano componenti essenziali del patrimonio geoambientale, spesso trascurate nelle politiche urbanistiche e nei modelli di sviluppo. Una delle radici profonde della crisi ecologica contemporanea risiede nel paradigma antropocentrico, che ha ontologicamente subordinato la Natura a un ruolo strumentale. Per invertire questa tendenza, si fa sempre più strada l'ipotesi di attribuire alla Natura, e in particolare agli ecosistemi geologici, una soggettività giuridica propria, fondata sul diritto di esistere, evolvere e rigenerarsi indipendentemente dall'interesse umano (Latour, 2020). Tale visione si sta affermando a livello globale: Stati come Ecuador e Bolivia

hanno introdotto nei rispettivi ordinamenti costituzionali il riconoscimento dei diritti della Natura, promuovendo un cambiamento paradigmatico nella relazione tra esseri umani e ambiente. Questo passaggio implica non solo una transizione da una logica estrattiva a una logica relazionale, ma anche una trasformazione delle politiche urbane e territoriali verso modelli fondati su cura, responsabilità interspecie e giustizia ecologica (Tronto, 2015). Nel contesto urbano - che potremmo definire, sempre più appropriatamente, Urbanocene - diventa strategico integrare la geodiversità e i processi geologici nelle pratiche di pianificazione, tutela e rigenerazione. Affrontare le sfide dell'Antropocene richiede dunque un riorientamento radicale: non solo delle architetture politiche ed economiche, ma anche delle forme di coscienza collettiva. Un'etica ecocentrica - capace di riconoscere valore intrinseco agli elementi geologici, anche in contesti fortemente antropizzati - appare oggi imprescindibile per costruire solidi rapporti di coabitazione (Lussault, 2024).

2. ANTROPOCENE: L'UOMO COME AGENTE GEOLOGICO

La nozione di Antropocene, quale nuova epoca geologica, ha acquisito rilevanza sistemica nell'ambito scientifico e accademico a partire dalla pubblicazione pionieristica di Crutzen e Stoermer (Crutzen e Stoermer, 2000). Tale concetto, pur originato decenni prima, si configura come un paradigma epistemologico e stratigrafico che identifica un'era nella quale le attività antropiche rappresentano la forza prevalente nel modificare i sistemi terrestri. L'attuale epoca geologica ufficialmente ricono-

sciuta, l'Olocene, iniziata circa 11.700 anni fa con la conclusione dell'ultima glaciazione pleistocenica, risulta oggi oggetto di revisione critica, a fronte dell'intensità e della scala degli impatti antropici. Tali impatti includono emissioni di gas serra in quantità senza precedenti, acidificazione degli oceani, contaminazioni chimiche e radioattive, oltre a processi di estinzione di massa su scala globale, configurando una discontinuità cronostatigrafica rispetto alla fase precedente.

Le evidenze empiriche a sostegno dell'Antropocene sono molteplici e interdisciplinari. Già a partire dal 1958, le serie storiche di concentrazione di CO₂ rilevate da Keeling presso il Mauna Loa, hanno documentato un aumento costante della componente antropogenica atmosferica, offrendo una prima conferma empirica della modificazione globale dovuta all'industrializzazione fossile (Ellis, 2020). La potenza energetica antropica, stimata nell'ordine di 17 terawatt, si colloca su livelli paragonabili a eventi geologici naturali, quali eruzioni vulcaniche o attività tettoniche, riconfigurando l'uomo quale agente geologico di rilievo planetario (Morton, 2007).

Il dibattito cronostatigrafico sulla delimitazione temporale dell'Antropocene converge attualmente alla metà del XX secolo, periodo definito come Grande Accelerazione (circa 1945-1964), caratterizzato da un'esplosione di attività industriali e nucleari che hanno generato un deciso segnale stratigrafico globale. Oltre ai radionuclidi, la stratigrafia geochimica dell'Antropocene si contraddistingue per l'aumento esponenziale di anidride carbonica, la diffusione massiva di plastica e la trasformazione agroindustriale, che lasciano tracce indelebili nella sedimentazione

contemporanea. L'identificazione e la caratterizzazione dei marcatori antropogenici costituiscono un campo di ricerca cruciale per la comprensione dell'Antropocene. I tecnofossili, ovvero artefatti artificiali, come le plastiche, assumono valore di indicatori stratigrafici e simboli emblematici del cambiamento epocale, evidenziando la trasformazione sistemica dei processi terrestri causata dall'uomo.

3. GOVERNANCE, GEO-STRATEGIE E NUOVE PROSPETTIVE

A livello urbano, la diffusione planetaria dell'urbanizzazione ha generato una stratigrafia antropocenica sotterranea complessa, costituita da depositi artificiali, infrastrutture persistenti, discariche interrato e profonde alterazioni chimico-fisiche. Pur rivestendo un'enorme rilevanza, il dibattito contemporaneo continua a manifestare un marcato *surface bias* (Zurita, Munro e Houston, 2017), che tende a relegare il sottosuolo a mera infrastruttura tecnica, ignorandone il valore stratigrafico e le implicazioni ecopolitiche. Per superare questa limitazione, si rende necessario un ampliamento del concetto di resilienza urbana, attraverso l'introduzione del paradigma di resilienza ecologico-geologica. Tale approccio include la capacità dei sistemi urbani non solo di adattarsi ai cambiamenti ambientali, ma anche di rigenerare le proprie funzioni geologiche e ecologiche sotterranee, riconoscendone la rilevanza per l'equilibrio complessivo del territorio. In questo quadro, il sottosuolo non viene più considerato esclusivamente in termini funzionali o strumentali, ma come soggetto dei Diritti della Natura, dotato di un valore intrinseco e di una propria integrità, indipendentemente dai risvolti utilitaristici (Borgnino, 2020). Tale prospettiva ecocentrica, sempre più presente anche in ambito giuridico e teorico, impone un profondo ripensamento delle norme relative alla proprietà, allo sfruttamento e alla tutela delle componenti ambientali. Le conseguenze geopolitiche di una simile de-antropizzazione del sottosuolo risultano significative, poiché implicano una trasformazione delle pratiche di *governance* urbana verso modelli più inclusivi, multilivello e orientati alla giustizia ambientale. Di conseguenza, è necessario sviluppare strumenti capaci di mediare i conflitti d'uso, tutelare la geodiversità e garantire un'equa distribuzione delle risorse. In tali scenari, la città non si configura più come un

artefatto antropocentrico, ma come un organismo ibrido, in coevoluzione con i sistemi biotici e abiotici che la costituiscono. La gestione etica e rigenerativa dell'ambiente sotterraneo diventa allora una condizione necessaria per immaginare modelli urbani post-Antropocene, capaci di coniugare sostenibilità, responsabilità ecologica (Jonas, 2009) e coabitazione multispecie.

BIBLIOGRAFIA

- BORGNINO E. (2020), *Kuleana tra diritti della Natura e responsabilità: un'introduzione all'ontologia giuridica nativa hawaiana*, in *La Natura come soggetto di Diritti. Prospettive antropologiche e giuridiche a confronto*, Editpress, Firenze.
- CRUTZEN P.J., STOERMER E.F. (2000), *The "Anthropocene"*, Global Change Newsletter, vol. XLI.
- ELLIS E.C. (2020), *Antropocene. Esiste un futuro per la terra dell'uomo?*, Giunti Editore - Slow food Editore, Firenze.
- JONAS H. (2009), *Il principio responsabilità. Un'etica per la civiltà tecnologica*, Piccola biblioteca Einaudi, Torino.
- LATOUR B. (2020), *La sfida di Gaia. Il nuovo regime climatico*, Meltemi, Milano.
- LUSSAULT M. (2024), *Cohabitons! Pour une nouvelle urbanité terrestre*, Éditions du Seuil, Paris.
- MORTON O. (2007), *Eating the Sun: How Plants power the Planet*, Forth Estate, Londra.
- TRONTO J.C. (2015), *Who cares? How to reshape a democratic politics*, Cornell University Press, Ithaca, New York (USA).
- ZURITA M.L.M., MUNRO P.G., HOUSTON D. (2017), *Un-earthing the Subterranean Anthropocene*, Area, Volume 50, pp. 298-305.

Patrimonio geologico nell'ecosistema urbano del centro storico di Genova

Paola Coratza¹, Francesco Faccini²,
Andrea Ferrando¹, Giacomo Montanari²,
Pietro Piana²

¹Università di Modena e Reggio Emilia

²Università degli Studi di Genova

E-mail: faccini@unige.it

Geological heritage in the urban ecosystem of the historic center of Genoa

Parole chiave: patrimonio geologico, geologia urbana, geositi, cartografia geomorfologica, Genova

Key words: geological heritage, urban geology, geosites, geomorphological mapping, Genoa

RIASSUNTO

Genova è la sesta città italiana in ordine di grandezza e sede del secondo porto del Mediterraneo, ed è caratterizzata da una lunga e complessa storia a partire dal periodo protostorico.

La città di Genova fu probabilmente fondata dai Liguri e si originò dal più antico insediamento dell'oppidum detto "di Castello" (Sarzano), sul colle che domina l'antico porto fondato agli inizi del V secolo a.C.

La città è diventata particolarmente importante in epoca medioevale e mo-

derna, tra il 1099 e il 1797, quando è stata capitale di una delle repubbliche marinare, "Genova la Superba". Dall'Unità d'Italia in avanti la città è cresciuta in dimensioni in funzione dello sviluppo industriale e la sua espansione è andata ben oltre i limiti del centro storico: nel 2026 si celebreranno i 100 anni della "Grande Genova" cioè l'unione in un'unica entità amministrativa del Comune di Genova con altri 19 comuni limitrofi.

Il complesso delle Strade Nuove e il Sistema dei Palazzi dei Rolli nel centro storico è stato dichiarato dal 2006 patri-

monio mondiale dell'Umanità (WHL): tra il Cinquecento e il Seicento a Genova fu avviato un progetto residenziale nobiliare pubblico per la realizzazione di un sistema di nuove strade e palazzi di rappresentanza. Lungo le Strade Nuove sorsero così i Palazzi dei Rolli, dal nome degli elenchi o registri ufficiali nei quali erano iscritte le nobili dimore, frutto di una accorta gestione amministrativa in cui gli interessi privati si unirono a quelli pubblici, dando vita ad un modello originale che fu esempio per l'intera Europa.

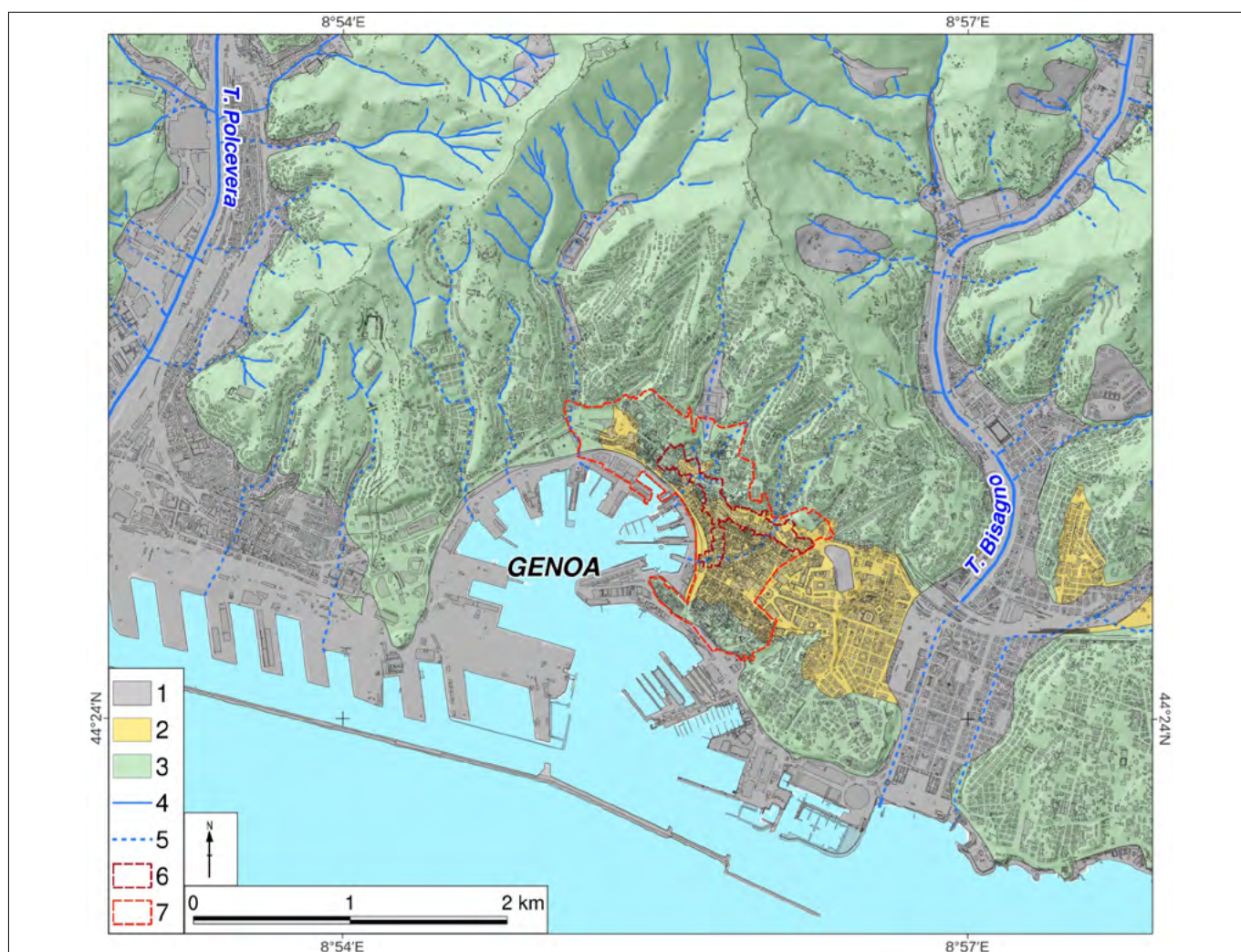


Figure 1. Sketch geomorfologico. 1) Depositi di origine antropica (riempimenti, riporti, discariche); 2) Argille plioceniche; 3) Calcarei marnosi con livelli di argilliti e marne (Cretacico); 4) Corso d'acqua; 5) Corso d'acqua tominato; 6) Sito Patrimonio Mondiale UNESCO; 7) Buffer zone del Sito Patrimonio Mondiale UNESCO.

L'assetto fisico-geografico del centro di Genova è caratterizzato da un anfiteatro morfologico che culmina a 512 m s.l.m. col M. Peralto ed è limitato a mare da una stretta fascia costiera totalmente urbanizzata. La parte collinare, solcata da torrenti di breve lunghezza ma significativa pendenza, presenta acclività tra 35 e 75% ed è modellata in calcari marnosi con livelli di argilliti e marne, risalenti al Cretacico (APAT, Regione Liguria, 2008), mentre la porzione a quote inferiori a contatto col mare presenta acclività inferiore al 10% ed è caratterizzata da argille plioceniche (Limoncelli e Marini, 1969), da depositi alluvionali costieri e da riempimenti antropici.

In analogia con altre realtà del Mediterraneo, la complessa stratificazione di differenti fasi urbanistiche attraverso almeno un millennio di storia ha alterato le originarie forme del paesaggio naturale (Rovereto, 1938). Alcune forme e depositi sono stati modificati ma possono ancora essere identificati nel paesaggio, altri sono stati completamente cancellati, e nello stesso tempo sono osservabili nuove forme artificiali (Faccini *et al.*, 2020). Alcune di queste forme antropiche rivestono un significativo pregio culturale, perché garantiscono la comprensione delle complesse interazioni tra l'attività antropica ed il paesaggio naturale (Brandolini *et al.*, 2018).

Sulla base di attività scientifiche relative all'assetto geomorfologico del centro storico di Genova, questa ricerca presenta un primo contributo sul patrimonio geologico dell'ecosistema urbano genovese.

Particolare attenzione è stata rivolta al patrimonio geologico in senso stretto (Reynard *et al.*, 2017), che include i siti che possono aiutare a comprendere l'interazione tra l'assetto geologico in senso ampio e lo sviluppo urbano.

In particolare, è possibile identificare alcune possibili relazioni tra l'assetto geologico e l'area urbana:

- Forme che contribuiscono al paesaggio e al patrimonio naturale della città. Tra le tante presenti nel caso-pilota si può descrivere il sito del Promontorio della Lanterna di Genova, che rappresenta il simbolo della città.
- Forme che possono costituire una delle forzanti per lo sviluppo dell'area urbana. In questo caso è possibile notare come l'area urbana genovese fino al XIX secolo insista sulla formazione delle Argille di Ortovero,

a causa della morfologia più dolce e più favorevole al costruito (Fig. 1);

- Siti che mettono in luce come i processi geomorfologici attivi rappresentino elementi di pericolosità naturale. A questo proposito si può citare il caso della rete idrografica del centro storico di Genova rappresentata da corsi d'acqua interamente canalizzati e tombinati, per cui il processo fluviale è modificato dall'attività antropica.
- L'assetto geologico fornisce beni e servizi ecosistemici alla città. In questo caso l'esempio più significativo riguarda l'attività estrattiva della cosiddetta "Pietra di Promontorio" utilizzata fin da tempi storici come materiale da costruzione.
- L'urbanizzazione è un vettore di trasformazione del rilievo, e conseguentemente di nuove forme antropiche. Tra i numerosi esempi nel centro storico genovese si citano i riempimenti a mare per la realizzazione dei moli portuali, mentre sui versanti si osservano sbancamenti e riporti per grandi vie di comunicazione e antiche discariche rimodellate, come quella su cui è stato realizzata la spianata dell'Acquasola.
- Infine, l'urbanizzazione determina la distruzione o la scomparsa di forme naturali. Due esempi significativi di forme scomparse sono la stretta spiaggia che caratterizzava la porzione orientale dell'attuale area portuale (testimonianza il toponimo "Sottoripa") e le spianate morfologiche di Carignano e Sarzano, che costituivano antiche superfici d'erosione marina.

In termini di valorizzazione del paesaggio geologico urbano sono stati progettati tre percorsi urbani, che consentono la fruizione del patrimonio geologico e la comprensione dell'evoluzione idro-geomorfologica del centro storico genovese:

- 1) "Genova verticale", basato sulla funicolare Zecca -Righi e sulle antiche "crêuze", tradizionali percorsi pedonali di collegamento tra città antica e colline. Il percorso consente di apprezzare la stretta relazione esistente tra viabilità storica e assetto geomorfologico che ha nell'estrema acclività di queste mulattiere, impostate lungo i crinali che dalla collina del Righi degradano verso il centro della città, la sua principale manifestazione.
- 2) "Le Vie dell'Acqua", lungo il tratto terminale dell'acquedotto storico, le fontane e i barchili. Si tratta di un

itinerario che consente di ritrovare nell'urbanistica e nella toponomastica cittadina aspetti ormai dimenticati di un complesso sistema di approvvigionamento idrico della città e del suo porto funzionante ufficialmente fino a metà Ottocento

- 3) il "Promontorio della Lanterna", nella zona occidentale dell'anfiteatro morfologico, come testimonianza di forme e attività scomparse. Un percorso ai margini occidentali dell'anfiteatro storico genovese in un territorio profondamente modificato dall'attività estrattiva e dallo sviluppo del porto e di infrastrutture che hanno comportato significative ripercussioni sull'assetto geomorfologico e paesaggistico

Questi percorsi rappresentano a tutti gli effetti degli itinerari di interesse pubblico che si prestano a essere messi a sistema per implementare l'offerta di trekking urbano, utili alla comprensione del contesto geologico, dell'interazione tra processi naturali e forme antropiche, e alla relazione tra azione antropica e rischi naturali (Faccini *et al.*, 2023).

BIBLIOGRAFIA

- APAT, REGIONE LIGURIA (2008), *Foglio 213230 'Genova' della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Selca Editore, Firenze.
- BRANDOLINI P., FACCINI F., PALIAGA G., PIANA P. (2018), *Man-Made landforms identification and mapping in an highly urbanized historical centre on coastal-hilly Mediterranean environment*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 41(1), 23-34.
- FACCINI F., FERRANDO A., MONTANARI G., PIANA P., SAJ S., TERRONE M., TRAVERSO S. (2023), *Artificial cavities and geo-risk assessment: the case of "The Strade Nuove and the system of the Palazzi dei Rolli" Unesco World Heritage site in Genoa (Italy)*. Hypogea 2023, Proceedings of IV International Congress of Speleology in Artificial Cavities, Italy, Genoa, September 29th-1st October 2023, 47-56.
- FACCINI F., GIARDINO M., PALIAGA G., PEROTTI L., BRANDOLINI P. (2020), *Urban geomorphology of Genoa old city (Italy)*. Journal of Maps, 17(4), 51-64.
- LIMONCELLI B., MARINI, M. (1969), *Condizioni geologico-strutturali, idrografiche e geomorfologiche del territorio urbano della città di Genova e loro riflessi applicativi*. Tamburini ed.
- REYNARD E., PICA A., CORATZA P. (2017), *Urban geomorphological heritage. An Overview*. Quaestiones Geographicae, 36(3), 7-20.
- ROVERETO G. (1938), *Genova e la geomorfologia urbanistica*. Consiglio nazionale delle ricerche, Comitato per la geologia. Estratto da 'La Ricerca Scientifica', I, 11-12.

Geoturismo urbano fra città del tufo e termalismo, in Maremma Toscana

Urban Geotourism between tuff city and thermalism, in Maremma Tuscany

Stefano Farinelli

Geologo, Docente ed assegnista di Ricerca presso DST UNIFI

E-mail: farinelliformat@gmail.com

Parole chiave: Pitigliano, Sorano, vulcano, roccia, tufo, Saturnia, Idrogeo-chimica, Acque Termali, vino
Key words: Pitigliano, Sorano, Volcano, rock, tuff, Saturnia, Hydrochemistry, Thermal Water, wine

INTRODUZIONE

Il Geoturismo, come nuova frontiera per conoscere le caratteristiche geologiche, ma anche socio culturali di un luogo. Ne sono un esempio i numerosi Geoparchi e/o aree a Parco Nazionale, in cui si trovano Geositi ed ambienti modellati dalle dinamiche terrestri. L'attività del geoturismo, può essere svolta da chiunque sia interessato alla storia del pianeta terra, in associazione spesso alla pratica di sport all'aria aperta. Nello specifico il Geoturismo urbano, consente di apprezzare l'utilizzo delle rocce, poi divenute pietre, per la costruzione di strutture abitative, che molto spesso rispecchiano le risorse geologiche ivi presenti. Inoltre, non meno importante, l'utilizzo di emergenze naturalistiche positive, come attrazione per utenti su vario target di età ed estrazione sociale.

1. GEOLOGIA DELLE AREE URBANE

Tutta l'area di studio geoturistico è ricoperta dai depositi vulcanici del complesso vulsino. Una zona a confine fra Toscana, Umbria e Lazio, dove si trovano numerose strutture ormai perlopiù inattive. Partendo da Nord dell'areale, si trova l'abitato di Sorano, per poi passare da Pitigliano e giungere infine a Manciano. Qui, ad esclusione di Manciano, in cui affiorano principalmente rocce sedimentarie e da precipitazione (Travertini) (A. Barbagli, *et al.* 2013), sono presenti depositi vulcanici, maggiormente flussi piroclastici con matrice gialla, bianca o rosata. Si denota la presenza di tufi, pomici di varie dimensioni, in funzione degli eventi eruttivi (R. Martelli, 2008).

Tutti derivanti dalle strutture Bolsena-Latera, dove ad oggi sorge l'omonimo lago di Bolsena sull'enorme caldera che resta. Questa tipologia di substrato geologico conferisce un'importanza di alto rilievo per lo sviluppo geoturistico

zonale. Gran parte dell'area è caratterizzata dalla presenza di termalismo dovuto al complesso vulcanico del Monte Amiata, che talvolta, origina fuoriuscite di acqua con caratteristiche specifiche in temperatura e sali minerali, che le rendono uniche nel proprio genere. Il paesaggio per come lo conosciamo oggi, deve la sua bellezza anche agli agenti atmosferici che hanno scavato i banchi di roccia creando balze e calanchi dall'effetto visivo spettacolare.

2. GEOSITI PRESENTI

In tutta l'area di studio, sono presenti numerosi Geositi anche di grande estensione spaziale. Tutto "l'altipiano" su depositi vulcanici, offre spunti interessanti per delimitare aree di interesse geologico. Le ripide pareti delle rupi su cui si fondano Sorano e Pitigliano, sono di per se affioramenti, in posto, che rappresentano un Geosito unico in continuità spaziale superficiale e in quota. Nei pressi delle rupi, si trovano le Vie cave, tipiche incisioni antropiche che risalgono al tempo degli Etruschi. Il sito di Vitozza, antico insediamento con grotte e pertugi, scavati nella roccia vulcanica. Necropoli con tombe etrusche interne ai banconi piroclastici e più a sud, le terme di Saturnia, nel comune di Manciano, con cascatelle principalmente formate su Travertino (Fig. 1).

3. GEOTURISMO A PITIGLIANO E SORANO

I borghi di Pitigliano e Sorano rappresentano un unicum nel proprio genere. Da qualsiasi parte si possa arrivare, questa zona di confine, della Maremma Toscana, risulta incastonata all'interno di boschi e meandri di piccole strade rurali (Parco Archeologico Città del Tufo). Non molto distanti dal mare, acquisiscono sapori e costumi legati all'entroterra. A partire dall'enogastronomia con salumi e carni pregiate

accompagnati da vini vulcanici! Qui, si trovano vitigni che nascono e crescono al di sopra degli spessi banconi di materiale vulcanico solidificato.

Il tufo, conferisce caratteristiche uniche ai vini che si ottengono dalla viticoltura. Alcuni studi, sono stati effettuati per determinare queste influenze che conferiscono precisi canoni di territorialità (I. Tescione, *et al.* 2020). Nelle "grotte" artificiali, si sviluppano condizioni di temperatura ed umidità ottime per la maturazione e conservazione dei vini stessi e di altri prodotti alimentari. In entrambi i centri storici, si possono ritrovare mura ed abitazioni costruite interamente con la pietra di origine vulcanica, come nella piccola ma caratteristica Sovana. Se ci sofferma ad osservare questi blocchi, perfettamente scolpiti, si possono ritrovare oggetti che l'eruzione ha trasportato con forza e che poi sono rimasti all'interno della caotica nube. Elemento unico e che contraddistingue fortemente il paesaggio, sono le Vie cave che si diramano alla base dei banconi rocciosi. Strade di campagna, perlopiù immerse nella fitta vegetazione della macchia mediterranea, che collegano siti anche molto distanti. Venivano realizzate dagli antichi popoli per raggiungere facilmente un luogo B partendo da un punto A. Un sorta di direttrici che giungono anche all'interno delle imponenti necropoli.

Qui la roccia è stata scavata con cura e precisione, al contrario delle strutture che si ergono al di sopra degli altipiani, si formano piccoli tunnel e nicchie buie dove venivano sepolti i deceduti. Nei pressi di Sorano, nascosta nel bosco c'è anche Vitozza, dove l'attività antropica ha ancora altri scopi! Piccole "buche" sulle pareti scoscese di roccia vulcanica utili per l'allevamento dei volatili. Come nella vicina Orvieto, i volatili venivano allevati per rendere quei popoli autosufficienti.



Fig. 1

4. GEOTURISMO A SATURNIA-MANCIANO

Scendendo più a sud rispetto Sorano e Pitigliano, l'attrattiva geoturistica incontra l'abitato di Saturnia. Questo merita un paragrafo a parte, perchè vengono trattati aspetti geologici che indirettamente riguardano le rocce ed il loro utilizzo. Si tratta principalmente di aspetti legati alle caratteristiche delle acque che sgorgano naturalmente nel comprensorio.

Infatti, i depositi sedimentari fra calcari ed argilliti consentono la circolazione sotterranea di fluidi (acque con gas) che portano con se proprietà molto singolari. Il tutto è dovuto al complesso vulcanico del Monte Amiata, il quale consente alle acque che si infiltrano nel sottosuolo, di riscaldarsi e risalire ricche di gas e minerali. Dopo decenni di arricchimento e riscaldamento sotterraneo, fuoriescono come nel caso di Saturnia. Le terme di Saturnia, conosciute in tutto il mondo, sono costituite da acqua con miscela di gas e set di minerali. I turisti affollano lo stabilimento privato, ma è lungo il torrente Gorello, nei pressi del vecchio mulino, che si trovano delle cascatelle sul caratteristico Travertino. un luogo aperto a tutti e la roccia, ricoperta di carbonati appartiene alle rocce eva-

poritiche da precipitazione chimica (A. Barbagli, *et al.* 2013). Non distante dalle terme, sorge arroccato il borgo di Saturnia, frazione del Comune di Manciano. Un geosito integrale, viste le mura ciclopiche in roccia di origine carbonatica.

5. FRUIBILITÀ PER ATTIVITÀ GEOTURISTICA

Le terre di Maremma, possono essere visitate facilmente attraverso il geoturismo ed attraverso il trekking. Numerosi sentieri si districano fra le vie cave e le strade rurali, che collegano l'entroterra al litorale tirrenico. Utilizzando bici con pedalata solo muscolare o assistita (elettrica), si possono attraversare i 3 borghi all'interno di una singola giornata. Con alcune soste enogastronomiche e storico-culturali, da Nord a Sud, si ripercorre la storia del popolo etrusco che ha modellato e si è adattato alla tenera ma dura, roccia vulcanica.

BIBLIOGRAFIA

- MARTELLI R. (2008), *Piano Strutturale coordinato dei Comuni di Castell'Azzara-Pitigliano-Sorano*.
 BARBAGLI A., NUNZIO ANTONIO F., CALLEGARI I., GUASTALDI E., LIALI G., MARISCO N., REZZA C., TROTTA M. (2013), *Approccio multi-isotopico ed idrogeochimico per la caratterizzazione di acque termali: il*

caso di Saturnia (GR), Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater (2013) - AS07029: 025 - 040

TESCIONE I., CASALINI M., MARCHIONNI S., BRASCHI E., MATTEI M., CONTICELLI S. (2020), *Conservation of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ During Wine-Making of White Wines: A Geochemical Fingerprint of Geographical Provenance and Quality Production*.

PARCO ARCHEOLOGICO CITTÀ DEL TUFO
<https://cittadeltufo.com/>

Le pietre del centro storico della città di Lucca

The stones of Lucca's historic center

Parole chiave: Pietre storiche, Geologia urbana, Architettura lucchese, Degrado della pietra, Conservazione del patrimonio

Key words: Historic stones, Urban geology, Lucchese architecture, Stone decay, Heritage conservation

Alessio Ceccarelli

Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Pisa

E-mail: alessio.ceccarelli@studenti.unipi.it

Marco Lezzerini

Dipartimento di Scienze della Terra,
Università di Pisa

E-mail: marco.lezzerini@unipi.it

RIASSUNTO

La città di Lucca, racchiusa entro le sue possenti mura rinascimentali, custodisce un patrimonio architettonico unico nel suo genere (Morellini *et al.* 2024), caratterizzato dall'uso sapiente di materiali lapidei locali che hanno contribuito a definire l'identità urbana nel corso dei secoli. Questo studio si propone di analizzare sistematicamente le pietre impiegate nella costruzione dei principali monumenti del centro storico, offrendo una visione non solo delle loro proprietà intrinseche, ma anche del loro significato storico-culturale.

L'analisi geologica del territorio lucchese rivela una straordinaria varietà litologica che ha influito profondamente sullo sviluppo dell'edilizia locale. La Piana di Lucca, formata a partire dal Miocene, è caratterizzata da depositi alluvionali del Serchio e dei suoi affluenti, mentre le aree circostanti presentano formazioni geologiche più antiche e complesse (Dallan Nardi and Nardi 1974) (Lazzareschi Iacopo 2008). In particolare, il Monte Pisano a sud-ovest e le Alpi Apuane a nord offrono una gamma diversificata di rocce metamorfiche e sedimentarie che sono state sfruttate intensivamente fin dall'epoca romana (Rodolico 1964) (Carmignani *et al.* 2007). Questa ricchezza geologica ha permesso agli architetti e ai mastri lapidari di selezionare materiali con caratteristiche ottimali per le diverse esigenze costruttive, creando quel particolare equilibrio tra funzionalità ed estetica che contraddistingue l'architettura lucchese.

La storia urbanistica di Lucca, dalla sua fondazione come colonia romana nel II secolo a.C. fino al suo sviluppo medievale e rinascimentale (Pomella Marco 2019), è strettamente legata all'uso delle risorse lapidee locali. Durante il periodo comunale, tra il XII e il XIV secolo, si assiste a un'intensa attività edilizia che vede l'impiego sistematico di marmi bianchi del Monte Pisano e di arenarie/quarziti locali. L'epoca rinascimentale e barocca introduce invece nuo-

ve soluzioni architettoniche e materiali più pregiati, come il marmo delle Alpi Apuane, pur mantenendo un forte legame con la tradizione costruttiva locale. Questo sviluppo storico ha lasciato una testimonianza tangibile nell'alternanza cromatica e materica che caratterizza le facciate degli edifici storici, dove il bianco dei marmi si combina con il grigio dei calcari e il verde delle serpentinita.

La metodologia di ricerca adottata in questo studio ha previsto un approccio multidisciplinare che combina indagini sul campo con analisi di laboratorio. Sono stati prelevati da affioramenti naturali campioni rappresentativi dei litotipi dei monumenti più significativi, tra cui il Duomo di San Martino, la Basilica di San Frediano, la chiesa di San Michele in Foro e le torri Guinigi e delle Ore. Ciascun campione è stato sottoposto a una serie di analisi: osservazioni macroscopiche per valutarne le caratteristiche visive, analisi microscopiche in sezione sottile per determinarne la tessitura e la composizione mineralogica, fluorescenza e diffrazione a raggi X per l'identificazione dei componenti chimici e delle fasi cristalline, e prove fisiche per misurare densità, porosità e assorbimento d'acqua. I risultati di queste indagini hanno permesso di creare un database delle principali proprietà delle pietre utilizzate nell'edilizia storica lucchese.

Tra i litotipi più significativi sono stati identificati il marmo bianco del Monte Pisano, caratterizzato da una grana fine e da venature grigie, e il marmo Apuano, più uniforme e traslucido (Franzini Marco and Lezzerini Marco 2003). L'arenaria Macigno, di colore grigio-giallastro, è stata ampiamente utilizzata per le strutture portanti grazie alla sua resistenza meccanica, mentre la quarzite, con la sua tipica colorazione rosata, è stata impiegata soprattutto nelle parti basali degli edifici.

Di particolare interesse sono anche i calcari neri, utilizzati per elementi decorativi, e le serpentinita, il cui caratteristico colore verde aggiunge note cromatiche alle facciate degli edifici religiosi.

Ogni materiale presenta caratteristiche specifiche che ne hanno determinato l'uso preferenziale per determinate applicazioni architettoniche a Lucca come a Pisa (Lezzerini *et al.* 2016) including marbles and brick masonry, used for building the façade of the medieval Church of St. Nicholas (XI century ad (Lezzerini *et al.* 2019).

I risultati delle analisi fisiche hanno rivelato differenze significative tra i vari litotipi. I marmi mostrano generalmente valori di porosità molto bassi (inferiori all'1%), che ne spiegano la durabilità e la resistenza agli agenti atmosferici (Franzini Marco and Lezzerini Marco 2003) (Cantisani *et al.* 2005). Le arenarie presentano invece porosità più elevate (fino al 5%), che le rendono più sensibili ai processi di degrado, ma anche più facili da lavorare (Leoni *et al.* 2010). La quarzite, con la sua eccezionale durezza e resistenza meccanica (Franzini *et al.* 2001), è risultata particolarmente adatta per gli elementi sottoposti a usura. Questi dati tecnici, correlati con le osservazioni sullo stato di conservazione dei monumenti, possono fornire indicazioni preziose per gli interventi di restauro.

Per rendere accessibili i risultati della ricerca a un pubblico più ampio, è stato creato un sito web che consente di esplorare virtualmente i monumenti analizzati e di visualizzare le caratteristiche delle diverse pietre impiegate. La piattaforma include carte geologiche, mappe delle cave storiche, schede tecniche dettagliate sui materiali, e una ricca documentazione fotografica che illustra sia gli aspetti macroscopici sia quelli microscopici delle pietre. Questo strumento si propone non solo come supporto per gli specialisti del settore, ma anche come risorsa educativa per scuole e appassionati di storia dell'arte e dell'architettura.

Lo studio delle pietre del centro storico di Lucca rappresenta quindi un contributo significativo alla conoscenza del patrimonio architettonico toscano, dimostrando come la scelta dei mate-

riali da costruzione sia stata guidata non solo da considerazioni pratiche ed economiche, ma anche da un profondo rispetto per le risorse del territorio. La comprensione di questo legame tra geologia, storia e architettura è essenziale per sviluppare strategie di conservazione che preservino l'autenticità dei monumenti, mentre ne garantiscano la fruibilità per le generazioni future. Le prospettive di ricerca future potranno approfondire gli aspetti legati ai processi di degrado, ampliando ulteriormente la nostra comprensione di questo straordinario patrimonio culturale.

BIBLIOGRAFIA

- CANTISANI E., FRATINI F., MALESANI P., MOLLI G. (2005), *Mineralogical and petrophysical characterisation of white Apuan marble*. Period di Mineral 74:117–138.
- CARMIGNANI L., CONTI P., FANTOZZI P., et al. (2007), *I marmi delle Alpi Apuane*. Geoitalia 21:19–30.
- DALLAN NARDI L., NARDI R. (1974), *Schema stratigrafico e strutturale dell'Appennino settentrionale*.
- FRANZINI M., LEZZERINI M., MANNELLA L. (2001), *The stones of medieval buildings in Pisa and Lucca (Western Tuscany, Italy)*. 3-Green and white-pink quartzites from Mt. Pisano. Eur J Mineral 13: <https://doi.org/10.1127/0935-1221/01/0013-0187>.
- FRANZINI MARCO, LEZZERINI MARCO (2003), *The stones of medieval buildings in Pisa and Lucca provinces (western Tuscany, Italy)*. 1, The Monte Pisano marble. Eur J Mineral 15:217–224. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2003/0015-0217>.
- LAZZARESCHI IACOPO (2008), *Lucca e la sua Piana*. Aska Edizioni.
- LEONI L., LEZZERINI M., BATTAGLIA S., CAVALCANTE F. (2010), *Corrensite and chlorite-rich Chl-S mixed layers in sandstones from the "Macigno" Formation (northwestern Tuscany, Italy)*. Clay Miner 45:87–106. <https://doi.org/10.1180/claymin.2010.045.1.87>.
- LEZZERINI M., ANTONELLI F., COLUMBU S., et al. (2016), *Cultural heritage documentation and conservation: three-dimensional (3D) laser scanning and Geographical Information System (GIS) techniques for thematic mapping of façade stonework of St. Nicholas church (Pisa, Italy)*. Int J Archit Herit 10:9–19. <https://doi.org/10.1080/15583058.2014.924605>.
- LEZZERINI M., PAGNOTTA S., LEGNAIOLI S., PALLESCHI V. (2019), *Walking in the Streets of Pisa to Discover the Stones Used in the Middle Ages*. Geoheritage 11:1631–1641. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00372-3>.
- MORELLINI M., RIZZO M., BONACCORSO L. (2024), *Lucca*. Feltrinelli.
- POMELLA MARCO (2019), *La storia di Lucca. Dalla preistoria ai giorni nostri*. Typimedia Editore.
- RODOLICO F. (1964), *Le pietre delle città d'Italia*, 2nd edn. Le Monnier, Firenze.

Il Palazzo dell'Acquedotto Pugliese: uno scrigno di pietra e marmi nel cuore della città di Bari

The Palace of Acquedotto Pugliese: a stone and marble jewel in the heart of Bari town

Francesca Micheletti^{1,2},
Giovanna Fioretti¹, Giacomo Eramo^{1,2},
Domenico Larovere³,
Elisabetta Giaquinto³,
Pasquale Acquafredda^{1,2}

¹Dip. di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro;

²Centro Interdipartimentale "Laboratorio di Ricerca per la Diagnostica dei Beni Culturali", UniBa;

³Acquedotto Pugliese S.p.A. (AQP), Bari
E-mail: francesca.micheletti@uniba.it

Parole chiave: Acquedotto Pugliese; pietra e marmi; analisi petrografica; patrimonio culturale

Key words: Acquedotto Pugliese; stone and marbles; petrographic analysis; cultural heritage

RIASSUNTO

Il Palazzo dell'Acquedotto Pugliese di Bari, realizzato alla metà del secondo decennio del ventesimo secolo, rappresenta un *unicum* nel panorama dell'architettura fascista pugliese. Il monumentale edificio (noto anche come Palazzo dell'Acqua), con pianta rettangolare e corte interna, che si sviluppa verticalmente su sei piani rivestiti in Pietra di Trani, fu progettato e realizzato negli anni 1927-1934 dall'Ing. Cesare Vittorio Brunetti (1894-1962). La progettazione e la decorazione degli ambienti interni fu invece affidata *in toto* al genio del decoratore romano Duilio Cambellotti (1876-1960), il quale incentrò la propria maestria creativa sul tema "acqua". Con la sua mole imponente e la ricchezza ed il simbolismo dei suoi decori, il Palazzo è la tangibile espressione dell'antico, grande progetto realizzato: portare l'acqua buona in Puglia e rendere produttiva una terra cronicamente assetata, migliorando le condizioni di vita dei suoi abitanti. Obiettivo del presente studio è stato quello di identificare le diverse tipologie di materiali lapidei impiegati nei decori murali e pavimentali realizzati in marmi bianchi e policromi, attraverso un'analisi petrografica eseguita in loco, con tecniche di osservazione diretta. I litotipi posti in opera sono principal-

mente riferibili ai calcari denominati commercialmente come "Pietra di Trani", nelle sue varietà fiorito, cocciolato, melograno. Ad esse si affiancano varietà estratte al di fuori della regione tra cui il Grigio carnico, proveniente dalle cave del Parco Naturale delle Dolomiti sulle Alpi Carniche, il Verde Alpi, estratto in diverse cave tra Liguria e Piemonte, un marmo cipollino (di provenienza ignota), il diaspro tenero di Sicilia, il Rosso Veronese, e una bellissima breccia nei toni del rosso, probabilmente riferibile alla breccia "traccagnina" delle Alpi, estratta nel veronese. Questo studio si inserisce in un progetto più ampio di caratterizzazione e valorizzazione del patrimonio geologico presente nella regione Puglia.

INTRODUZIONE

Il Palazzo dell'Acquedotto Pugliese di Bari (catalogo Beni Culturali, Architettura, COD.1600334519) si impone nel borgo murattiano della città di Bari per la maestosità dello stile architettonico ispirato al romanico pugliese (Mangone, 2019). L'edificio, progettato e realizzato negli anni 1927-1934 dall'Ing. Cesare Vittorio Brunetti (1894-1962), con pianta rettangolare e corte interna, si sviluppa verticalmente su sei piani rivestiti in Pietra di Trani (Fig. 1). Il Palazzo, capolavoro architettonico e

artistico di enorme pregio, attraverso la sua imponenza ed i suoi preziosi decori, fu pensato come testimonianza perenne della storica conquista dell'acqua in una regione in cui regnava l'aridità e, al tempo stesso, quale sede degli uffici tecnici e amministrativi dell'Ente. La storia di questa impresa è raccontata con simbolica efficacia dal genio del decoratore Duilio Cambellotti (1876-1960) che incentrò la propria maestria creativa sul tema "acqua". L'artista intervenne sul progetto delle tre facciate, progettò ogni particolare degli interni, dai soffitti ai pavimenti, dalle porte alle finestre, dalle pitture alle sculture per le pareti, dai mobili ai soprammobili, alle vetrate, ai tappeti, all'illuminazione, agli ascensori. In particolare, questo studio si focalizza sulla determinazione delle diverse tipologie di materiali lapidei utilizzati dall'artista per i decori murali e pavimentali realizzati in marmi bianchi e policromi (Figg. 1-2).

I materiali lapidei hanno accompagnato l'evoluzione dell'uomo, dalla sua comparsa fino ai giorni nostri, modellando il proprio ambiente e contribuendo alla propria crescita culturale e tecnologica. Il termine "marmo", nella letteratura storico-archeologica, indica tutte le rocce lucidabili (Corsi, 1833), mentre in ambito geologico-petrografico si riferisce esclusivamente a rocce



Figura 1 – Palazzo dell'Acqua: (a) facciata principale su via Cognetti, Bari (sito web AQP); (b) elementi decorativi in marmo dello scalone di rappresentanza (foto N. Amato in Mangone, 2019); (c) esempio di decorazione pavimentale, intarsio di marmi (Pietra di Trani e Verde Alpi) e figurine in bronzo (sito web AQP)

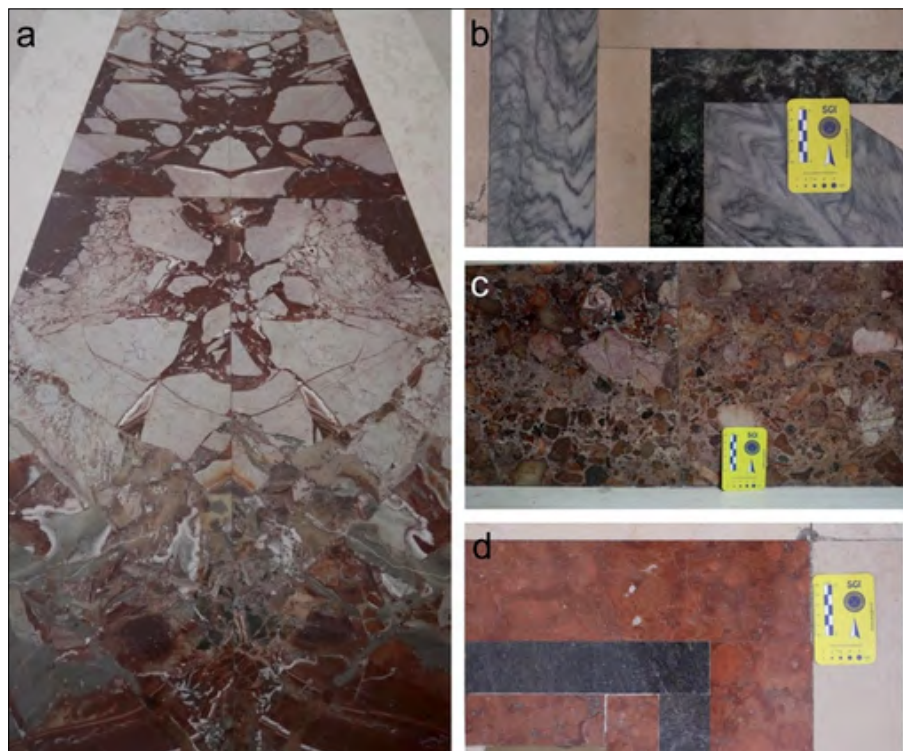


Figura 2 - Esempi di lastre ed elementi marmorei nel Palazzo dell'Acqua: (a) diaspro tenero di Sicilia; (b) marmo cipollino, Verde Alpi e Pietra di Trani; (c) probabile breccia traccagnina delle Alpi; (d) rosso veronese e nero carnico.

calcaree metamorfosate. Sebbene l'impiego delle rocce a scopo costruttivo e ornamentale risalga ad epoche più antiche, i primi a fare un uso intensivo di marmi furono i Romani, i quali, a partire dall'età repubblicana, ma in particolare in età imperiale, adornarono Roma e i più vivi centri dell'impero con colonne, statue, lastre parietali e *opus sectilia* in marmi provenienti dal bacino del Mediterraneo e dalle province dell'attuale Europa.

A partire dal V sec. d.C., con il declino dell'Impero Romano d'Occidente, l'estrazione di tali materiali si ridusse, tuttavia l'interesse rimase vivo e le nuove costruzioni medievali di stampo cristiano furono adornate con *spolia* provenienti dalle rovine romane (De Lachenal, 1995). Una nuova era di ricerca ed estrazione si instaurò in epoca Barocca, quando nuove varietà di marmi policromi furono impiegate per la realizzazione degli altari lapidei, per le tarsie e per gli oggetti d'arredo e culminò nel collezionismo otto-novecentesco in occasione dei *grand tour* (Lazzarini, 2004; Acquafredda et al., 2024).

RISULTATI

Le litologie di ogni elemento litico osservato nel Palazzo dell'Acqua sono state identificate mediante il confronto con le principali collezioni di marmi bianchi e policromi presenti in letteratura (Cooke, 2010; Dolci, Nista 1992; Giardini, Colasante 2001; Lazzarini, 2004; Mielsch, 1985; Pensabene, Bru-

no, Stuto 1998). I materiali lapidei posti in opera sono principalmente pietra di Trani, nelle sue varietà fiorito, cocciolato, melograno (Potenza, 2008) (Fig. 2). Ad esse si affiancano varietà estratte al di fuori della regione tra cui il Grigio carnico proveniente dalle cave del Parco Naturale delle Dolomiti, sulle Alpi Carniche, il Verde Alpi, estratto in diverse cave tra Liguria e Piemonte, un marmo cipollino (di provenienza ignota), il diaspro tenero di Sicilia, il Rosso Veronese, e una bellissima breccia nei toni del rosso, probabilmente riferibile alla breccia "traccagnina" delle Alpi, estratta nel veronese (Cooke, 2010; Blanco, 1999; Maino e Pediconi, 2001) (Fig. 2). La scelta di tali varietà non appare essere casuale poiché, come spesso accade nei lavori degli artisti poliedrici e ottimi conoscitori del passato, come Cambellotti, esse rimandano a marmi policromi di provenienza greca molto usati in età romana imperiale (Lazzarini, 2004), quali ad esempio il marmo bigio, il Verde antico di Tessaglia, il marmo cipollino (*marmor Carystium*), il Portasanta (*marmor Chium*) e il Fior di pesco (*marmor Chalcidicum*).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Dalle osservazioni e dai rilievi eseguiti, non vi sono evidenze di reimpiego (De Lachenal, 1995), ossia di riutilizzo di materiali di opere preesistenti (*spolia*). Si tratta di esclusiva messa in opera di lapidei di origine italiana, appositamen-

te selezionati ed acquistati da marmerie presenti sul territorio. Questa scelta, attuata dal Cambellotti, rifletteva senza dubbio la necessità di allineamento alle politiche nazionaliste autarchiche imposte nel ventennio fascista, le quali orientarono l'economia italiana all'indipendenza dai mercati esteri per soddisfare il fabbisogno interno (Di Resta et al., 2021).

Il Palazzo dell'Acqua costituisce uno splendido esempio di patrimonio culturale materiale ed immateriale da salvaguardare e da far conoscere alla cittadinanza tutta, quale elemento connotante della propria storia e della propria identità. Questo luogo straordinario, infatti, custodisce la memoria di un'impresa epocale, nata dall'ingegno di uomini che hanno trasformato il destino di un'intera regione. Ogni elemento decorativo racconta il tempo in cui la determinazione e il lavoro instancabile portarono l'acqua dove prima regnava l'aridità. Grazie alla collaborazione con il Museo Civico di Bari (a partire da marzo 2025), il Palazzo dell'Acqua è parte integrante dell'itinerario storico e artistico della città, offrendo a tutti la possibilità di scoprirne la storia ed il significato.

BIBLIOGRAFIA

- ACQUAFREDDA P., MICHELETTI F., FIORETTI G. (2024), *Polychrome marbles in the Christian churches: examples from the antependium of Baroque altars in Apulia (Southern Italy)*, Heritage, 7, 3120-3134.
- BLANCO, G. (1999) *Dizionario dell'architettura di pietra*. Vol. 1: I materiali. Carocci.
- COOKE L. (2010), *The 19th Century Corsi Collection of Decorative Stones: A Resource for the 21st Century?* Special Publication of Geological Society n. 333.
- CORSI F. (1833), *Delle Pietre Antiche*, Dalla tipografia Salviucci, Roma.
- DE LACHENAL L. (1995), *Spolia: Uso e Reimpiego Dell'antico Dal III al XIV Secolo*, Biblioteca di Archeologia, Longanesi, Milano.
- DI RESTA S., FAVARETTO G., PRETELLI M. (2021), *Materiali autarchici: conservare l'innovazione* (Vol. 29, pp. 1-352). Poligrafo Editore.
- LAZZARINI L. (2004), *Pietre e Marmi Antichi-Natura, Caratterizzazione, Origine Storia D'uso, Diffusione, Collezionismo*, CEDAM, Padova.
- MAINO M.P. & PEDICONI G. (2001), *Il palazzo dell'Acquedotto pugliese*, 237 p. De Luca Editori d'Arte.
- MANGONE F. (2019), *Il palazzo dell'Acquedotto Pugliese nell'architettura italiana del Novecento*. Mario Adda Editore.
- POTENZA D. A. (2008), *Atlante contemporaneo dei marmi e delle pietre di Puglia*.
- Virtual tour: <https://www.aqp.it/pianeta-acqua/palazzo-dell-acqua>

Geodiversità urbana: le cavità di origine antropica. Analisi comparativa delle reti caveali ipogee presenti nel sottosuolo del settore nord della Città Metropolitana di Napoli

Urban geodiversity: anthropogenic cavities. A comparative analysis of underground cave networks in the northern sector of the Metropolitan City of Naples

Parole chiave: cavità artificiali, Città Metropolitana di Napoli, database
Key words: artificial cavities, Naples Metropolitan City, database

Paolo Maria Guarino

ISPRA – Servizio Geologico d'Italia

E-mail:

paolomaria.guarino@isprambiente.it

Daniela Ruberti

Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania L. Vanvitelli, Aversa

RIASSUNTO

In molte aree urbane italiane, lo sfruttamento delle risorse geologiche ha portato, sin dall'antichità, allo scavo di ambienti ipogei per usi civili, religiosi, militari o estrattivi. Le reti caveali, a causa del variare della loro morfologia, distribuzione, stato di conservazione e proprietà geomeccaniche dei terreni di scavo, costituiscono un importante fattore di geodiversità all'interno di un'area urbana e possono essere considerate la testimonianza del rapporto storico tra uomo e territorio, al punto da essere diventate oggetto di studio come "patrimonio sotterraneo", valorizzando anche l'impiego della risorsa lapidea per le costruzioni ed il suo successivo utilizzo nel patrimonio edilizio (Prosser, 2018).

Un'area di interesse sotto questo punto di vista è quella compresa tra il settore centrale della Piana Campana e il settore collinare della città di Napoli (Fig. 1) nel quale sono in corso da alcuni anni studi sulle reti ipogee che hanno portato alla realizzazione di una Banca Dati Territoriale delle cavità pubblicata sul sito ISPRA (Guarino *et al.*, 2018), di un GIS delle cavità della provincia di Caserta (Vigliotti *et al.*, 2023) e alla prossima pubblicazione di un Database delle cavità presenti nel territorio dell'Autorità di Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (Fabozzi *et al.*, 2023).

Il settore settentrionale dell'area di studio è costituito da un'area a bassa pendenza di origine prevalentemente vulcanico-sedimentaria, risultato della progressiva sedimentazione in ambien-

te continentale avvenuta nel corso del Quaternario, in cui si sono verificati significativi apporti di depositi piroclastici provenienti dagli apparati vulcanici dei Campi Flegrei, Vesuvio e Roccamonfina, tra i quali la formazione dell'Ignimbrite Campana Auct. (IC). Tale area si raccorda gradualmente verso sud, con i rilievi collinari di Capodimonte e Capodichino, dove il sottosuolo è costituito di piroclastiti sciolte spesse 10-15 metri a tetto della formazione del Tufo Giallo Napoletano (TGN).

Dal punto di vista urbanistico, quest'area rappresenta una delle zone più densamente edificate d'Europa, dove la continuità edilizia tra i comuni della provincia di Caserta meridionale

(Aversa, Lusciano, Trentola Ducenta), quelli della conurbazione napoletana (Afragola, Casoria, Cardito e Arzano) e i quartieri settentrionali della città di Napoli, configura un *continuum* urbano quasi privo di soluzioni di continuità.

Il differente assetto geologico che caratterizza aree così vicine geograficamente esercita un importante controllo sulla tipologia e sulle caratteristiche delle cavità scavate nel sottosuolo. Nel sottosuolo dei comuni a nord di Napoli, le cavità sono state realizzate nell'unità tufacea dell'IC nota in Letteratura come Tufo Grigio Campano che presenta spessori da 10 a 20 m. Le cavità presentano geometrie in pianta molto semplici di tipo rettangolare (Fig. 2), e

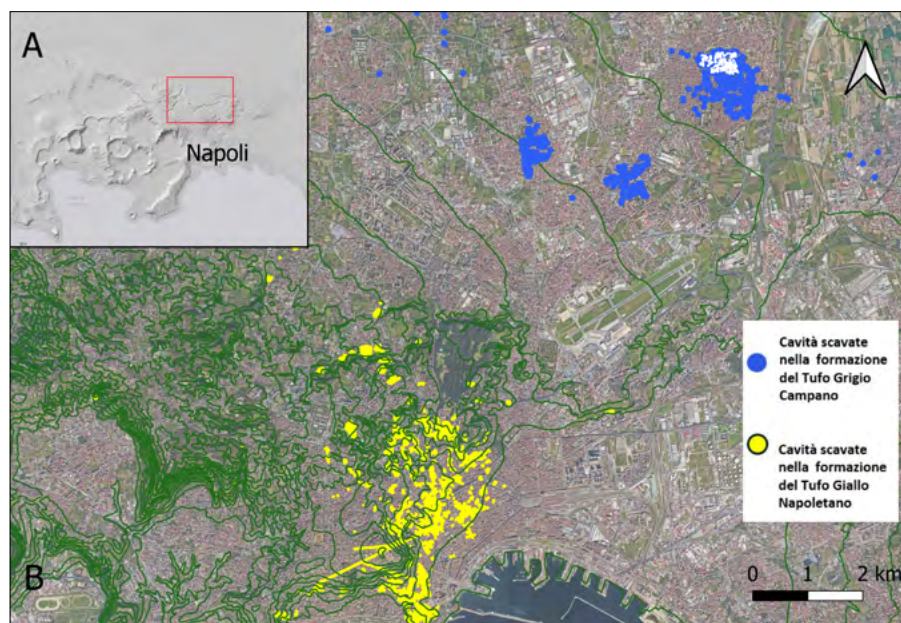


Figura 1. A) Il territorio della Città Metropolitana di Napoli e l'area di studio (box rosso); B) dettaglio dell'area di studio. Equidistanza delle isopse pari a 25 m.



Figura 2. Dimensioni e geometria in pianta delle cavità scavate nella formazione dell'Ignimbrite Campana (a sinistra) e del Tufo Giallo Napoletano (a destra)

talora forme complesse, del tipo “a griglia”, sezione di scavo trapezoidale con altezza compresa tra 3 e 5 m, raramente maggiore, ed hanno estensioni generalmente ridotte (circa il 50% delle cavità ha una superficie inferiore a 500 m²).

Le cavità sono state realizzate principalmente per l'estrazione di materiale da costruzione, cisterne per la raccolta d'acqua e depositi e il loro utilizzo è ancora molto diffuso.

Nel settore settentrionale della città di Napoli, le cavità si sviluppano nel TGN, una formazione caratterizzata molte da decine di metri di spessore e buona resistenza meccanica. Pertanto, dette cavità possono raggiungere dimensioni rilevanti e, talora, sono sviluppate anche su più livelli. In questo caso, le cavità sono state realizzate o riadattate anche per altri scopi, oltre a quelli tipici (estrazione di materiale da costruzione, cisterne ecc.) come testimoniano gli esempi delle Catacombe di San Gennaro e di San Gaudioso, e arrivano a occupare superfici dell'ordine di 20.000 m² (Fig. 2).

In definitiva, le caratteristiche delle reti caveali ipogee, legate alle caratteristiche dell'assetto geologico locale, testimoniano la geo-diversità che ha condizionato l'utilizzo del sottosuolo, la cui lettura fornisce una ricca risorsa di materiale geologico e aggiunge valore per scopi educativi e di geoturismo urbano.

BIBLIOGRAFIA

FABOZZI M.A., LISO I.S., PARISE M., VENNARI C., LOLLINO P., VIGLIOTTI M., CAPASSO G., CORBELL V., RUBERTI D. (2023), *The hidden world of artificial cavities in the hydrographic district of the Southern Apennines of Italy: findings, architectural variability and risk assessment*. In: S. Saj, C. Galeazzi, M. Betti, F. Faccini, P. Madonia (Eds.). HYPOGEA2023 - Proceedings of IV International Congress of Speleology in Artificial Cavities. Genova 29/09-01/10/2023, Opera Ipogea – Journal of Speleology in Artificial

Cavities (Società Speleologica Italiana), 65-74, ISBN: 978-88-32241-32-7.

GUARINO P.M., CARTA R., NICEFORO D.M.A., ROMA M., MARI R., SORAVIA M., NAPOLITANO P., PALMA G., SGARIGLIA F., SANTO A. (2018), *L'inventario delle cavità di origine antropica e la Banca Dati Territoriale online del territorio della Città Metropolitana di Napoli*. Geologia dell'ambiente suppl. n. 4/2018.

PROSSER C.D. (2018), *Geoconservation, quarrying and mining: Opportunities and challenges illustrated through working in partnership with the mineral extraction industry in England*. Geoheritage, 10, 259–270, DOI: 10.1007/s12371-016-0206-z.

VIGLIOTTI M.; FABOZZI M.A.; BUFFARDI C.; RUBERTI D. (2023), *Artificial cavities in the northern Campania Plain: architectural variability and cataloging challenge*. Heritage, 6, 5500–5515, DOI: 10.3390/heritage6070289.

Tra fuoco e mare: geodiversità urbana come narrazione e cura di sé nel territorio flegreo

Between Fire and Sea: Urban Geodiversity as a Framework for Narrative and Self-Care in the Phlegraean Fields

Parole chiave: geodiversità urbana, paesaggio flegreo, Pozzuoli, Bacoli, Monte di Procida, educazione non formale, identità territoriale, bellezza e cura, patrimonio geoculturale

Key words: urban geodiversity, Phlegraean landscape, Pozzuoli, Bacoli, Monte di Procida, non-formal education, territorial identity, beauty and care, geocultural heritage

Erlisiana Anzalone
CNR - Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo, Napoli
E-mail: e.anzalone@iriss.cnr.it

Domenico Spinelli
Guida vulcanologica
E-mail: domenicospinelli@hotmail.com

Monica Carannante
Guida turistica e operatrice culturale
E-mail: monicacarannante19@gmail.com

Giuseppe Cannas
Filmmaker e documentarista
E-mail: flegreomediastudios@libero.it

Nel cuore dei Campi Flegrei, Monte di Procida custodisce un intreccio dinamico di fuoco e mare, di memorie profonde e paesaggi in continua trasformazione. In questo contesto, la geodiversità non è solo chiave di lettura scientifica, ma diventa trama viva di appartenenza, racconto e relazione. Il progetto “Fuoco, Terra e Mare” nasce come un viaggio corale dentro questo paesaggio, dove l'identità geologica si intreccia con quella culturale e sociale.

Il concetto di “cura di sé” nel territorio flegreo si sviluppa come un invito a riscoprire la bellezza del paesaggio e a viverla come forma di benessere personale e collettivo. Abituarsi alla bellezza significa educarsi a rispettare i luoghi, comprenderne la storia e riconoscere il valore delle forme naturali e culturali che li compongono.

La geodiversità diventa così non solo uno strumento di conoscenza, ma una esperienza di rigenerazione interiore, che porta a costruire comunità più coese, attente e consapevoli. Il patrimonio geologico e paesaggistico dell'area – dalla genesi vulcanica della falesia di Torrefumo fino al Borgo di Cappella, con le sue suggestioni di archeologia e storia – viene esplorato non solo con strumenti scientifici, ma attraverso pratiche inclusive di educazione informale, narrazione, osservazione e restituzione partecipata. L'esperienza si estende anche a Pozzuoli, con il Rione Terra, il Tempio di Serapide e l'Anfiteatro Flavio, e a Bacoli, con la Piscina Mirabilis, la Casina Vanvitelliana e le Cento Camerelle, luoghi che uniscono mito, storia e tradizione a un paesaggio di eccezionale valore geologico. Il progetto intreccia la lettura dei fenomeni vulcanici – dal tufo giallo napole-

tano alle tracce del bradisismo – con il patrimonio immateriale fatto di storie, leggende e usanze popolari. Dai racconti dei pescatori di Acquamorta ai miti di Cuma e Pozzuoli, la narrazione diventa un ponte tra il tempo geologico e il tempo umano, in cui il paesaggio viene percepito come bene comune e spazio di identità condivisa.

Il progetto “Fuoco, Terra e Mare” nasce dalla collaborazione tra figure professionali e saperi diversi:

- Ricercatrice in Geologia, per leggere e spiegare i processi naturali e le forme del paesaggio con un linguaggio accessibile e coinvolgente.
- Guida vulcanologica, per condurre esperienze sul campo, offrendo spiegazioni sui fenomeni naturali e sulla loro evoluzione.
- Guida turistica e storica, per raccontare tradizioni, folklore e memoria culturale, valorizzando l'anima delle comunità locali.
- Filmmaker, per documentare ogni tappa con immagini, interviste e reportage, trasformando l'esperienza in una memoria visiva condivisa.

L'obiettivo non è il turismo “mordi e fuggi” “ma una vera riappropriazione affettiva e culturale del territorio attraverso percorsi che uniscono scienza e narrazione, osservazione e ascolto. I partecipanti non sono semplici spettatori, ma protagonisti attivi di una esperienza che alterna incontri indoor – arricchiti da racconti, immagini e video – a momenti outdoor nei luoghi simbolo di Monte di Procida, Bacoli e Pozzuoli.

Questa esperienza promuove un'educazione alla bellezza, vista come leva per la crescita individuale e collettiva: imparare a osservare e raccontare il paesaggio significa vivere meglio i luoghi,

riconoscendo in essi una fonte di armonia e benessere.

La tradizione termale flegrea, inoltre, affonda le sue radici nell'antichità: le terme erano (e sono) luoghi di cura, benessere e incontro sociale. Le attività termali diventano così il “*fil rouge*” che unisce territorio, benessere fisico e identità, rendendo i luoghi flegrei un laboratorio di relazione tra uomo, città e natura. Le acque termali di Pozzuoli, Baia e Lucrino – ricche di minerali e zolfo – rappresentano un rimedio naturale per molte patologie, ma anche un'occasione per rilassamento psichico, narrazione identitaria e benessere urbano contemporaneo.

Infine, lo Slow Walking, praticato lungo sentieri costieri e crinali, favorisce un contatto profondo con l'ambiente circostante, stimolando tutti i sensi, riducendo lo stress e migliorando la qualità della vita mentale. Camminare lentamente agisce come una forma dolce di meditazione in movimento, contribuendo al benessere cardiovascolare, posturale e immunitario.

Il progetto “Fuoco, Terra e Mare” dimostra come il paesaggio flegreo possa diventare una forma di cura di sé e del territorio, unendo conoscenza, narrazione e creatività (*cfr.* video collegato). La geologia, vissuta con lentezza e ascolto, diventa un atto di responsabilità e amore verso la terra, restituendo senso di luogo e di futuro a chi la abita e la osserva.

VIDEO CORRELATO

Questo trailer, dedicato a Monte di Procida e parte della serie sulla narrazione dei Campi Flegrei, è stato realizzato da Flegreo Media Studios per la regia di Giuseppe (Pino) Cannas. L'anteprima rappresenta il primo approfondimento

del progetto denominato “Campi Flegrei, Scigno di Inestimabile Valore”, che sarà presto disponibile sul canale YouTube dedicato.

Un’anteprima video del progetto, realizzata da Flegreo Media Studios per la regia di Giuseppe Cannas, documenta l’approccio integrato di valorizzazione e narrazione e può essere visionata al seguente link:

<https://www.youtube.com/@CAMPI-FLEGREI-SCRIGNODIINESTIMA>

Alla scoperta della Geodiversità della città di Roma, attraverso una piattaforma digitale di itinerari geoturistici

Beatrice Adanti*, Sveva Corrado, Alessandro Cecili, Danilo Coppola, Francesca Cifelli

Dipartimento di Scienze - Sezione Geologia - Università Roma Tre

E-mail: beatrice.adanti@uniroma3.it

Discovering the Geodiversity of the City of Rome: geotouristic itineraries

Parole chiave: Geodiversità, Patrimonio Geologico, Rischi Naturali, Sostenibilità Ambientale, Gestione Territorio, Patrimonio Culturale, Roma

Key words: Geodiversity, Geological Heritage, Natural Hazards, Environmental Sustainability, Land Management, Cultural Heritage, Rome

RIASSUNTO

La città di Roma è famosa in tutto il mondo per il suo ricchissimo e variegato patrimonio storico-artistico e culturale, ma meno nota ai visitatori è un'altra ricchezza altrettanto straordinaria della città: la sua Geodiversità. Il territorio ove la *Caput Mundi* si è insediata e sviluppata nel tempo è inserito in un contesto geologico e geomorfologico caratterizzato da un notevole dinamismo a partire dagli ultimi cinque milioni di anni. Inizialmente, si sono alternate fasi di sedimentazione ed erosione in un contesto di un mare poco profondo, che a quel tempo invadeva gran parte della regione (Pliocene inf.-sup.); seguì, circa 850ka (Pleistocene inf.-medio), la continentalizzazione dell'area e l'azione distruttiva e costruttiva del Paleo-Tevere, che contribuì al modellamento dei rilievi appena emersi; successivamente, a partire da circa 600ka (Pleistocene medio-sup.), l'attività vulcanica di due grandi centri eruttivi, il Distretto del Vulcano Laziale a sud-sud-est di Roma e il Distretto

vulcanico Sabatino a nord-nord-ovest, che portò alla deposizione di potenti emissioni colmando le valli pre-esistenti; infine, sono intervenute le modificazioni del territorio legate all'ultima fase glaciale (~80ka-12ka) e al successivo periodo interglaciale, nel quale ancora oggi viviamo (Parotto, 2008). Dalla combinazione di questi eventi geologici e dalle trasformazioni prodotte nel corso degli ultimi milioni di anni deriva il paesaggio del territorio romano, caratterizzato da modesti rilievi, valli e pianure, morfologie e risorse che hanno condizionato la disposizione e lo sviluppo degli insediamenti antichi e moderni. Si pensi ad esempio ai "Sette Colli", alture che garantiscono un controllo difensivo sul territorio circostante e che furono destinate alla residenza e al culto, piuttosto che le aree di fondovalle, spesso impaludate e malsane, destinate ai Fori; alle risorse litiche locali, quali le rocce piroclastiche con cui si costruirono mura ed edifici o la leucite, la pietra dei "sanpietrini" e la stessa con i cui basoli si lastricò la via Sacra; alle

numerose sorgenti, emergenze situate in corrispondenza del contatto tra le rocce tufacee porose, veri e propri serbatoi idrici, e le sottostanti argille impermeabili depositate dall'antico mare pliocenico, oppure quelle scaturite a seguito dell'intercettazione di falde acquifere nei depositi alluvionali del Paleo-Tevere da parte di antichi corsi d'acqua (ad esempio le sorgenti della Valle della Caffarella, presenti in corrispondenza dell'incisione delle Pozzolane Rosse da parte del fiume Almone). Si pensi al fiume Tevere, il *Pater Tiberinus*, cui si lega la leggenda stessa della fondazione di Roma, una risorsa e una funzionale via per i trasporti delle merci che provenivano dal bacino del Mediterraneo (tra cui numerosissime risorse litiche), ma anche un fattore di rischio a causa delle esondazioni legate alle piene eccezionali, specie nelle aree più ribassate e densamente popolate della città, come il Foro Boario, il Pantheon, Ripa Grande o Trastevere (Funicello *et al.*, 2006; Funicello *et al.*, 2008).

Da questo emerge come la Geodiversità di Roma vada oltre la semplice conformazione geologica del suo territorio: è il cuore su cui diverse civiltà si sono sviluppate, offrendo loro sfide, ma anche opportunità. Comprendere a fondo questa realtà è quindi fondamentale per la valutazione e gestione efficace dei fattori naturali e antropici di rischio, per la valorizzazione e protezione delle risorse naturali e del suo inestimabile patrimonio culturale.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di contribuire alla diffusione della conoscenza della Geodiversità di Roma per promuovere una consapevolezza collettiva, fondamentale per assicurare alla città un avvenire più resiliente e sostenibile, oltre a sottolineare l'importanza di una pianificazione urbana mirata.

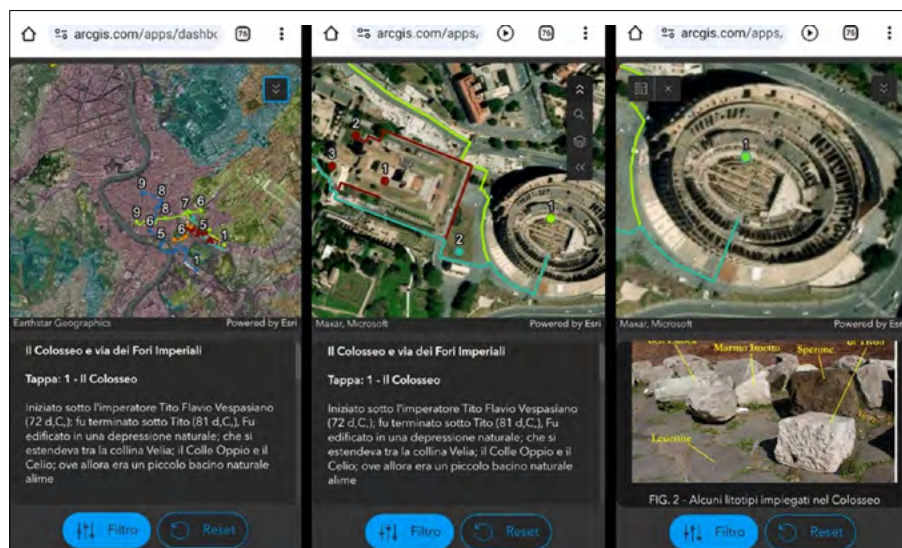


Figura 1. Mappa digitale georeferenziata. Itinerario: Il Colosseo e via dei Fori Imperiali – Tappa n. 1

Tabella 1. Itinerari, Monumenti/Geo-Musei e Geositi inseriti nella piattaforma digitale

ITINERARI	GEOSITI
Il Colosseo e via dei Fori Imperiali	Rupe Tarpea
Il Foro Romano	Sabbie marine in Viale del Parco Mellini – Monte Mario
Monumenti di Roma e sismicità	La collina Velia in Via dei Fori Imperiali
Il Colle Capitolino	Tufo Lionato al Campidoglio
Roma città dell'acqua: risorsa e rischio	Sorgenti storiche in sinistra idrografica del Fiume Tevere
Valle della Caffarella	Formazione di Villa Senni in Via Appia Pignatelli
La Riserva di Monte Mario	Conglomerato Giallo di Via Ostiense
La Garbatella	Pozzolanelle e Pozzolane Rosse di via Antonino Pio
MONUMENTI/GEO-MUSEI	Cave nelle piroclastiti albane a Tor Marancia
Basilica di San Paolo fuori le mura	Piroclastiti albane di Viale Marconi
Chiesa di Sant'Ignazio di Loyola	Accesso a cave di pozzolana nella Valle della Caffarella
Giardino Geo-Botanico di Roma Tre	Sabbie e argille marine in Viale Trastevere
GeoMuseo del Liceo E.Q. Visconti	Sabbie marine di Monte Mario in Via dei Colli della Farnesina

La città di Roma, in virtù della storia millenaria e del vasto patrimonio paesaggistico e culturale, si configura come un laboratorio unico per la creazione di percorsi geo-turistici.

Su queste basi, è stata progettata e sviluppata una piattaforma digitale georeferenziata user-friendly, fruibile da smartphone, attraverso la quale i cittadini romani e i turisti potranno esplorare e approfondire la conoscenza di una parte significativa di Roma (centro storico e dintorni), seguendo una serie di itinerari geologici tematici, contestualizzati nel ricco tessuto storico-architettonico della città. Basata su una mappa georeferenziata e sviluppata con tecnologia Arc-GIS Pro (Fig. 1), la piattaforma propone un'esperienza innovativa per rileggere il territorio non solo in chiave storico-architettonica, ma anche geologica e geomorfologica.

Attraverso tre chiavi d'accesso fondamentali – Itinerari, Monumenti/Geo-Musei, Geositi – gli utenti, potranno seguire itinerari già sviluppati o creare nuovi percorsi su misura per soddisfare le proprie curiosità (proposte in Tab. 1).

In questo modo, si potranno scoprire le peculiarità geologiche del territorio (dalle risorse ai rischi naturali, fino all'evoluzione geologica) e i suoi aspetti storici e artistici.

Le opzioni includono itinerari, con una media di 8-9 tappe ciascuno, nel centro storico, percorsi all'interno di Parchi e Riserve naturali urbane e visite di quartieri di relativamente recente sviluppo urbano, come la Garbatella, nota per il suo progetto urbanistico ispirato alle "città giardino" inglesi (Adanti *et al.*, 2025). Si potrà viaggiare virtualmente e in maniera immersiva all'interno di monumenti storici, come la Basilica di San Paolo fuori le mura (Adanti *et al.*, 2024) e la Chiesa di Sant'Ignazio di Loyola in Campo Marzio, per scoprire il ricco e vario patrimonio

litologico in essi impiegato e le peculiarità storico-artistiche; oppure andare alla scoperta di Musei naturalistici *outdoor* (Giardino Geo-Botanico dell'Università Roma Tre; Corrado *et al.*, 2020) per ricostruire la storia e l'evoluzione geologica del territorio laziale e conoscere le sue risorse litoidi, e *indoor* (Museo geopaleontologico del Liceo Ennio Quirino Visconti all'interno del Collegio Romano; Corrado *et al.*, 2023), dove è possibile ripercorrere la lunga storia delle collezioni geologiche in esso conservate, da quelle seicentesche del Collegio Romano fino a quelle ottocentesche del Liceo (recentemente recuperate, catalogate e rese fruibili al pubblico grazie a una collaborazione tra l'Istituto scolastico e l'Università Roma Tre). Si potranno anche visitare alcune aree della città d'interesse geologico e/o geomorfologico significativo (geositi), elementi chiave del suo patrimonio geologico (Fabbri *et al.*, 2014).

Questo strumento offrirà al pubblico interessato l'opportunità di vivere un'esperienza immersiva e formativa nella città di Roma. Ad ogni tappa degli itinerari proposti, gli utenti potranno esplorare e comprendere a fondo la geologia locale, integrandola con approfondimenti storici e culturali, grazie anche al supporto di immagini e risorse multimediali.

In conclusione, promuovendo attivamente la Geodiversità di Roma, la piattaforma mira a incentivare un rapporto più consapevole con il patrimonio naturale e culturale urbano per favorire lo sviluppo sostenibile della città, creando un legame concreto tra il ricco passato della città e la sua evoluzione futura.

BIBLIOGRAFIA

ADANTI B., CIFELLI F., CORRADO S., GROSSI F., MATTEI M. (2025), *Urban geo-itineraries as an educational tool for the knowledge of the territory: the example of the*

city of Rome. Joint Congress SGI-SIMP-Geosciences at School, Padova, 16-18 Settembre 2025.

ADANTI B., CORRADO S., CECILI A., COPPOLA D. (2024), *Virtual geological tour to discover the historical-artistic heritage of Rome and its lithoid resources: the Basilica di San Paolo fuori le mura*, Joint Congress SGI-SIMP, Bari 3-5 Settembre 2024, Wandering to learn: Geotourism as a medium for the dissemination of Geodiversity, in Abstract Book, ed. Società Geologica Italiana.

CORRADO S., ADANTI B., GROSSI F., BOSCO V., VASCONI P., BOLLATI A., FABBRI M. (2023), *The historical geological collections of the "Ennio Quirino Visconti" Higher School at the Roman Collegium: a hidden geological jewel in Rome from the XVII century to nowadays*, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24-28 Aprile 2023, EGU23-16959, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-16959>.

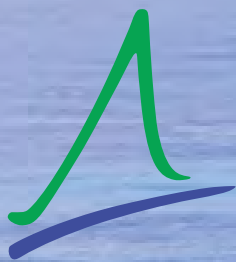
CORRADO S., BOLLATI A., FABBRI M., GIOIA C., ADANTI B., CALCAGNI R., DI FILIPPO C., GROSSI F., TONI M. (2020), *Il Geogarden dell'Università Roma Tre: creazione di un prototipo di giardino geologico del Lazio per la divulgazione delle Scienze Geologiche a Roma*. Geologia dell'Ambiente, 3/2020, 4-16, ed. SIGEA.

FABBRI M., LANZINI M., MANCINELLA D., SUCCHIARELLI C. (2014), *I geositi del territorio di Roma Capital*. Supplemento al n. 3/2014 di Geologia dell'Ambiente, ed. SIGEA Sez. Lazio.

FUNICIELLO R., HEIKEN G., DE RITA D., PAROTTO M. (2006), *I sette colli di Roma. Guida geologica ad una Roma mai vista*, Raffaello Cortina Editore, Milano

FUNICIELLO R., PRATURLON A., GIORDANO G. (2008), *La geologia di Roma: dal centro storico alla periferia*, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 80, APAT, Servizio geologico d'Italia, Roma.

PAROTTO M. (2008), *Evoluzione paleogeografica dell'area romana: una breve sintesi*. In: FUNICIELLO R., PRATURLON A., GIORDANO G. (Editors), *La geologia di Roma dal centro storico alla periferia. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 80, APAT, Servizio geologico d'Italia, Roma.



ARPACAL

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria

Agisce per la tutela dell'ambiente in Calabria

*“L'ambiente è un trattato di pace:
richiede conoscenza, cooperazione
e azioni sostenibili”*



SESSIONE POSTER

SIGEA

Il colle del castello di Lubiana (Slovenia): compromesso tra esigenze turistiche e salvaguardia di un importante sito geopaleontologico

Ljubljana castle hill (Slovenia): a compromise between tourist needs and the safeguarding of an important geopaleontological site

Parole chiave: geosito urbano, sito geopaleontologico, Lubiana, Carbonifero, esigenze turistiche

Key words: urban geosite, geopaleontological site, Ljubljana, Carboniferous, tourist needs

1. INTRODUZIONE

“Nelle aree urbane gli studi geologici scontano alcuni condizionamenti tra i quali quello più evidente è l’assenza di affioramenti geologici, che sono stati nel tempo oblitterati, scavati e comunque nascosti da un “continuum” di asfalto, cemento e di riporti.”

Con queste parole Marina Fabbri e Maurizio Lanzini nel loro studio del 2020 sui geositi urbani mettono in evidenza le principali differenze tra il concetto di Geosito, riferito a località di interesse geologico o geomorfologico che merita di essere protetto e conservato, e Geosito urbano, inteso come memoria storica del paesaggio naturale

pre-urbano a disposizione per le generazioni future. Gli autori classificano i geositi urbani in quattro categorie: geosito vincolato, geosito di attenzione, geosito oblitterato e geosito perduto (Fig. 1).

Il geosito del Colle di Lubiana, descritto in questo breve articolo, rappresenta un modello da seguire per salvaguardare una località di grande valore geologico-paleontologico dalla distruzione che spesso si rende necessaria durante la costruzione di opere urbane. Con il mantenimento delle rocce visibili all’arrivo della stazione superiore della funicolare che porta al castello e l’allestimento di vetrine con i fossili rinvenuti in decenni di ricerche e scavi, si è

evitato che questo geosito andasse perduto e risultasse solo in parte oblitterato dal cemento, mantenendo così il suo grande valore scientifico.

2. LUBIANA -BREVI CENNI DI GEOLOGIA

Ubicata in posizione geografica centrale della Slovenia (Fig. 2), a meno di un centinaio di chilometri da Trieste, la capitale Lubiana possiede un’area di 275 Km² con una popolazione di 293845 abitanti (Lentini *et al.*, 2024): la città giace al centro del cosiddetto Ljubljana Basin, una depressione tettonica (polje) generatasi a partire dal Pliocene riempita da imponenti coltri di sedimenti alluvionali e lacustri. La parte a nord della città, chiamata “Ljubljana Plain” è separata dalla dorsale rocciosa su cui giace il centro abitato dalla zona pianeggiante a sud corrispondente alla cosiddetta “Ljubljana marsh”, una zona paludosa. Due sono i fiumi che attraversano la zona di Lubiana, la Ljubljanica che scorre da sud e la Sava a settentrione. Durante il Pleistocene, in seguito a ripetute avanzate e ritiri delle coltri glaciali, grandi quantità di detriti vennero depositati dal Fiume Sava sotto forma di sabbie parzialmente cementate e lenti di conglomerati (Lentini *et al.*, 2024), oggi sede di estese falde acquifere.

Il polje di Lubiana si trova, dal punto di vista tettonico, al passaggio tra tre sistemi di faglie attive, il Sistema di Faglie Dinarico, il Sistema di Faglie Periadriatico e il Sistema a pieghe della Sava (Lentini *et al.*, 2024): è proprio a causa di questa complicata situazione geologica che la zona della Slovenia centrale e

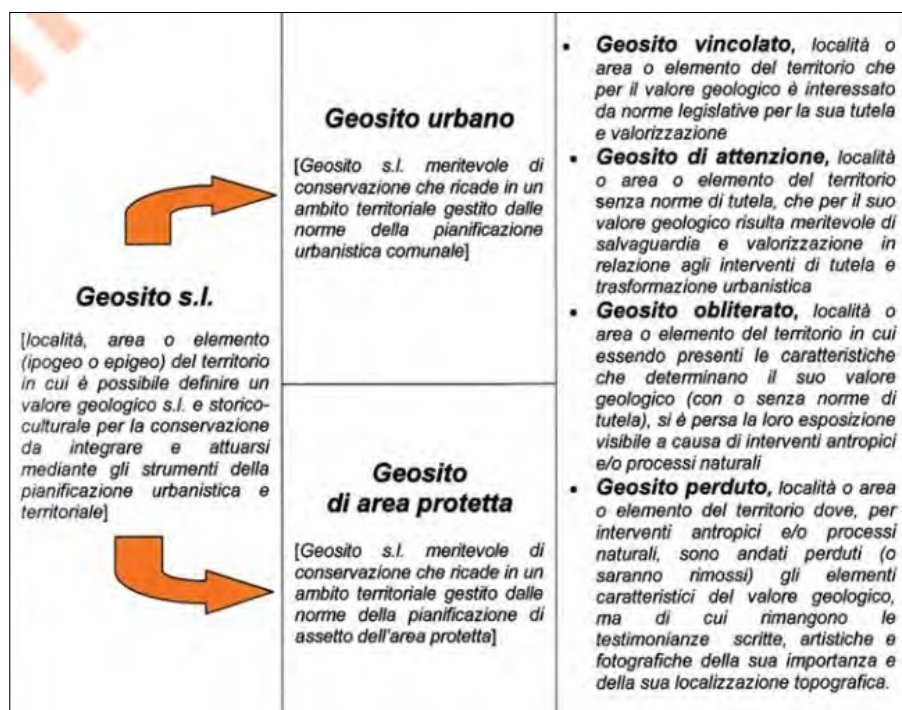


Figura 1. Classificazione dei geositi urbani. (Lentini et alii, 2024)

Alberto Bertini

Già docente di scienze presso Polo Scolastico Follador di Agordo (Belluno)
E-mail: claraia@libero.it

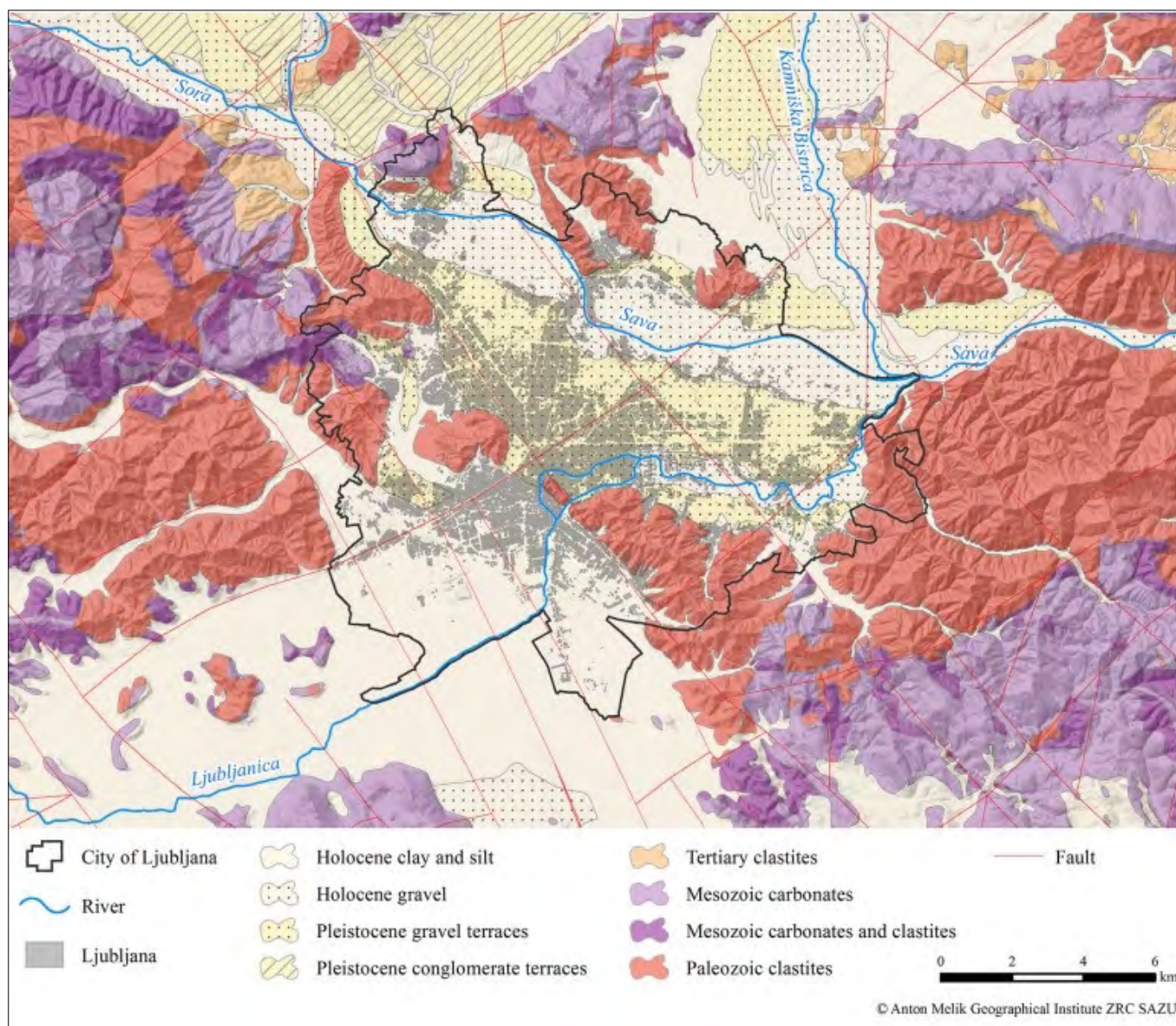


Figura 2. Carta geologica della zona di Lubiana. (Tičar J. et alii, 2017)



Figura 3. Rocce osservabili ai tornelli dell'uscita superiore della funicolare del Colle del Castello di Lubiana. (Foto dell'autore)

di Lubiana in particolare sono caratterizzate da una elevata sismicità.

3. IL GEOSITO DEL COLLE DEL CASTELLO DI LUBIANA

Al Sistema di Pieghe della Sava appartengono le rocce che formano il rilievo su cui giace il Castello di Lubiana, in particolare alle cosiddette “pieghe del Posavje” affioranti nella parte inferiore del bacino della Sava: si tratta di rocce del Carbonifero superiore, datate a circa 300 – 310 milioni di anni fa, ricche di piante caratteristiche di clima tropicale. La flora, rappresentata da esemplari di felci arboree (*Calamites*, *Lepidodendron*, *Sigillaria*) e gimnosperme (*Neuropteris*, *Linnopteris*, *Trigonocarpus*, *Cordaites*) (Kolar-Jurkovšek T. & Jurkovšek B., 2012) era nota agli studiosi del XIX secolo che già ne avevano sottolineato l'importanza per una ricostruzione paleoambientale della zona, allora un delta fluviale paludoso in cui si depositavano grandi quantità di argille.



Figura 4. Stazione superiore della funicolare del castello di Lubiana: i pali lasciano vedere le rocce del Carbonifero superiore affioranti alla sommità del Colle del Castello di Lubiana. (Foto dell'autore)



Figura 5. I gradini verso l'uscita al castello attraversano le rocce paleozoiche qui perfettamente visibili. (Foto dell'autore)



Figura 6. Vetrina con fossili vegetali del Carbonifero superiore. (Foto dell'autore)



Figura 7. Stazione superiore della funicolare del Colle del castello di Lubiana: in attesa della cremagliera per il ritorno, si possono avere spiegazioni sulla paleontologia e geologia della zona cittadina

Nell'anno 2006, durante la costruzione della funicolare che porta al castello, vennero ritrovati nuovi fossili di vegetali per cui venne deciso di non obliterare questo affioramento roccioso con il cemento per la costruzione della stazione superiore dell'impianto di risalita, ma di renderlo accessibile alla popolazione locale ed ai numerosi turisti che quotidianamente salgono al castello per ammirare il panorama della capitale slovena dall'alto. Le rocce scistose carbonifere sono rimaste visibili (Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5) e si possono osservare da vicino nella loro struttura: è stata allestita inoltre una mostra permanente con gli esemplari fossili provenienti dal giacimento cittadino. Vengono poi fornite le principali

informazioni sulla geologia della zona di Lubiana con pannelli geologici (Fig. 6, Fig. 7). La stazione di arrivo della funicolare di Lubiana rappresenta un buon compromesso tra le esigenze turistiche di una città importante come la capitale di uno stato europeo e la salvaguardia di un sito geologico – paleontologico di estremo valore scientifico e storico.

La testimonianza storica viene così mantenuta tramite gli esemplari fossili conservati nelle vetrine a disposizione di tutti e, con l'aiuto di pannelli, vengono fornite anche indicazioni sulla evoluzione geologica della zona, un vero e proprio valore aggiunto per chi si accinge a salire sul Colle del Castello. In questo modo si è evitato che i reperti finiscano, come spesso accade,

nei cassetti di qualche istituto universitario e non più visibili alla popolazione.

4. CONCLUSIONI

La visita alla città di Lubiana in Slovenia rappresenta un buon esempio di come esigenze di tipo turistico (costruzione della funicolare che sale al castello) possano essere compatibili con la salvaguardia di emergenze geologiche: questo modello potrebbe essere seguito anche da amministrazioni di altre città, specialmente in Italia, dove molti centri storici sono ubicati in zone con elementi geologici ad alto valore culturale e/o storico spesso andati perduti a causa dell'urbanizzazione.

BIBLIOGRAFIA

- FABRI M., LANZINI M. (2020), *I geositi urbani tra affioramenti e ricerche storiche. Urban geosites between outcrops and historical research*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 107, pp. 15–22 figg. 12: tab. 1
- KOLAR-JURKOVŠEK T. & JURKOVŠEK B. (2012), *Late Carboniferous floras of Slovenia – A review*. Geologia Croatica. 65. DOI:10.4154/GC.2012.21.
- LENTINI A., GALVE J.P., BENJUMEA B., BRICKER S., DEVLEESCHOUWER X., GUARINO P.M., KEARSEY T., LEONI G., PUZZILLI L.M., ROMEO S., VENNIK G., LA VIGNA F. (2024), *The Urban Geo-climate Footprint approach: Enhancing urban resilience through improved geological conceptualisation*, Cities, Volume 155, 105287, ISSN <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105287>
- TIČAR J., KOMAC B., ZORN M., FERK M., HRVATIN M., CIGLIČ R. (2017), *From urban geodiversity to geoheritage: the case of Ljubljana (Slovenia)*. Quaestiones Geographicae 36(3), Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, pp. 37–50. 7 figs, 1 table.

La geodiversità come narrazione scientifica e memoria del paesaggio: dai travertini umbri ai paesaggi flegrei

Geodiversity as Scientific Narrative and Landscape Memory: From Umbrian Travertines to Phlegraean Landscapes

Parole chiave: geodiversità, paesaggio vulcanico, travertino, educazione ambientale, identità territoriale

Key words: geodiversity, volcanic landscape, environmental education, territorial identity

RIASSUNTO

Il concetto di geodiversità si sta progressivamente affermando come chiave interpretativa trasversale per la lettura dei territori, in grado di coniugare dimensione scientifica, patrimonio culturale e pratiche di valorizzazione sostenibile. L'esperienza di ricerca maturata in differenti contesti geologici – dai sistemi travertinosi di Tivoli e dell'Umbria centrale (Spoleto, Todi) ai paesaggi vulcanici dei Campi Flegrei e delle isole flegree (Ischia, Procida) – suggerisce la necessità di un approccio integrato alla geodiversità, che tenga conto delle sue molteplici implicazioni ambientali, educative e identitarie.

I travertini umbri rappresentano un laboratorio naturale prezioso per comprendere l'interazione tra fenomeni geologici e attività antropiche. Lo studio di questi depositi ha messo in luce il valore geostorico delle formazioni travertinose, non solo come archivi climatici e ambientali, ma anche come elementi costitutivi del paesaggio urbano e architettonico. A Spoleto, Todi e nella media Valle del Tevere, il travertino non è solo materia geologica, ma materia culturale che costruisce relazioni tra natura, storia e abitato.

Parallelamente, l'attività di ricerca, divulgazione e co-progettazione realizzata nei Campi Flegrei ha evidenziato il potenziale straordinario della geodiversità vulcanica come strumento educativo, narrativo e di cittadinanza scientifica. In contesti ad alta vulnerabilità ambientale e sociale, il patrimonio geologico può diventare leva per il rafforzamento della resilienza urbana, favorendo pratiche partecipative, inclusive e intergenerazionali. La costa e

i paesaggi flegrei rappresentano esempi emblematici di una geologia che parla alla contemporaneità.

Attraverso attività seminariali, esperienze con le scuole del territorio, camminate geonarrative e laboratori di educazione ambientale svolti nell'area flegrea, si è potuto constatare quanto la restituzione della geodiversità in forma accessibile, interdisciplinare e sensoriale possa incidere sui processi di appropriazione identitaria e di consapevolezza territoriale. La narrazione geologica, se veicolata con linguaggi multipli – dalla parola al video, dal gesto al disegno – può riattivare il senso del luogo anche nei contesti urbani e periferici più disgregati.

La proposta che si intende qui presentare è una riflessione personale e scientifica, alimentata da anni di ricerca e sperimentazione sul campo, che mira a ripensare la geodiversità non come sfondo, ma come protagonista dei paesaggi urbani e periurbani. In un tempo in cui le trasformazioni ambientali pongono sfide urgenti, è necessario ripartire dal suolo: conoscerlo, raccontarlo, rispettarlo. Dalla porosità del travertino alla fragilità del paesaggio vulcanico, la geologia si offre come racconto di resilienza, memoria e futuro.

Ente strumentale della Regione Campania che sviluppa attività di monitoraggio, prevenzione e controllo per la tutela del territorio e il superamento delle criticità ambientali



L'Agenzia ha siglato un accordo di collaborazione con la SIGEA finalizzato a promuovere iniziative e progetti comuni volti alla sensibilizzazione su i temi legati allo sviluppo sostenibile e alla diffusione di stili di vita rispettosi dell'ambiente.

Per saperne di più



www.arpacampania.it



[arpac_educazione ambientale](https://www.instagram.com/arpac_educazione_ambientale)



[arpa campania](https://www.youtube.com/arpa_campania)

Geoconservare la geodiversità in aree urbane: strategie integrate per una valorizzazione sostenibile del patrimonio geologico

Geoconserving geodiversity in urban areas: integrated strategies for sustainable valorization of geological heritage

Mario Bentivenga, Eva Pescatore, Giuseppe Palladino, Salvatore Ivo Giano
Dipartimento di Scienze di Base e Applicate (DISBA), Università della Basilicata, Potenza, SIGEA aps, ProGEO
E-mail: mario.bentivenga@unibas.it

Parole chiave: geodiversità, geoconservazione, valorizzazione, patrimonio geologico, aree urbane

Key words: geodiversity, geoconservation, valorization, geological heritage, urban areas

RIASSUNTO

La geodiversità, ovvero la varietà di elementi geologici, geomorfologici, pedologici, idrogeologici, ecc. che caratterizzano un territorio, costituisce una componente fondamentale del patrimonio naturale, alla pari della biodiversità (Gray, 2004). Sebbene la geodiversità sia spesso associata a contesti naturali o rurali, essa è presente anche all'interno delle aree urbane, dove assume significati e funzioni peculiari. In ambiente urbano, la geodiversità può manifestarsi attraverso affioramenti geologici, forme del paesaggio preservate nel tessuto cittadino, cave storiche, elementi litici utilizzati nell'architettura dell'abitato, o ancora fossili e minerali incorporati nei materiali da costruzione (Gordon and Barron, 2011; Reynard *et al.*, 2017).

In questi contesti antropizzati, la geodiversità è spesso soggetta a intense pressioni: espansione edilizia, trasformazione del paesaggio, erosione culturale e mancanza di consapevolezza ne minano la conservazione. Tuttavia, proprio le aree urbane offrono opportunità strategiche per promuovere la geoconservazione, intesa come l'insieme delle pratiche volte a identificare, proteggere e valorizzare gli elementi geologici di interesse, in quanto luoghi di alta visibilità, accessibilità e potenziale educativo (Henriques *et al.*, 2011; Kubalíková *et al.*, 2021; Pescatore *et al.*, 2023; Bentivenga *et al.*, 2024; Prosser *et al.*, 2010; Geremia *et al.*, 2015; Bentivenga and Geremia, 2015).

La valorizzazione sostenibile della geodiversità urbana implica un approccio integrato, capace di coniugare tutela, conservazione, funzione educativa, valenza culturale e fruizione pubblica. In

quest'ottica, la geoconservazione non si limita a preservare elementi fisici, ma contribuisce alla costruzione di una cittadinanza geoconsapevole, in grado di leggere e apprezzare le dimensioni geologiche del paesaggio urbano (Brilha, 2016).

Uno dei nodi centrali di questo processo è il riconoscimento del valore culturale e identitario della geodiversità. In molte città europee e in crescente misura anche in Italia, si sta assistendo all'emergere di iniziative volte a mappare e raccontare i geositi urbani attraverso percorsi geoeducativi, segnaletica interpretativa, itinerari geoturistici e pratiche di *citizen science* (Pilogallo *et al.*, 2019; Bonomo *et al.*, 2019; Sapari Dwi Hadian *et al.*, 2025; Kubalíková *et al.*, 2021; Reynard and Brilha, 2018; Liccardo *et al.*, 2012).

Tali approcci promuovono una valorizzazione inclusiva e partecipativa, favorendo il dialogo tra geoscienze, urbanistica, architettura e comunità locali. Un esempio significativo di valorizzazione sostenibile in ambito urbano è rappresentato dall'uso didattico dei geositi cittadini, come affioramenti visibili nei parchi, nelle aree dismesse o lungo i corsi d'acqua urbanizzati. Attraverso l'integrazione nei programmi scolastici e nelle attività museali, questi luoghi possono trasformarsi in vere e proprie "aule a cielo aperto", contribuendo allo sviluppo di una cultura scientifica diffusa (Gordon *et al.*, 2012).

La sfida attuale consiste nell'integrare la geodiversità nei processi di pianificazione urbana. In molte città, la geodiversità continua a essere trascurata nei piani regolatori e negli strumenti di tutela del paesaggio. È dunque necessa-

rio promuovere una maggiore sinergia tra enti locali, istituzioni scientifiche e cittadini, affinché i valori geologici vengano considerati nella gestione sostenibile del territorio urbano (Giano *et al.*, 2022; Pescatore *et al.*, 2022).

A tal proposito, strumenti come l'inventario dei geositi (Brilha, 2016) o le Linee guida IUCN per la conservazione del patrimonio geologico (IUCN, 2020) possono rappresentare una base solida per integrare criteri scientifici e partecipativi nella valutazione e nella conservazione della geodiversità urbana (Palladino *et al.*, 2013).

Il presente contributo intende dunque proporre un quadro teorico e operativo per la geoconservazione urbana, basato su tre assi principali:

- i) censimento e studio dei geositi urbani, attraverso metodologie interdisciplinari che uniscano analisi geologica, storica e paesaggistica, finalizzate anche a definire le migliori pratiche di conservazione;
- ii) valorizzazione sostenibile, mediante percorsi interpretativi, strumenti digitali e forme di fruizione non impattante, come il geoturismo urbano;
- iii) educazione e partecipazione, con attività rivolte a scuole, università, cittadini e turisti, volte a rafforzare il senso di appartenenza e la consapevolezza ambientale (Bentivenga *et al.*, 2019).

Il contributo conterrà esempi di buone pratiche, tratte da diverse aree del territorio nazionale, per dimostrare come la geodiversità possa essere riconosciuta come risorsa chiave per la qualità urbana, la resilienza ecologica e l'identità culturale delle città. La geodiversità urbana non rappresenta un ostacolo allo

sviluppo, bensì una risorsa strategica per la sostenibilità ambientale, educativa e culturale.

La geodiversità, in aree urbane non solo ha valore intrinseco, ma contribuisce ai servizi ecosistemici, all'identità locale e al benessere collettivo. Esperienze italiane e internazionali dimostrano come strategie sostenibili possano tradursi in profili di sviluppo innovativi e rispettosi del territorio. Una corretta conoscenza, conservazione e valorizzazione della geodiversità può contribuire alla costruzione di aree urbane più inclusive, resilienti e consapevoli del proprio patrimonio naturale. Promuovere una geoconservazione sostenibile in ambito urbano significa ripensare il rapporto tra città e territorio, riconoscendo nei processi geologici una componente viva della nostra quotidianità e del nostro futuro. Una geoconservazione sostenibile comprende sia azioni dirette e fisiche di conservazione degli oggetti, che indirette e mirate alla valorizzazione e fruizione degli stessi.

BIBLIOGRAFIA

- BENTIVENGA M. AND GEREMIA F. (2015), *VII International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage Geoheritage: Protecting and Sharing*. Geoheritage (2015) 7:1–3, DOI 10.1007/s12371-015-0146-z
- BENTIVENGA M., CAVALCANTE F., MASTRONUZZI G., PALLADINO G., PROSSER G. (2019), *Geoheritage: The Foundation for Sustainable Geotourism*. Geoheritage J., DOI:10.1007/s12371-019-00422-w
- BENTIVENGA, M.; PESCATORE, E.; PICCARRETA, M.; GIZZI, F.T.; MASINI, N.; GIANO, S.I. (2024), *Geoheritage and Geoconservation, from Theory to Practice: The Ghost Town of Craco (Matera District, Basilicata Region, Southern Italy)*. Sustainability, 16, 2761. <https://doi.org/10.3390/su16072761>
- BONOMO A. E., ACITO A.M., PROSSER G., RIZZO G., MUNNECKE A., KOCH R. AND BENTIVENGA M. (2019), *Matera old quarries: geological and historical archive to be protected and valorized*. Geoheritage J., DOI: 10.1007/s12371-019-00413-x.
- BRILHA, J. (2016), *Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: A Review*. Geoheritage, 8(2), 119–134. ISBN 978-0-12-809531-7, Elsevier, Amsterdam, 450 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-04543-9>
- GEREMIA F., BENTIVENGA M., PALLADINO G. (2015), *Environmental Geology Applied to Geoconservation in the Interaction between geosites and linear infrastructures in South-Eastern Italy*. Geoheritage, Doi: 10.1007/s12371-015-0145-0.
- GIANO S.I., PESCATORE E., BISCIONE M., MASINI N., BENTIVENGA M. (2022), *Geo- and Archaeo-heritage in the Mount Vulture Area: List, Data Management, Communication, and Dissemination*. A Preliminary note. Geoheritage 14, 10. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00623-2>
- GORDON J. E. AND BARRON H. F. (2011), *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 102(3–4), 199–204.
- GORDON, J. E., CROFTS, R. AND GRAY, M. (2012), *Geoconservation in Urban Areas*. In P. T. Bobrowsky (Ed.), *Encyclopedia of Natural Hazards* (pp. 407–409). Springer.
- GRAY, M. (2004), *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. Wiley.
- HENRIQUES N.H., PENA DOS REIS R., BRILHA J., MOTA T.S. (2011), *Geoconservation as an Emerging Geoscience*. Geoheritage (2011) 3:117–128, DOI 10.1007/s12371-011-0039-8
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE-IUCN (2020), *Guidelines for Geoconservation in Protected and Conserved Areas*. IUCN WCPA Geoheritage Specialist Group.
- KUBALÍKOVÁ L., DRÁPELA E., KIRCHNER K., BAJER A., BALKOVÁ M., KUDA F. (2021), *Urban geotourism development and geoconservation: Is it possible to find a balance?* Environmental Science and Policy 121 (2021) 1–10
- LICCARDO, A., MANTESSO-NETO, V. AND PIEKARZ, G. F. (2012), *Urban geotourism: education and culture*. Anuário do Instituto de Geociências. Rio de Janeiro, BR, 35(1), pp. 133–141. doi: 10.11137/2012_1_133_141.
- MOHAMAD SAPARI DWI HADIAN, MOCHMAD NURSIYAM BARKAH, UTE LIES SITI KHADIDJAH, AYU KRISHNA YULIAWATI, ASTI NUR ARYANTI, SANI SUHARDIMAN (2025), *Urban geotourism development in the perspective of stakeholders*. International Journal of Geoheritage and Parks. Volume 13, Issue 1, pp 102–116
- PALLADINO G., PROSSER G., BENTIVENGA M. (2013), *The geological itinerary of Sasso di Castalda: a journey into the geological history of the Southern Apennine thrust-belt (Basilicata-Southern Italy)*. Geoheritage. DOI 10.1007/s12371-012-0073-1.
- PESCATORE E., BENTIVENGA M. AND GIANO S.I. (2023), *Geoheritage and Geoconservation: Some Remarks and Considerations*. Sustainability 2023, 15, 5823. <https://doi.org/10.3390/su15075823>
- PESCATORE, E.; BENTIVENGA, M.; GIANO, S.I. (2022), *Geoheritage Management in Areas with Multicultural Interest Contexts*. Sustainability, 14, 15911. <https://doi.org/10.3390/su142315911>
- PILOGALLO A. NOLÈ G., AMATO F., SAGANEITI L., BENTIVENGA M., PALLADINO G., SCORZA F., MURGANTE B. LAS CASAS G. (2019), *Geotourism as a Specialization in the Territorial Context of the Basilicata Region (Southern Italy)*. Geoheritage J., <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00396-9>
- PROSSER, C. D., MURPHY, M. AND LARWOOD, J. G. (2010), *Geological Conservation: A guide to good practice*. English Nature, Peterborough, 147pp.
- REYNARD E. AND BRILHA J. (Edts.) (2018), *Geoheritage: assessment, protection and management*. ISBN 978-0-12-809531-7, Elsevier, Amsterdam, 450 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-04543-9>
- REYNARD, E., PERRET, A., GRANGIER, L. AND KOZLIK, L. (2017), *Urban geotourism and geoheritage interpretation*. Geoheritage, 9(3), 305–317. <https://doi.org/10.1007/s12371-016-0206-z>

Cavità artificiali: un patrimonio geologico (nascosto) da conoscere e salvaguardare

Artificial cavities: a (hidden) geological heritage to discover and safeguard

Parole chiave: geodiversità, geoconservazione, valorizzazione, patrimonio geologico, aree urbane

Key words: geodiversity, geoconservation, valorization, geological heritage, urban areas

Roberto Bixio^{1,2}, Carla Galeazzi^{1,2}, Carlo Germani¹, Mario Parise^{1,2,3}

¹Commissione Nazionale Cavità Artificiali, Società Speleologica Italiana

²Commission on Artificial Cavities,

International Union of Speleology

³Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università Aldo Moro, Bari

E-mail: mario.parise@uniba.it

RIASSUNTO

Le cavità artificiali, definite come vuoti sotterranei scavati dall'uomo, costruiti in sotterraneo o divenuti ipogei per sovrapposizione stratigrafica nei centri urbani, in epoche diverse e con una grande varietà di usi e funzioni, sono da molte decadi oggetto di studi da parte della specifica Commissione della Società Speleologica Italiana (SSI). I lavori di tale commissione hanno portato alla luce la rilevanza degli ambienti ipogei per una serie di motivi di carattere storico, antropologico, sociale, archeologico, oltre che per l'interesse su di essi mostrato da altre discipline (geologia, ingegneria idraulica, idrogeologia, architettura, ecc.). La Commissione SSI, nata nel 1981, ha condotto numerosi studi sulle cavità artificiali ed organizzato convegni e incontri dedicati a questo tema in numerose occasioni. Inoltre, a partire dal 1999, ha dato vita alla rivista *Opera Ipogea*, interamente riguardante le cavità artificiali, che a partire dallo scorso anno è pubblicata dalla casa editrice L'Erma di Bretschneider.

Oltre a tali risultati, un importante punto di riferimento è stato senza ombra di dubbio l'albero tipologico (Figura 1) proposto dalla Commissione alla fine degli anni '80 e periodicamente aggiornato (Galeazzi, 2013) al fine di classificare le cavità artificiali in base alla funzione per la quale le stesse sono state progettate e talvolta successivamente riadattate (nel caso la funzione sia variata nel tempo, con conseguente uso differente della cavità rispetto a quello originario). La classificazione prevede 7 categorie, indicate da una lettera maiuscola (dalla A alla G) che circoscrivono le principali classi di uso: A – opere idrauliche; B – opere insediative civili; C – opere di culto; D – opere belliche; E – opere estrattive; F – opere di transito; G – altre opere. All'interno di ciascuna

categoria, l'aggiunta di numeri progressivi permette di identificare con maggiore dettaglio la tipologia della cavità artificiale, consentendo una ulteriore specifica della funzione di utilizzo (es.: A1, opere idrauliche di regimazione e bonifica; B1: opere insediative per civili – abitazioni stabili).

Nel corso degli anni, l'albero tipologico è stato oggetto di integrazioni, a seguito della segnalazione di strutture funzionali che non erano state inizialmente previste (Bixio & De Pascale, 2013), e che meritavano l'inserimento nella struttura di classificazione, o di vere e proprie revisioni (Galeazzi & Germani, 2023).

L'albero tipologico ha consentito di analizzare e catalogare cavità di enorme interesse storico-culturale, a iniziare

dalle opere idrauliche, di essenziale rilevanza per lo studio sulle conoscenze e lo sviluppo di antiche civiltà (Castellani, 2000; Laureano, 2001; Parise, 2009; Mays, 2010; Bixio *et al.*, 2017; Valipour *et al.*, 2020). Gli insediamenti rupestri (Bixio, 2012; Bixio *et al.*, 2021), a loro volta, costituiscono una tra le categorie di maggiore significato storico nell'ambito della classificazione, in quanto presentano ingegnosi sistemi di resilienza (in particolare rispetto alle tecniche per mitigare caldo e freddo, oltre all'uso meticoloso delle scarse risorse idriche) che oggi sono studiati con attenzione anche in architettura allo scopo di riprodurne, almeno in parte, i benefici.

La classificazione è stata portata a livello internazionale nell'ambito dei lavori della *Commission on Artificial Ca-*

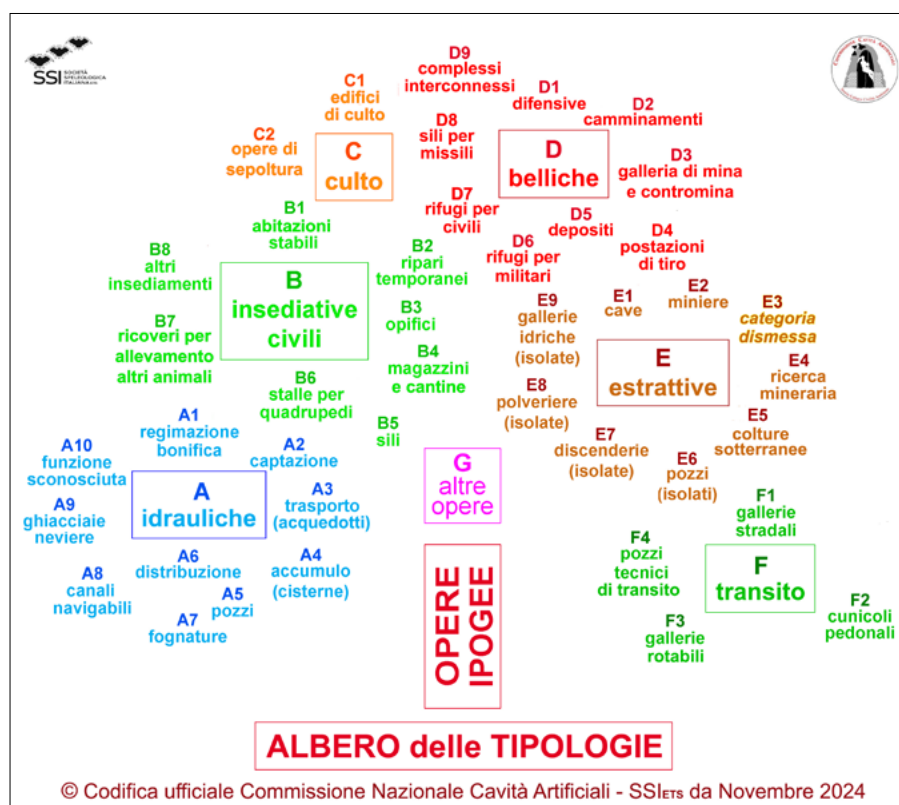


Figura 1. Albero delle tipologie delle cavità artificiali (Commissione Cavità Artificiali, Società Speleologica Italiana)

vities della *International Union of Speleology* (UIS), e a partire dal 2013 è stata adottata anche dalla *UIS Commission* (Parise *et al.*, 2013), divenendo pertanto il punto di riferimento principale a livello mondiale per la descrizione delle cavità artificiali. Di recente, in occasione del 19° Congresso Internazionale di Speleologia, membri della Commissione SSI hanno proposto una ulteriore modifica (Galeazzi *et al.*, 2025), che comunque non inficia in alcun modo lo schema già esistente, anche al fine di evitare confusione rispetto ai lavori nel frattempo già pubblicati e che si riferivano alla versione originale dell'albero tipologico. La modifica consiste nell'aggiunta di una lettera minuscola e in una accurata descrizione (ad es., A1a – gallerie per la regolazione del livello dei laghi e bacini privi di sbocchi naturali ad esempio gli emissari e immissari artificiali dei laghi vulcanici o dei polje; A1b – cunicoli per il drenaggio e la bonifica di terreni paludosi attuata attraverso il completo prosciugamento; ecc.). Per ulteriori dettagli, si veda Galeazzi *et al.* (2025).

Di frequente l'interesse per le cavità artificiali deriva anche dall'occorrenza di fenomeni di sprofondamento (*sinkholes*, secondo Gutierrez *et al.*, 2014; Parise, 2019, 2022), che determinano l'apertura di voragini in ambiti urbani, con notevoli danni e disagi per le popolazioni (Vennari & Parise, 2022). Data la lunga storia del territorio italiano, e l'utilizzo in molte epoche storiche dell'ambiente sotterraneo, sono in numero elevato i centri storici di città (Roma, Napoli, Palermo, *in primis*) e di centri minori interessati da tali fenomenologie; spesso gli sprofondamenti si verificano a seguito della perdita di memoria delle cavità, la cui esistenza torna alla luce solo a seguito del crollo della volta. Nel tempo, ciò ha portato a una percezione delle cavità artificiali eminentemente negativa, come potenziale pericolo, lasciando poco spazio ad una visione più ampia che ne evidenziasse invece l'elevato valore di bene culturale (Polimeni *et al.*, 2019).

La valorizzazione di ambienti ipogei, e la loro eventuale fruizione pubblica deve necessariamente passare attraverso un processo di valutazione delle condizioni di stabilità del sito, al fine di salvaguardare l'incolumità dei visitatori. In tal senso, diversi approcci sono disponibili in letteratura, finalizzati ad un primo esame delle condizioni di stabilità (Lollino & Parise, 2014): tra questi, gli abachi proposti da Perrotti *et al.* (2018, 2019) sulla base di analisi multiparametriche che necessitano di dati di

input abbastanza semplici da reperire (le caratteristiche geometriche della cavità, ed una stima delle proprietà fisico-meccaniche e geotecniche, a partire dai valori di resistenza a compressione dei materiali coinvolti) che consentono di pervenire ad una valutazione preliminare, eventualmente da analizzare in dettaglio, quando gli abachi indichino una situazione prossima alla instabilità. Soltanto a valle di analisi di questo tipo, si possono attuare piani di sviluppo turistico e di fruizione pubblica per le cavità artificiali.

BIBLIOGRAFIA

- BIXIO R. (Ed.) (2012), *Cappadocia. Records of the underground sites*. British Archaeological Reports S2413: 278 pp.
- BIXIO R., DE PASCALE A. (2013), *A new type of rocky work: the apiaries*. Opera Ipogea 1/2013:59-74.
- BIXIO R., PARISE M., YAMAÇ A. (2017), *Idrastica rupestre in Turchia*. Geologia dell'Ambiente 3:198-203.
- BIXIO R., YAMAÇ A., GALEAZZI C., PARISE M. (2021), *Artificial cavities of Turkey. Updating the Map of Anthropogenic Cavities in the Mediterranean Basin*. Opera Ipogea 2: 27-46.
- CASTELLANI V. (2000), *La Civiltà dell'acqua*. Editorial Service System, Roma, 254 pp.
- GALEAZZI C. (2013), *The typological tree of artificial cavities: a contribution by the SSI Commission*. Opera Ipogea 1:9-18.
- GALEAZZI C., GERMANI C. (2023), *Proposta di revisione della classificazione tipologica delle Cavità Artificiali SSI/UIS, sulla base degli studi speleologici condotti tra il 1981 e il 2023*. Opera Ipogea 1/2:51-82.
- GALEAZZI C., GERMANI C., BELVEDERI G., BETTI M., BIXIO R., PARISE M. (2025), *Updating the typology classification of artificial cavities*. Proceedings 19th International Congress of Speleology, Belo Horizonte (Brazil), 20-27 July 2025, vol. 5: 26-30.
- GUTIERREZ F., PARISE M., DE WAELE J., JOURDE H. (2014), *A review on natural and human-induced geohazards and impacts in karst*. Earth Science Reviews 138: 61-88.
- LAUREANO P. (2001), *Atlante dell'acqua*. Bolati Boringhieri, Torino.
- LOLLINO P., PARISE M. (2014), *La valutazione delle condizioni di stabilità di cavità sotterranee: approcci semplificati e metodi avanzati di calcolo*. Geologia dell'Ambiente, suppl. 2/2014 : 74-81.
- MAYS L.W. (2010), *Lessons from the ancients on water resources sustainability*. In: *Ancient Water Technologies*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 280 pp.
- PARISE M. (2009), *Distribution and characteristics of ancient underground aqueducts in Italy*. Proc. Int. Water Association Specialty Conf., 2nd Int. Symp. on "Water and wastewater technologies in ancient civilizations", Bari, 28-30 May 2009.
- PARISE M. (2019) Sinkholes. In: WHITE W.B., CULVER D.C., PIPAN T. (Eds.), *Encyclopedia of Caves*. Elsevier, 3rd ed., ISBN 9780128141243, 934-942.
- PARISE M. (2022) Sinkholes, Subsidence and Related Mass Movements. In: SHRODER J.J.F. (Ed), *Treatise on Geomorphology*, vol. 5. Elsevier, Acad. Press, 200-220.
- PARISE M., GALEAZZI C., BIXIO R., DIXON M. (2013), *Classification of Artificial Cavities: a first contribution by the UIS Commission*. Proc. 16th International Congress of Speleology, Brno (Czech Republic), 2: 230-235.
- PERROTTI M., LOLLINO P., FAZIO N.L., PISANO L., VESSIA G., PARISE M., FIORE A., LUIGI M. (2018), *Finite Element-based stability charts for underground cavities in soft calcarenites*. ASCE International Journal of Geomechanics, 18 (7): 04018071.
- PERROTTI M., LOLLINO P., FAZIO N.L., PARISE M. (2019), *Stability charts based on the finite element method for underground cavities in soft carbonate rocks: validation through case-study applications*. NHESS, 19: 2079-2095.
- POLIMENI B., BIXIO R., GALEAZZI C., GERMANI C., PARISE M., SAJ S., SAMMARCO M. (2019), *Creating a Map of the Underground Heritage in the Mediterranean Area: A Visual Representation for Comprehensive Research*. In: AMORUSO G., SALERNO R. (Eds.), *Cultural Landscape in Practice*, Lect. Notes in Civil Eng., Springer 26:115-129.
- SEMSAR YAZDI A.A., LABBAF KHANEIKI M. (2010), *Veins of desert. A Review on the techniques of Kanat/Falaj /Karez*. Water Resources Manag. Organiz., Iran, 311 pp.
- TÖLLE-KASTENBEIN R. (1993), *Archeologia dell'acqua. La cultura idraulica nel mondo classico*. Longanesi Ed., Milano, 288 pp.
- VALIPOUR M., ABDELKADER T.A., ANTONIOU G.P., SALA R., PARISE M., SALGOT M., SANAAN BENSI N., ANGELAKIS A.N. (2020), *Sustainability of underground hydro-technologies: from ancient to modern times and toward the future*. Sustainability, 12: 8983.
- VENNARI C., PARISE M. (2022), *A chronological database about natural and anthropogenic sinkholes in Italy*. Geosciences 12: 200.

Geomorfositi inediti nel Messinese: valorizzazione della geodiversità in differenti contesti di interazione uomo-ambiente

Unrecorded geomorphosites in Messina Province: enhancing geodiversity in different human-environment interaction contexts

Parole chiave: Geositi, processi carsici, gestione fascia costiera, depositi eolici, Sicilia nord-orientale

Key words: Geosites, karst processes, coastal management, eolian deposits, northwestern Sicily

Mauro Bonasera

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

E-mail: mauro.bonasera@isprambiente.it

Giuseppe La Torre

Libero professionista

Ciro Cerrone

Università di Venezia Ca' Foscari

E-mail: ciro.cerrone@unive.it

RIASSUNTO

La conservazione e la valorizzazione dei luoghi di riconosciuto valore ambientale e scientifico rivestono un ruolo cruciale per la comprensione degli equilibri tra processi naturali e attività antropiche, necessaria per la pianificazione del territorio nel rispetto degli ecosistemi che lo caratterizzano. Questo studio analizza questi aspetti per tre possibili geositi nella Città Metropolitana di Messina, che ancora non compaiono negli inventari ufficiali: l'Inventario Nazionale dei Geositi (ISPRA) e il Catalogo Regionale dei Geositi della Sicilia (Fig. 1). In particolare, i siti analizzati, presentano caratteristiche peculiari di interesse geomorfologico, relativi a differenti processi (carsici, eolici e

costieri) e differenti interazioni con le attività antropiche antiche e contemporanee. Un ulteriore criterio di selezione, oltre all'assenza nei cataloghi ufficiali e alla rappresentatività geomorfologica, è stata la loro notorietà per la popolazione locale dovuta a testimonianze storiche, cronache locali o attività turistiche sponsorizzate recentemente.

Il reperimento di libri storici, guide escursionistiche e quotidiani locali per la localizzazione ha preceduto un rilevamento geologico-geomorfologico di terreno per caratterizzare i meccanismi di formazione e i processi geomorfologici responsabili delle forme del geosito proposto. Documentazione fotografica è stata acquisita sia durante il rilievo tradizionale sia tramite voli drone; mirate

acquisizioni fotogrammetriche hanno consentito la realizzazione di modelli 3D, indispensabili per caratterizzare le forme dal punto di vista morfometrico.

Il primo potenziale geosito (sito 1 in Fig. 1) è posizionato nell'area sommitale di Monte Scuderi (1253 s.l.m.), cima dei Monti Peloritani, parte dell'omonima Riserva naturale orientata, da cui si gode una vista panoramica sullo Stretto di Messina (Fig. 2a). Sul sito si registra la presenza di affioramenti e sub-affioramenti di marmi a due miche paleozoici, massivi, molto fratturati, ricoperti da una sottile copertura di terra rossa, che caratterizzano un altopiano costellato da depressioni carsiche. Le forme, riferibili a *solution sinkholes*, sono originate dalla dissoluzione della litologia carbonatica da parte dell'acqua di ruscellamento superficiale.

I *sinkholes*, di forma approssimativamente circolare con diametri compresi tra 10 e 15 metri e profondità variabili tra 3 e 5 metri, evolvono lentamente ed alcuni hanno pareti stabilizzate artificialmente con muretti a secco di rocce reperite sul posto. L'interazione con l'uomo, fonti storiche narrano di antichi insediamenti fin dal VII-VIII sec. d.C., è avvalorata da rinvenimenti di ceramiche riferibili al periodo bizantino e monete del periodo aragonese, oltre alle testimonianze recenti di utilizzo pastorale (Riccobono, 1981). Tradizioni locali raccontano inoltre che queste depressioni venissero impiegate come "niviere": cavità naturali in cui la neve veniva accumulata e conservata per produrre ghiaccio, il quale poi veniva asportato e venduto dopo averlo aromatizzato con gli agrumi di cui le valli dei Peloritani

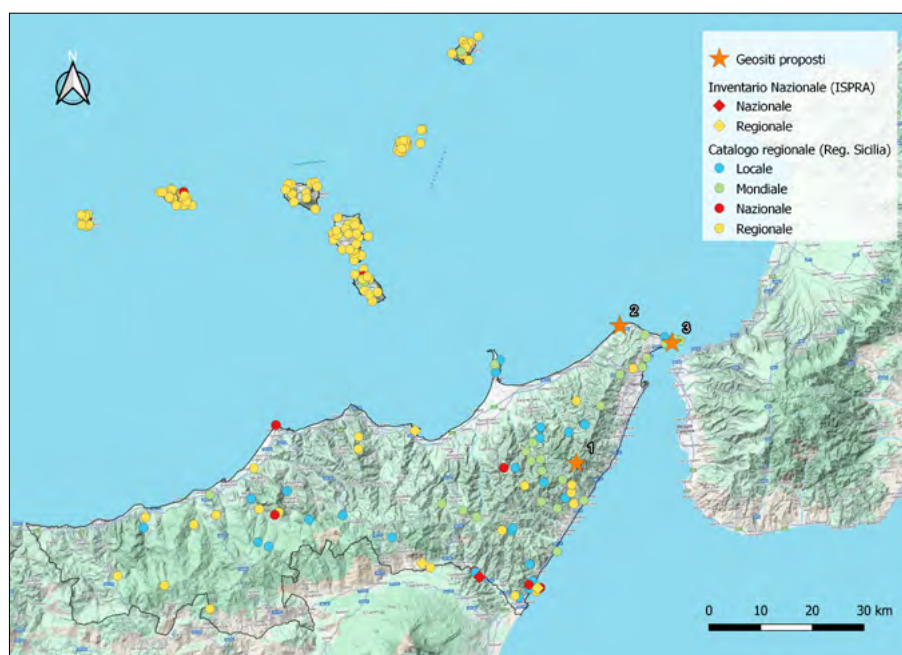


Figura 1. Mappa della Città Metropolitana di Messina con evidenza dei geositi censiti nei database ufficiali (ISPRA e Regione Sicilia) e posizione dei tre siti oggetto di studio

abbondavano (origine della granita siciliana). Questa pratica, documentata fino all'inizio del XX secolo, lega in modo indissolubile il sito alla storia culturale ed economica del territorio. Dal punto di vista scientifico, i *sinkholes* di Monte Scuderi offrono un laboratorio a cielo aperto per lo studio dei processi carsici in litologie metamorfiche, quali i marmi a due miche. La manutenzione dei sentieri di accesso, già indispensabili per la pratica del trekking, e pannelli interpretativi, che illustrino i processi geomorfologici e le antiche pratiche di utilizzo, possono contribuire alla diffusione delle conoscenze dei processi naturali alla base di attività umane ancora oggi caratteristiche della Sicilia Nord-Orientale.

Il secondo geosito (sito 2 in Fig. 1) è stato individuato sulla costa tirrenica, nei pressi della frazione di San Saba, sulla costa tirrenica del Comune di Messina, poco ad ovest di Capo Rasocolmo (Fig. 2b).

Il sito è caratterizzato da promontori rocciosi, costituiti da rocce metamorfiche di medio-alto grado, paragneiss e micascisti, ricoperti da depositi sabbiosi che mantengono un angolo di riposo di circa 30 gradi fino alla loro congiunzione con i depositi sabbiosi della spiaggia. Le forme, una superficie con copertura di sabbia eolica di circa 0,55 km², sono vere e proprie "montagne di sabbia", nome con cui è conosciuto il sito. Dalla loro sommità è possibile ammirare uno spettacolare panorama sulle Isole Eolie e Capo Milazzo. Nonostante il luogo si presti ad essere un laboratorio naturale per lo studio delle dinamiche eoliche e della stabilizzazione della vegetazione dunare in habitat costiero mediterraneo, non è disponibile alcuna fonte bibliografica. Le cronache locali riportano problematiche di conservazione dovute in primis all'erosione costiera che colpisce il litorale, ormai assottigliatosi proprio in corrispondenza del suggestivo pendio, principalmente nei mesi invernali. L'accesso pedonale alla spiaggia, sebbene difeso da una barriera di massi, è stato interessato dall'erosione risultando quasi impraticabile. In passato le montagne di sabbia di San Saba erano preservate naturalmente da cordoni dunari che proteggevano l'entroterra dall'azione delle mareggiate e contribuivano alla loro formazione. Per la conservazione di questo sito occorre un monitoraggio dettagliato e una quantificazione dei processi erosivi a cui è sottoposto ed eventualmente il ripristino della vegetazione autoctona nei punti ove essa riusciva a trattenere il sedimento. Segnale-

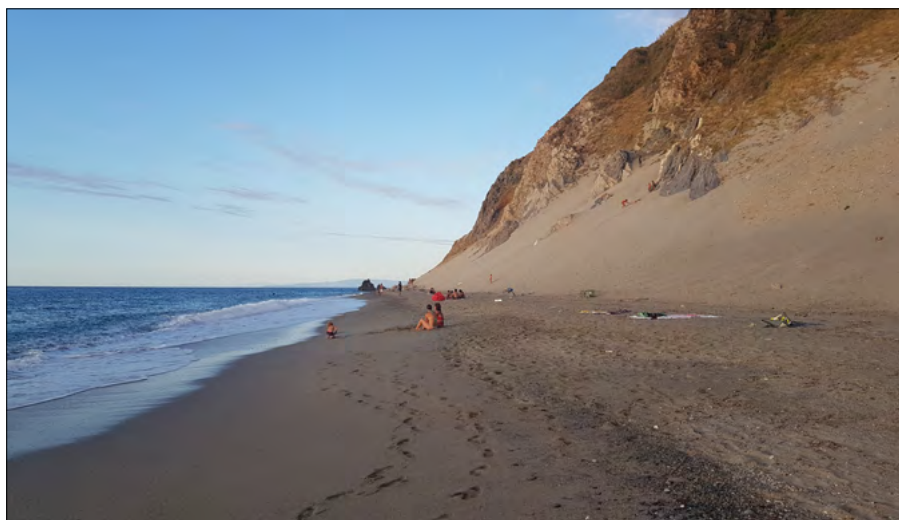
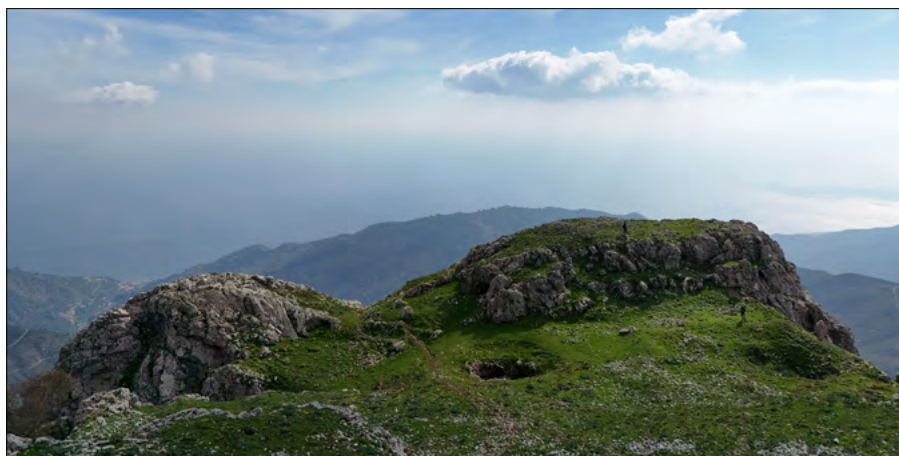


Figura 2. a) I *sinkholes* di Monte Scuderi; b) Le montagne di sabbia di San Saba; c) la beach-rock di Capo Peloro

tica informativa contribuirebbe inoltre alla consapevolezza della fragilità tipica di questi sistemi naturali, a volte incrementata dall'interazione con un turismo balneare di massa.

Il terzo geosito (sito 3 in Fig. 1) proposto caratterizza la costa bassa di Capo Peloro, nell'omonima Riserva naturale orientata, nei villaggi di Ganzirri e Torre Faro del Comune di Messina (Fig. 2c). Posizionato sulla punta estrema nord-

orientale della Sicilia, il sito risulta a poche centinaia di metri di distanza dai due pantani costieri di Ganzirri e Torre Faro, già catalogati come geositi di interesse mondiale nel Database della Regione Sicilia, significativi dal punto di vista geomorfologico, in particolare per processi morfotettonici (Bottari *et al*, 2005). La forma di possibile interesse è una cosiddetta *beach-rock*, una formazione sedimentaria costituita da

un conglomerato poligenico, formato da clasti da decimetrici a centimetrici, arrotondati e ben cementati, di spessore circa 20-30 cm. Affiora lungo la fascia intertidale, dai -2 ai -0,7 metri s.l.m., presenta un'estensione lineare continua per circa 2400 metri parallelamente alla linea di costa, per una larghezza di circa 30 metri, ed è immergente a Sud-Est verso mare. Essendo stratigraficamente al di sopra delle Ghiaie e Sabbie di Messina, la sua formazione è avvenuta tra il Pleistocene Medio e i resti bioclastici di circa 5000 anni fa conservati all'interno del cemento carbonatico (Antonioli *et al.*, 2006). La sua conservazione svolge un importante ruolo di mitigazione naturale dell'erosione costiera, dissipando l'energia del moto ondoso e della corrente litoranea, particolarmente intensa nello Stretto di Messina. Il fondale dell'area caratterizzata dalla *beach-rock* favorisce l'*habitat* per numerose specie di organismi marini arricchendo la biodiversità e la sostenendo le dinamiche ecologiche delle acque dello Stretto. Nonostante l'area sia già segnalata da pannelli informativi e faccia parte della Riserva naturale orientata di Capo Peloro, rientra per buona parte nell'area di cantiere della torre lato Sicilia del realizzando Ponte Sullo Stretto.

I *sinkholes* di Monte Scuderi, le montagne di sabbia di San Saba e la *beach-rock* di Capo Peloro sono tre possibili geositi di notevole interesse geomorfologico la cui valorizzazione richiede misure di tutela ed il coinvolgimento delle comunità locali. La collaborazione tra enti territoriali, ISPRA e Regione Sicilia, per il loro inserimento negli inventari ufficiali rappresenterebbe un primo passo per il riconoscimento della loro importanza almeno locale, che contribuirebbe alla loro conoscenza dal punto di vista scientifico, culturale e dell'educazione ambientale.

BIBLIOGRAFIA

- ANTONIOLI F., FERRANTI L., LAMBECK K., KERSHAW S., VERRUBBI V., DAI PRA G. (2006), *Late Pleistocene to Holocene record of changing uplift rates in southern Calabria and northeastern Sicily (southern Italy, Central Mediterranean Sea)*. Tectonophysics (422), 23-40.
- BOTTARI A., BOTTARI C., CARVENI P., GIACOBBE S., SPANÒ N. (2005), *Genesis and geomorphologic and ecological evolution of the Ganzirri salt marsh (Messina, Italy)*. Quaternary International (140-141), 150-158.
- RICCOBONO F. (1981), *Monte Scuderi – Storia e Legenda*. Ed. E.D.A.S. Messina.



PROTEGGERE L'AMBIENTE

è nella nostra natura

PREVISIONE E PREVENZIONE DEI RISCHI DI ORIGINE NATURALE INFORMAZIONI DI CARATTERE AMBIENTALE



Processi ed effetti

Arpa si occupa di studi e monitoraggi nel campo della geologia e geomorfologia, in particolare dei processi di modellamento naturale attivi sul territorio (piene fluviali e torrentizie, frane) e dei processi in ambiente di alta quota (ghiacciai, valanghe, permafrost). L'aggiornamento del quadro conoscitivo del dissesto del territorio, soprattutto in seguito ad eventi alluvionali, è fondamentale per l'individuazione delle zone soggette a pericolosità geomorfologica



Previsioni

Le competenze geologiche confluiscono nel sistema di allerta del Centro funzionale per la previsione dei rischi naturali, con valutazioni sulla probabilità di innesco di fenomeni gravitativi di diversa tipologia



Monitoraggio

Arpa gestisce la Rete Regionale di Controllo sui Movimenti Franosi, con più di 200 siti di monitoraggio sul territorio regionale, con strumenti di misura di tipo superficiale e profondo. Gestisce inoltre la Rete di monitoraggio del permafrost nelle Alpi piemontesi: direttamente collegato alle caratteristiche climatiche, il permafrost è un importante indicatore per la comprensione dei cambiamenti climatici in area montana, dei rischi naturali in alta quota e del ciclo idrologico delle terre alte



Geoportale

I dati ambientali raccontati da noi.
Raccolta di mappe, testi, e grafici che descrivono l'ambiente



L'approvvigionamento idrico della città metropolitana di Torino: proposta per due idrogeositi

Water supply of the metropolitan city of Turin: proposal for two hydrogeosites

Parole chiave: Approvvigionamento idrico, Città metropolitana di Torino, Idrogeositi
Key words: Water Supply, Metropolitan City of Turin, Hydrogeosites

Annalisa Bove

Geologo, Libero Professionista
Presidente Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte
Vice Presidente Sezione Piemonte-VdA SIGEA-APS
E-mail: annalisa.bove@geologipiemonte.it

Luciano Masciocco

Università degli Studi di Torino
Consigliere Nazionale SIGEA-APS
E-mail: luciano.masciocco@unito.it

PREMESSA

La Regione Piemonte *promuove la conservazione, il miglioramento della conoscenza e della gestione, la valorizzazione scientifica, didattica, culturale e turistica dei siti geologici nel rispetto dei principi e delle disposizioni statali e comunitarie in materia* (Regione Piemonte, 2023). In tale contesto, agli autori è sembrato significativo illustrare il sistema di approvvigionamento idrico della Città di Torino, partendo dalla descrizione delle risorse idriche disponibili e identificando due strutture di captazione come *idrogeositi*, in quanto particolarmente idonee alla diffusione della cultura relativa all'accesso della popolazione all'acqua potabile (Goal 6 dell'Agenda ONU 2030).

LE RISORSE IDRICHE DEL PIEMONTE

Le *precipitazioni* medie del Piemonte ammontano all'incirca a 1000 mm all'anno, variando tra gli oltre 1500 mm

sull'arco alpino e i circa 600 mm delle Langhe e Monferrato. L'*evapotraspirazione reale* sottrae dal *bilancio idrico* più del 50% delle *precipitazioni* medie. Quel che resta (*risorse idriche*) è scomponibile in *risorse idriche superficiali*, convogliate più o meno velocemente dai corsi d'acqua verso il mare, e in *risorse idriche sotterranee*, le quali si accumulano nei serbatoi acquiferi. La *natura litologica dell'ambiente di circolazione* è importante. Nella Fig. 1a, si può vedere come, sotto il profilo idrogeologico, la regione Piemonte possa essere suddivisa in tre parti. Il settore alpino è caratterizzato generalmente da rocce cristalline essenzialmente impermeabili o poco permeabili (5a) con sorgenti che mostrano portate modeste (qualche litro al secondo) ma ottima qualità (acque oligominerali). Esse sgorgano direttamente dalla roccia fratturata o al contatto tra la copertura detritica e il substrato roccioso. Solo nell'arco alpino cuneese, la presenza di rocce carbonatiche (5b) permette

l'instaurarsi di circuiti carsici che danno luogo a emergenze con portate che arrivano a centinaia di litri al secondo. Nel settore collinare, le sabbie marine plioceniche (3) costituiscono acquiferi di importanza locale e regionale ma, prevalentemente, affiorano i sedimenti marini essenzialmente impermeabili del Bacino Terziario Ligure Piemontese (4). Il settore di pianura rappresenta il serbatoio idrico di gran lunga più importante della regione piemontese. Il basamento cristallino e i depositi terziari costituenti il substrato pre-quaternario del bacino padano si immergono rapidamente al bordo della pianura sotto una coltre di materiali quaternari via via più spessa: sedimenti grossolani del Quaternario superiore, costituenti un acquifero non confinato (1), che ricoprono l'acquifero confinato "multifalda" Villafranchiano del Plio – Pleistocene (2). La zona di ricarica del serbatoio padano è situata, fondamentalmente, oltre lo sbocco vallivo dei corsi d'acqua, corrispondente al tratto di pianura costituito da materiali grossolani e, quindi, ben permeabili (Bove *et al.*, 2005).

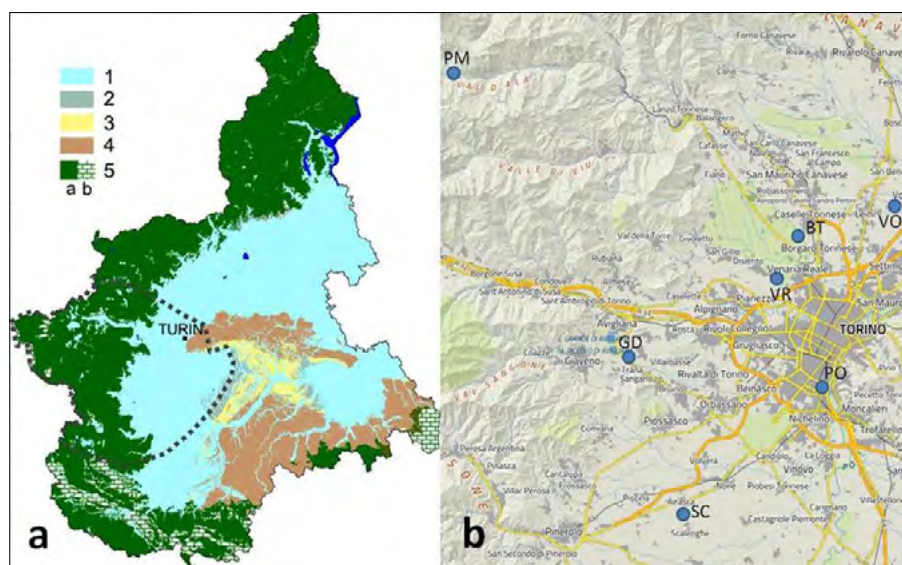


Figura 1. a) schema idrogeologico del Piemonte (nel testo, la descrizione della legenda). Dalla parte tratteggiata provengono le risorse idriche che riforniscono la Città di Torino. b) ubicazione delle captazioni acquedottistiche della SMAT (nel testo, la descrizione delle sigle)

LE STRUTTURE DI CAPTAZIONE DELL'ACQUEDOTTO DI TORINO

Il tratteggio nello schema geoidrologico di Fig. 1a delimita l'area di alimentazione delle opere di captazione idrica della SMAT (Società Metropolitana Acque Torino), ubicate in Figura 1b. Si tratta delle gallerie drenanti (GD) del Torrente Sangone che riforniscono l'acquedotto torinese dal 1859, dell'impianto delle sorgenti del Pian della Mussa (PM) attive dal 1922, di diversi campi pozzi come quelli di Scalenghe (SC), Volpiano (VO), Borgaro (BO) e Venaria Reale (VR) e della presa delle

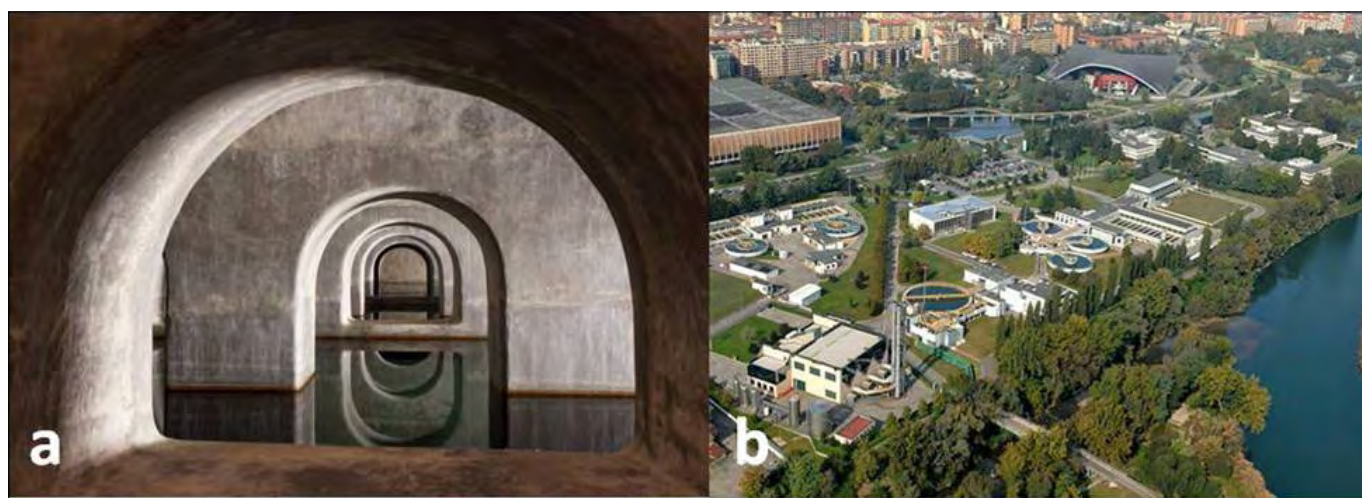


Figura 2. I due “idrogeositi” proposti nel lavoro: a) la “cattedrale dell’acqua”, serbatoio di mandata delle gallerie drenanti del T. Sangone; b) gli impianti di potabilizzazione delle acque del Fiume Po

acque del Fiume Po coi relativi impianti di potabilizzazione (PO). Grossomodo, il 60% delle acque di approvvigionamento idrico della città di Torino proviene dai pozzi profondi, il 30% dalle acque superficiali il 6% dalle gallerie drenanti del T. Sangone e il 4% dalle sorgenti del Pian della Mussa.

La SMAT ogni anno apre al pubblico per visite guidate sia l’impianto delle gallerie drenanti di Sangano sia l’impianto di potabilizzazione delle acque del Fiume Po. Inoltre, facendo richiesta all’ufficio pubbliche relazioni dell’azienda, si possono prenotare visite guidate su appuntamento per gruppi di studenti o di cittadini interessati. Per tale motivo, le due strutture risultano particolarmente adatte a rappresentare degli *idrogeositi* facilmente accessibili e fruibili dalla popolazione.

LE GALLERIE DRENANTI DEL TORRENTE SANGONE

In una relazione del 12 aprile 1842, l’ingegnere idraulico Ignazio Michela esponeva il suo progetto, commissionatogli da Maria Cristina di Borbone, che prevedeva non solo di soddisfare le esigenze della popolazione di Torino, ma anche di fornire acqua per le industrie, le tintorie, i bagni, gli alberghi, i giardini, i lavatoi, gli abbeveratoi e le fontane pubbliche. Serviva una condotta per portare l’acqua pulita. Almeno 62 litri a testa, ogni giorno, calcolò Michela. Era la media delle grandi città europee, come Londra e Parigi. Ma da dove? I laghi di Avigliana vennero scartati, troppo vicini alle torbiere. L’acqua del fiume Dora Riparia era troppo torbida. C’erano dei pozzi nelle località vicine, ma non avevano sufficiente pressione. Michela individuò allora il Torrente Sangone: le sue sorgenti erano abbon-

danti e qualitativamente migliori. Il 6 marzo 1859, a 27 anni dai primi studi, l’inaugurazione del primo acquedotto di Torino avvenne con l’attivazione di uno zampillo d’acqua in una vasca appositamente costruita al centro della piazza Carlo Felice. del primo zampillo è stato accolto con entusiasmo dalla popolazione e dai media cittadini. Solo due anni dopo Torino divenne la prima capitale del neonato Regno d’Italia (Rif. WEB n. 1). L’impianto, progettato a partire dal 1842 per derivare acqua potabile dalle sorgenti di buona qualità della Val Sangone alla città di Torino, ed inaugurato il 6 marzo 1859, è tuttora perfettamente funzionante. Le peculiarità della sua struttura architettonica e la grande opera ingegneristica che rappresenta fanno sì che il sito venga definito una vera e propria “cattedrale dell’acqua” (Fig. 2a).

GLI IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE DELLE ACQUE DEL FIUME PO

Gli impianti di potabilizzazione delle acque del fiume Po, gestiti da SMAT, rappresentano un’eccellenza tecnologica in Italia. Situati a Torino, sulla sponda sinistra del Po (Fig. 2b), questi impianti possono potabilizzare fino a 2.500 litri al secondo, coprendo il 17% dell’acqua distribuita da SMAT. La captazione avviene tramite una torre esagonale nell’alveo del fiume, con sistemi avanzati di filtrazione e trattamento per garantire la qualità dell’acqua. Il processo di potabilizzazione include fasi di predecanizzazione, chiarificazione, filtrazione su carbone attivo e disinfezione finale con biossido di cloro.

Tecnologie come l’ozonazione e il dosaggio di carbone attivo in polvere migliorano la qualità dell’acqua, eliminando microinquinanti e odori sgrade-

voli. Inoltre, il sistema CYCLOFLOC facilita la chiarificazione con microsab- bia e riduce l’uso di reagenti chimici grazie a processi biologici naturali. SMAT monitora costantemente la qualità dell’acqua con un sistema automatizzato e un’équipe di specialisti che eseguono oltre 200.000 analisi annuali. Particolare attenzione è dedicata agli inquinanti tipici del fiume e a quelli occasionali, garantendo che l’acqua immessa nella rete sia conforme ai requisiti di legge e gradevole per il consumo umano (Rif. WEB n. 2).

BIBLIOGRAFIA

- BOVE A, CASACCIO D, DESTEFANIS E, DE LUCA D, LASAGNA M, MASCIOTTO L, OSSELLA L, TONUSSI M. (2005), *Idrogeologia della pianura piemontese*. Mariogros Industrie Grafiche.
- REGIONE PIEMONTE (2023), *Legge Regionale 6 ottobre 2023, n. 23 “Disposizioni per la conservazione, gestione e valorizzazione del patrimonio geologico”*. GU 3a Serie Speciale - Regioni n.4 del 03-02-2024.

RIFERIMENTI WEB

- 1 - <https://www.laboratorioaltevalli.it/blog/un-po-di-storia/lacquedotto-di-sangano-una-vera-e-propria-cattedrale-dellacqua?page=1>
- 2 - https://www.smatorino.it/wp-content/uploads/2018/09/quaderno_tecnico_potabilizzazione.pdf

Il patrimonio geologico delle cavità tufacee del Nolano (Campania, Italia) tra sfruttamento del sottosuolo e sicurezza del soprassuolo

The geological heritage of the tuff cavities of the Nola area between soil's exploitation and above-ground's safety

Parole chiave: Ignimbrite Campana, cavità sotterranee, geoturismo
Key words: Campanian Ignimbrite, underground cavities, geotourism

Gianfranco Caccavale

Geologo, libero professionista, Dottore di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali, Università degli Studi di Napoli Federico II
E-mail: gianfrancocaccavale@giordano-brunonola.edu.it

Domenico Calcaterra

Ordinario di Geologia Applicata, Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II
E-mail: domenico.calcaterra@unina.it

Massimo Ramondini

Associato di Indagini e Monitoraggio Geotecnico, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II
E-mail: ramondini@unina.it

RIASSUNTO

Nell'area interclusa tra le propaggini distali dell'apparato del Somma antico e quelle più avanzate dell'Appennino Campano, sono custodite nel sottosuolo le testimonianze di una dismessa estrazione della formazione flegrea dell'Ignimbrite Campana (Caccavale, 2014).

Lo sfruttamento di questo materiale, depositosi in potenti spessori, controlla lo sviluppo di alcuni centri minori dell'*Ager Nolanus* (Casamarciano, Tufino, Comiziano, Cicciano, Roccarainola) che insistono su sistemi di cavità sotterranee variamente sviluppate, di importanza storica e geovulcanologica per le comunità locali (Caccavale *et al.*, 2021).

Gli studi sulle peculiarità di questa porzione di territorio, abitata sin dall'età del Bronzo Antico e con un ruolo strategico delle georisorse della pianura napoletana (legname, materiali edilizi, acque sotterranee, agricoltura, etc.), hanno evidenziato un interessante bagaglio di conoscenze a sostegno degli ultimi 300 anni di attività estrattiva (Caccavale *et al.*, 2014), che è di estrema utilità non solo per a) facilitare l'accesso agli ambienti nascosti o scomparsi sotto il tessuto urbano e b) comprendere la casistica dei dissesti che insorgono nei punti fragili del sistema ambientale (Fig. 1), ma anche c) attuare una pianificazione territoriale (Fig. 2) accorta e coerente con gli strumenti urbanistici più avanzati (Bramerini *et al.*, 2022; Caccavale *et al.*, 2021; Caccavale, 2024).

Nella gestione di robusti *dataset* stratigrafici, idrogeologici, geomeccanici, questo ambiente si rivela oggi un interessante "laboratorio antro-po-geo-logico" (Caccavale *et al.*, 2018) trovando la sua chiave di lettura nei caratteri paleoambientali del paesaggio e delle modalità di deposizioni delle facies litologiche presenti nel sottosuolo.

Significativa è l'individuazione dei siti favorevoli allo sfruttamento del giacimento ignimbritico con tecniche di attacco che se, nel passato, erano meno impattanti (occhi di monte, a galleria, a camere) ma sottomesse ad un delicato assetto idrografico di pianura (Caccavale, 1998; Caccavale *et al.*, 2022), passano nella fase finale dell'attività estrattiva a forme più invasive (cave a fossa) che sono, ad oggi, oggetto di un'attenta riqualificazione.

Il patrimonio geologico da salvaguardare, prescindendo da pericolosi dissesti nel soprassuolo (sinkholes antropogenici), si concretizza in "architetture rurali" di età compresa tra il XVIII ed il XIX secolo, dove la sagomatura di questa roccia lapideo-tenera, posta in opera con faccia a vista nei contesti urbani più antichi, rimanda al lavoro di maestranze specializzate (cavamoniti, pipernieri), provenienti dalla città di



Figura 1. Sinkholes antropogenici nei territori comunali di Casamarciano, Comiziano e Tufino, legati alla presenza di cavità sotterranee nell'Ignimbrite Campana (Caccavale, 2028)

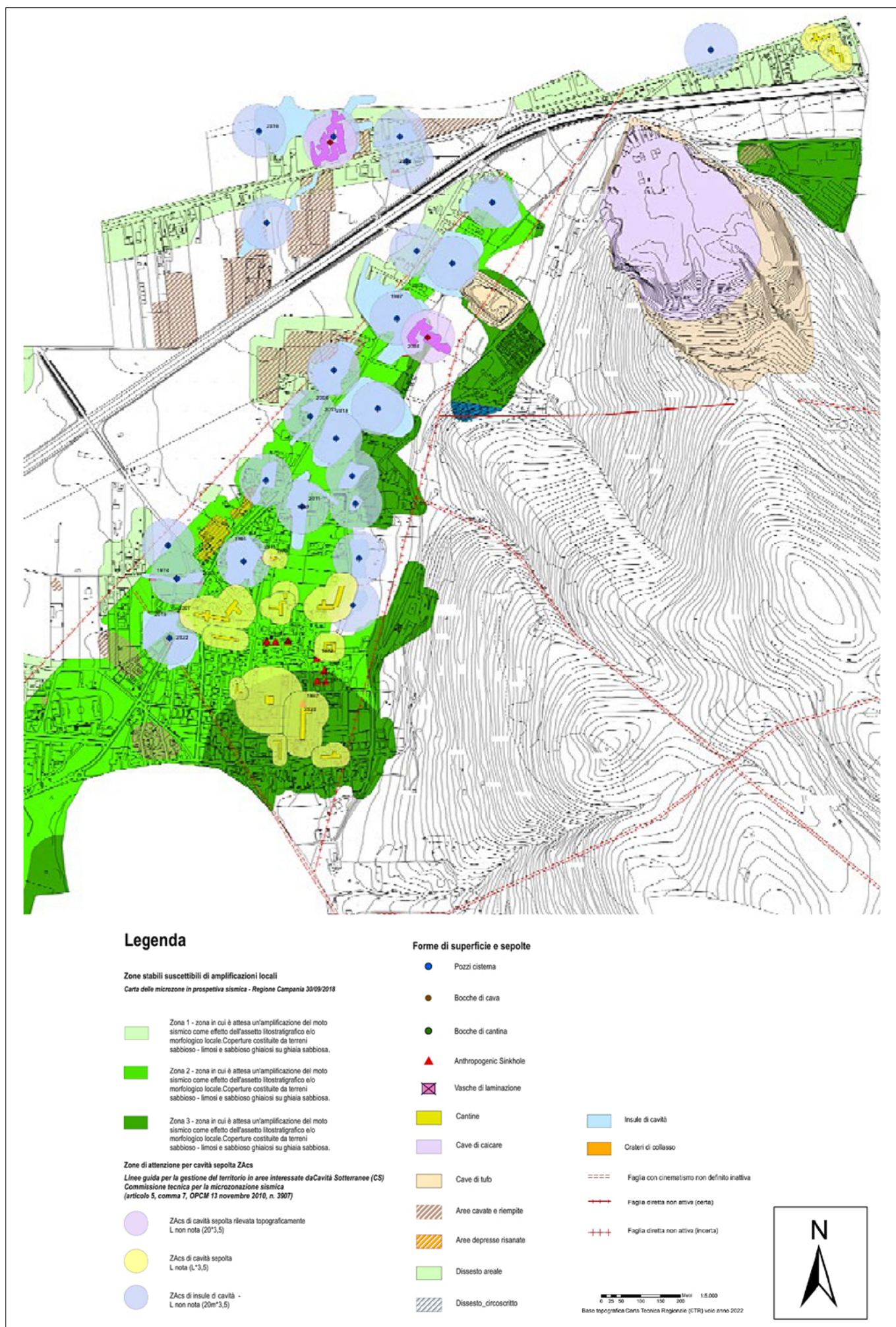


Figura 2. Individuazione della ZACs (Zona di Attenzione Cavità Sotterranee) nel Comune di Casamarciano (NA) - PUC (Caccavale, 2024)



Figura 3. Elementi di un paesaggio occupato da cave antropiche tra i comuni di Casamarciano, Tufino e Cicciano (Caccavale, 2028)

Napoli e dall'hinterland nolano-casertano (Cicciano, Giugliano, Aversa),

Nelle aree pedecollinari del territorio, le cavità dismesse si configurano a modo di gigantesche “bottiglie” con colli di attacco sotterranei lunghi 12-13 m, che sormontano corpi paraboloidi di larghezza e altezza sui 12-13 m, talora collegati da cunicoli basali alti circa 2 m.

Nelle grotte urbane, inoltre, un grande locale a piano terra alloggiava uno o più torchi, vasche di fermentazione del mosto con scolpiti su marmo i blasoni delle casate nobiliari e semplici croci per il ringraziamento del raccolto.

Le scenografiche discenderie, munite di un centinaio di gradini (*pedate*), voltate a botte e disposte a 45°-50° rispetto al soprassuolo, infine, ventilate da grossi “pozzi di luce”, conducono alle

grandi “sale” trapezoidali che detenevano enormi botti (*fusti*) di vino locale.

La fruizione di tali ambienti ipogei, se messi in sicurezza ed inseriti in percorsi storico- culturali aprirebbe a interessanti scenari di sviluppo turistico integrato (*trekking*, speleologia, enogastronomia), con promettenti ricadute economiche locali (Caccavale *et al.*, 2023).

BIBLIOGRAFIA

- BRAMERINI F., CASTENETTO S., FABOZZI S., MOSCATELLI M., NASO G., NOCENTINI M., PERONACE E. (2022), *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Cavità Sotterranee (CS), Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica*, versione 1.0, Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907)
- CACCAVALE G. (1998), *Tracimazioni ed effetti*

ti scour osservati su alcuni tronchi dei Regi Lagni Nolani (Terra di Lavoro, Campania): i dissesti geostatici e le cause antropico-ambientali, Consiglio Nazionale delle Ricerche “Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo : con il patrocinio della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della protezione civile (Roma, 1-2 ottobre 1998) Atti dei Convegni Lincei 154, Roma, 1999 ISSN 0391-805X Abstract Sessione Poster, pp. 18-19

CACCAVALE G. (2014), *Analisi sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori dell'Agro Nolano (Provincia di Napoli) con presenza di cavità antropiche in tufo*, Tesi di Dottorato, XXV Ciclo, C.I.R.A.M., Università degli Studi Federico II di Napoli

CACCAVALE G. (2024), *PUC - Consulenza Tecnico-Scientifica per la realizzazione dello studio geologico del territorio comunale di Casamarciano (Na)*, Determina R.G. n. 471 R.S. n. 196 del 23/10/2023 del Resp. UTC.

CACCAVALE G. CALCATERRA D., RAMONDINI M. (2018), *Analisi sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori dell'Agro Nolano (Provincia di Napoli) con presenza di cavità antropiche in tufo*, Atti del Convegno Nazionale “Cavità di origine antropica, modalità di indagine, aspetti di catalogazione, analisi della pericolosità, 1° dicembre 2017, Palazzo del CNR, Roma su Geologia dell'Ambiente, Periodico trimestrale della SIGEA, Suppl. al n. 4/2018, pp. 135-154, scaricabile all'indirizzo web www.sigeaweb.it/supplementi.html.

CACCAVALE G. CALCATERRA D., RAMONDINI M. (2021), *Cavità artificiali dell'Agro Nolano*, Atti delle Memorie della Società Geologica Italiana, II giornata di Geologia e Storia I Ciclo “Cavità sotterranee nascoste o scomparse sotto il tessuto urbano”, SIGEA- ISPRA, Roma 22 gennaio 2020, pp. 253-262

CACCAVALE G. CALCATERRA D., RAMONDINI M. (2022), “*Cavità sotterranee e Regimentazione Idraulica dell'Agro Nolano nel XIX secolo*”, Atti delle Memorie della Società Geologica Italiana, III Giornata di Geologia e Storia II Ciclo “Le grandi aree urbane: note di archeologia, storia e geologia, Roma 21 Aprile 2022, ISSN 0536-0242 -109), pp.95-112.

CACCAVALE G. CALCATERRA D., RAMONDINI M. (2023), *Valorizzazione geoturistica di antichi ipogei dell'Agro Nolano*, Atti del Convegno La Geologia Ambientale al Servizio del Paese, Roma 10-11 Ottobre 2022, in Geologia dell'Ambiente - Supplemento al n.4/2023, ISSN 1591-5352, pp. 27-35.

CACCAVALE G., MAZZEO F.C., (2014) *Primi risultati per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori dell'Agro Nolano con presenza di cavità sotterranee dismesse e grotte-cantine in tufo* Gis-Day 2012 Il GIS per il governo e la gestione del territorio V Raccolta Monografica del Dipartimento Costruzioni e Metodi Matematici in Architettura dell' Università degli Studi di Napoli” Federico II”, a cura di Salvatore Sessa, Ferdinando Di Martino, Barbara Cardone, Aracne Editrice Napoli, ISBN 978-88-548-6978-3, pp.153-176

Possibile riutilizzo di siti estrattivi dismessi in ambito urbano per la valorizzazione della geodiversità nella città di Roma

Cristiano Di Filippo
Geologo, Roma Capitale
E-mail: cristiano.difilippo@geologist.com

Repurposing abandoned quarry sites in an urban context for promotion of geodiversity nearby the city of Rome

Parole chiave: attività estrattive, cave, recupero ambientale, siti dismessi, fronti di scavo, pianificazione territoriale e paesaggistico-ambientale, geositi, Roma

Key words: mining, quarries, environmental recovery, abandoned sites, excavation faces, territorial and landscape-environmental planning, geosites, Rome

RIASSUNTO

Le cave per estrazione di materiali utilizzati a scopi edilizi hanno da sempre rappresentato una realtà presente all'interno del contesto cittadino di Roma: infatti, nel corso dei secoli la continua espansione della città ha fatto sì che la ricerca e l'individuazione di siti idonei all'estrazione si spostasse sempre più all'esterno, verso la c.d. "campagna romana". Ciò ha determinato una continua interferenza tra sviluppo urbanistico e attività estrattive locali.

In periodi storici l'estrazione avveniva prevalentemente in sotterraneo. In tempi più recenti la forte richiesta di materiali da costruzione ha causato l'apertura di numerose cave a cielo aperto nelle immediate vicinanze della città, dove nel frattempo aumentava la densità di nuovi insediamenti abitativi e/o industriali.

Molte di queste cave non sono mai state formalmente autorizzate, e pertanto non dispongono di un progetto che preveda il loro ripristino e recupero al termine dell'attività.

La situazione attuale vede quindi la presenza di numerose cave a cielo aperto, concentrate soprattutto nelle aree caratterizzate da maggior presenza di 'risorse utili' (quali ad es. sabbie e ghiaie, pozzolana, ecc.), la cui distribuzione dipende dalla configurazione geologico-stratigrafica dell'area romana - i c.d. "poli" o "bacini" estrattivi. Tali siti, a causa dell'espansione cittadina, si vengono a trovare in molti casi in aree limitrofe, adiacenti o addirittura confinanti con aree edificate o con strutture e complessi industriali, quindi "perfettamente" inserite in un contesto ormai fortemente urbanizzato (Fig. 1).

A causa della crisi edilizia degli ultimi decenni, oltre che del progressivo esaurimento dei materiali utili, le cave ancora in attività sono poche, mentre la maggior parte dei siti esauriti e già autorizzati è in fase di ripristino/recupero. Purtroppo sul territorio comunale è presente anche una notevole quantità di vecchie cave mai ripristinate, delle quali non esiste un censimento ufficiale.

Il recupero dei siti estrattivi autorizzati è regolato dagli atti normativi e pianificatori emanati nel corso degli ultimi decenni, i quali ne prevedono il ripristino morfologico (ove necessario) e il successivo recupero ambientale, in modo da garantirne un corretto reinserimento paesaggistico, vegetazionale,

faunistico, ecc. nel contesto territoriale circostante.

Viceversa, per quanto riguarda le vecchie cave dismesse e mai soggette a regime autorizzatorio (la maggioranza tra quelle presenti sul territorio comunale), va evidenziato un vuoto a livello normativo/pianificatorio che ne ostacola il recupero sia sotto l'aspetto amministrativo che tecnico.

Tra le modalità di riutilizzo e valorizzazione dei siti estrattivi dismessi è senz'altro da considerare quello di un possibile allestimento a geosito, a testimonianza della geologia locale: infatti la morfologia della campagna romana, in prevalenza pianeggiante o blandamente collinare, raramente consente di osser-



Figura 1. Foto aeree comparate relative agli anni 2003 e 2025 mostranti la coesistenza di siti estrattivi e ambiti urbanizzati (in evidenza il bacino estrattivo Rio Galeria - Magliana, Roma ovest, e il centro storico cittadino) (da Google Earth, rielaborate)



Figura 2. Esempi di sequenze stratigrafiche complete visibili su fronti di scavo (foto Di Filippo)

(a) bacino estrattivo Rio Galeria - Magliana: livelli ghiaioso-sabbiosi della Formazione di Ponte Galeria in una cava in zona Ponte Galeria (Roma ovest)

(b) bacino estrattivo Ardeatina - Laurentina: unità vulcaniche dei Colli Albani in una cava in zona Castel di Leva (Roma sud)

vare in affioramento più unità litostratigrafiche differenti; al contrario i fronti di scavo spesso possono portare alla luce anche intere successioni litostratigrafiche locali, offrendo la possibilità a studiosi, studenti o semplici cittadini interessati alla materia di vedere 'in sito' quello che solitamente è solo descritto teoricamente in testi o pubblicazioni scientifiche; e oltretutto in aree che ormai si possono considerare sempre più integrate nell'ambito cittadino, quindi potenzialmente soggette ad andare perse con il loro patrimonio geologico. Ovviamente ciò è tanto più facilmente realizzabile quanto più le litologie affioranti sui fronti di scavo residuali si prestano a una migliore conservazione nel tempo: ad es. le unità vulcaniche - in genere piuttosto litoidi e compatte, sono sicuramente più stabili rispetto alle sequenze sabbioso-ghiaiose (Fig. 2).

Negli ultimi anni, attraverso alcuni progetti didattici (per es. il 'Geogarden' realizzato dall'Università Roma Tre in collaborazione con l'Ufficio Cave di Roma Capitale), sono state realizzate piccole "aree-museo" rappresentative della geodiversità locale dell'area romana con materiali litoidi prelevati dalle cave in attività; tuttavia l'osservazione diretta, sul campo, resta possibile solo nei siti produttivi a cielo aperto, dove le unità geologiche presenti vengono portate alla luce a seguito di scavo.

Per poter rendere possibile questo tipo di recupero e riutilizzo occorre però superare diverse problematiche, sia amministrative, sia tecniche, e non da ultimo socio-culturali.

BIBLIOGRAFIA/ SITOGRAFIA

- AA.VV. (2001), *Le cave: materiali, ricerca, progettazione e recupero*, Atti convegno, Ordine Geologi Toscana, S. Miniato (PI).
- AITEC ASSOCIAZIONE ITALIANA TECNICO ECONOMICA CEMENTO (2012), *Linee guida per progettazione, gestione e recupero delle aree estrattive*, www.aitecweb.com/Pubblicazioni.
- BOCA D., ONETO G. (a cura di) (1989), *Disscariche, cave, miniere ed aree "difficili" o inquinate: progetto, gestione e recupero*, Pirola Editore, Milano.
- CORRADO S., BOLLATI A., FABBRI M., GIOIA C., ADANTI B., CALCAGNI R., DI FILIPPO C., GROSSI F., TONI M. (2020), *Il Geogarden dell'Università Roma Tre: creazione di un prototipo di giardino geologico del Lazio per la divulgazione delle Scienze Geologiche a Roma*, in *Geologia dell'Ambiente* n. 3/2020, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale.
- DAL RI R. (a cura di) (1991), *La pianificazione delle attività di cava*, Edizioni Delle Autonomie, Roma.
- DI FILIPPO C. (2023), *Attività estrattive nel territorio di Roma: evoluzione storica, normativa ed amministrativa; situazione attuale; prospettive e sviluppi futuri*, supplemento a *Geologia dell'Ambiente* n. 4/2023, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale.
- FABBRI M., LANZINI M., MANCINELLA D., SUCCHIARELLI C. (a cura di) (2014), *I geositi del territorio di Roma Capitale*, supplemento a *Geologia dell'Ambiente* n. 3/2014, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale.
- GISOTTI G., ZARLENGA F. (2004) *Geologia ambientale. Principi e metodi*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- GISOTTI G., PAZZAGLI G., GARBIN F. (a cura di) (2005), *La IV dimensione. Lo spazio sotterraneo di Roma*, supplemento a *Geologia dell'Ambiente* n. 4/2005, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale.

logia dell'Ambiente n. 4/2005, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale.

GISOTTI G. (2008), *Le cave. Recupero e pianificazione ambientale*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

GISOTTI G., GENNARO S. (2013), *Attività estrattiva e sviluppo sostenibile*, in *Quarry & Construction* n. 2.

ISPRA ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE (2011), *Recupero e valorizzazione delle miniere dismesse: lo stato dell'arte in Italia*, Quaderni - Ambiente e Società n. 3/2011, www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/quaderni.

REGIONE LAZIO (1999), *PSAE Piano stralcio delle Attività Estrattive del bacino Rio Galeria - Magliana nel Comune di Roma*, D.C.R. n. 529 del 10/05/1999.

REGIONE LAZIO (2011), *PRAE Piano Regionale delle Attività Estrattive*, D.C.R. n. 7 del 20/04/2011.

ROMA CAPITALE (2012), *Relazione sullo stato dell'ambiente. Suolo e sottosuolo*, Dipartimento Tutela Ambientale - Protezione Civile, www.comune.roma.it/PCR/resources/cms/documents/ROMA2011_Suolosottosuolo.

ZANCHINI E., NANNI G. (a cura di) (2021), *Rapporto Cave*, Legambiente.

RIFERIMENTI GEOLOGICO-CARTOGRAFICI

FUNICIELLO R., GIORDANO G., MATTEI M. (2008), *Carta Geologica del Comune di Roma 1:50.000*, S.EL.CA, Firenze.

FUNICIELLO R., PRATURLON A., GIORDANO G. (a cura di) (2008), *La geologia di Roma. Dal centro storico alla periferia*, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, Vol. LXXX.

VENTRIGLIA U. (2002), *Geologia del territorio del Comune di Roma*, Provincia di Roma, geologico.cittametropolitanaroma.it/pubblicazioni/ugo-ventriglia/geologia-del-territorio-del-comune-roma.

I marmi policromi negli altari barocchi di Puglia: capolavori litici a testimonianza della nostra storia

Polychrome marbles in the Baroque altars of Apulia: lithic masterpieces as a testament to our history

Francesca Micheletti^{1,2}, Giovanna Fioretti¹, Pasquale Acquafredda^{1,2}

¹Dip. di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari Aldo Moro

²Centro Interdipartimentale "Laboratorio di Ricerca per la Diagnostica dei Beni Culturali", UniBa

E-mail: francesca.micheletti@uniba.it

Parole chiave: marmi policromi, paliotto, altare, periodo barocco, indagini petrografiche, Italia meridionale

Key words: polychrome marbles, antependium, altar, Baroque period, petrographic investigations, Southern Italy

RIASSUNTO

L'utilizzo dei marmi policromi come elementi decorativi negli altari delle chiese cattoliche ha avuto grande diffusione nell'Italia meridionale durante il periodo barocco. Ai materiali provenienti da antichi monumenti romani (*spolia*), si affiancano in questo periodo nuove varietà scoperte, estratte e poste in opera. Questo studio analizza i paliotti degli altari in marmi policromi conservati nelle cattedrali di Gravina e Altamura (due importanti comuni della provincia di Bari), mediante uno studio petrografico in loco, con tecniche di osservazione diretta. L'obiettivo è identificare i litotipi impiegati e valutare l'accuratezza esecutiva delle tessere marmoree, al fine di comprendere meglio le scelte stilistiche ed i materiali impiegati dai marmorari barocchi. Questo studio si inserisce in un progetto più ampio di caratterizzazione e valorizzazione del patrimonio geologico presente nella regione Puglia.

INTRODUZIONE

I materiali lapidei hanno accompagnato l'evoluzione dell'uomo, dalla sua comparsa fino ai giorni nostri, modellando il proprio ambiente e contribuendo alla propria crescita culturale e tecnologica.

Il termine "marmo", nella letteratura storico-archeologica, indica tutte le rocce lucidabili (Corsi, 1833), mentre in ambito geologico-petrografico si riferisce esclusivamente a rocce calcaree metamorfosate. L'impiego di tali materiali in ambito decorativo risale all'antichità, come dimostrano celebri reperti, tra i quali lo "Stendardo di Ur" (2500 a.C.) e il pettorale di Tutankhamon

(1325 a.C.). Con l'avvento dell'età imperiale (I sec. a.C.) si sviluppò un'organizzazione capillare delle cave in tutto il bacino del Mediterraneo, rendendo disponibili marmi provenienti da regioni come l'Egitto, la Grecia, l'Asia Minore e la Spagna. Tecniche come l'*opus sectile* e l'*interraso marmore* permisero di realizzare vere e proprie opere d'arte con l'utilizzo di inserti litici. Con la caduta dell'Impero Romano d'Occidente e con la cristianizzazione dell'Europa (V sec. d.C.), si verificò un abbandono delle attività di estrazione sia per l'esaurimento di alcune cave, sia per il riutilizzo di materiali di opere preesistenti (*spolia*), noto come reimpiego (De Lachenal, 1995).

Dal XVI secolo, in particolare nel Regno di Napoli, si diffuse nuovamente l'uso dei marmi policromi grazie all'influenza degli artigiani fiorentini e carrarini, che introdussero l'uso di motivi geometrici e floreali raffinati. In Puglia, questi influssi si tradussero in una produzione locale di altari e paliotti decorati con estrema perizia tecnica, spesso destinati a sostituire altari precedenti in legno dorato o in semplice pietra (Pasculli Ferrara, 2013).

METODOLOGIA

I paliotti d'altare analizzati sono conservati nelle cattedrali di Gravina e Altamura. Dopo un'accurata documentazione fotografica, ogni elemento litico è stato digitalmente isolato, modellato e misurato mediante l'utilizzo di *software* di elaborazione di immagini JMicro Vision. I dati dimensionali e areali ottenuti hanno permesso di valutare la precisione esecutiva e la simmetria tra le tessere.

Le litologie di ogni elemento litico sono state identificate anche con il

confronto con le principali collezioni di marmi antichi e barocchi presenti in letteratura (Cooke, 2010; Dolci, Nista 1992; Giardini, Colasante 2001; Lazzarini, 2004; Mielsch, 1985; Pensabene, Bruno, Stuto, 1998).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella Cattedrale di Gravina sono stati studiati sei altari, tra cui l'altare maggiore e quelli dedicati a San Filippo Neri, San Michele Arcangelo e Santa Maria del Piede. Questi sono attribuiti a Francesco Cimafronte, allievo di Cosimo Fanzago. I paliotti mostrano motivi ricorrenti, come cornucopie, racemi e figure floreali centrali, disposti simmetricamente. Le rocce impiegate includono Marmor Lunense (bianco di Carrara), Bardiglio, Rosso di Verona, Giallo di Castronovo, Libeccio antico, Marmor Chium (Portasanta) e lapislazzuli. In alcuni casi, come nell'altare di San Filippo Neri, le cavità reliquiarie sono sigillate da inserti in marmi pregiati come il Marmor Luculleum (Africano), segno dell'alto valore liturgico e simbolico attribuito all'opera. La precisione esecutiva è sorprendente: l'errore tra tessere simmetriche è generalmente inferiore all'1%, raramente raggiunge il 3.5%, e dipende dalla durezza del litotipo e dalla complessità del disegno.

Anche nella Cattedrale di Altamura, gli altari barocchi mostrano ampio uso di marmi policromi. Particolarmente significativo è l'altare del Santissimo Sacramento, attribuito a Crescenzo Trinchese, scultore napoletano esperto in intarsio marmoreo. Il paliotto si compone di una lastra in Marmor Lunense incorniciata da fasce in Libeccio antico e inserti floreali in Giallo di Castronovo,



Figura. Cattedrale di Altamura: a sinistra, foto dell'altare del Santissimo Sacramento e, a destra, il paliotto in marmi policromi; le tessere policrome sono state allettate in una lastra di Marmor Lunense e sono state realizzate essenzialmente con Giallo di Castronovo, Bardiglio, Marmor Chium, Marmor Thessalicum, Libeccio antico, Rosso Verona, Madreperla e gesso di scagliola (da Acquafredda et al., 2024, modificata)

Bardiglio e Marmor Thessalicum (Verde antico). Il motivo decorativo è una composizione simmetrica di racemi, fiori e foglie (Fig. 1). Le tessere sono eseguite con precisione variabile: l'errore maggiore (6.5%) si riscontra nelle tessere in Bardiglio, mentre per altre litologie come Giallo di Castronovo e Rosso di Verona l'errore si attesta intorno all'1%. I due gradini superiori dell'altare, anch'essi decorati, mostrano una maggiore disomogeneità, con errori fino al 26% nei casi più distanti o nei materiali più duri come il lapislazzuli.

Le osservazioni effettuate suggeriscono alcune considerazioni significative. I paliotti d'altare pugliesi sono esempi pregevoli della maestria dei marmorari barocchi e testimoniano il legame artistico tra i centri religiosi periferici ed i laboratori napoletani (Acquafredda, 2015; Acquafredda, Fioretti, 2020). L'uso combinato di marmi di reimpiego e materiali più recenti riflette una volontà di continuità simbolica e prestigio. Le differenze nella precisione esecutiva tra le opere di Gravina e quelle di Altamura suggeriscono diverse disponibilità economiche dei committenti e, probabilmente, diversi livelli di abilità degli artigiani esecutori.

È interessante notare che la precisione aumenta in prossimità delle tessere simmetriche tra loro più vicine, segno che il marmoraro considerava anche la distanza dell'osservatore. Inoltre, il Marmor Lunense, grazie alla sua tessitura fine e omogenea, ha permesso una lavorazione più accurata rispetto a rocce più dure.

CONCLUSIONI

L'analisi petrografica delle decorazioni marmoree degli altari barocchi in Puglia dimostra l'elevato livello tecnico raggiunto dai marmorari dell'epoca. La scelta dei materiali, la disposizione

simmetrica e l'accuratezza degli intarsi contribuiscono a trasformare gli altari in autentici capolavori artistici. Tali manufatti, oltre al valore liturgico, rappresentano testimonianze preziose del dialogo tra arte, materia e fede nella cultura barocca del Sud Italia.

BIBLIOGRAFIA

- ACQUAFREDDA P. (2015), *Marmi policromi nella cattedrale di Altamura: Aspetti petroarcheometrici*. Geologi e territorio, Periodico dell'Ordine Regionale dei Geologi della Puglia n. 1.
- ACQUAFREDDA P., FIORETTI G. (2020), *Aspetti Petrografici Degli Altari in Marmi Policromi in Puglia*. In: FONSECA C.D., DI LIDDO I. (Eds.), *Viridarium Novum Studi di Storia dell'Arte in Onore di Mimma Pasculli Ferrara*, De Luca Editori d'arte, Roma.
- ACQUAFREDDA P., MICHELETTI F. FIORETTI G. (2024), *Polychrome marbles in the Christian churches: examples from the antependium of Baroque altars in Apulia (Southern Italy)*, *Heritage*, 7, 3120-3134.
- COOKE L. (2010), *The 19th Century Corsi Collection of Decorative Stones: A Resource for the 21st Century?* Special Publication of Geological Society n. 333.
- CORSI F. (1833), *Delle Pietre Antiche*, Dalla tipografia Salviucci, Roma.
- DE LACHENAL L. (1995), *Spolia: Uso e Reimpiego Dell'antico Dal III al XIV Secolo*, Biblioteca di Archeologia, Longanesi, Milano.
- DOLCI E., NISTA L. (1992), *Marmi Antichi Da Collezione La Raccolta Grassi Del Museo Nazionale Romano*, Museo civico del marmo, Carrara, Pisa.
- GIARDINI G., COLASANTE S. (2001), *Collezioni Di Pietre Decorative Antiche «Federico Pescetto» e «Pio De Santis»*. Memorie per servire alla descrizione della carta geologica d'Italia, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- LAZZARINI L. (2004), *Pietre e Marmi Antichi-Natura, Caratterizzazione, Origine Storia D'uso, Diffusione, Collezionismo*, CEDAM, Padova.
- MIELSCH H. (1985), *Buntmarmore aus Rom im Antikenmuseum Berlin*, Antikenmu-

seum Berlin Staatl. Museen Preuss, Berlino.

PASCULLI FERRARA D. (2013), *L'arte Dei Marmorari in Italia Meridionale: Tipologie e Tecniche in Età Barocca; Atlante del Barocco in Italia*, De Luca, Roma.

PENSABENE P., BRUNO M., STUTO G. (1998), *Il Marmo e Il Colore: Guida Fotografica, i Marmi Della Collezione Podesti*, L'Erma di Bretschneider, Roma.

Il paleocarsismo nelle colline Torricelle (Verona, Prealpi Venete)

Paleokarst in the Torricelle Hills (Verona, Venetian Prealps)

Guido Gonzato,
Università di Verona, Dipartimento di
Scienze Umane
E-mail: guido.gonzato@univr.it

Guido Rossi
Ricercatore indipendente
E-mail: rossigui@libero.it

Parole chiave: carsismo, paleocarsismo, geodiversità, sedimenti di grotta
Key words: karst, paleokarst, geodiversity, cave sediments

RIASSUNTO

Le colline Torricelle cingono a nord la città di Verona, collocata al margine meridionale dei Monti Lessini, nelle Prealpi Venete. Oltre al loro valore estetico e naturalistico, queste colline racchiudono una complessa storia geologica, testimoniata dall'abbondanza di fossili e dalla presenza di numerose cavità sotterranee associate a fenomeni di paleocarsismo. Le cavità presenti nelle Torricelle si distinguono per la loro origine oligo-miocenica, le morfologie uniche nell'area e per l'inusuale associazione con depositi di ocre, sabbie e sedimenti fossiliferi di origine marina. Questi elementi permettono una ricostruzione dettagliata del loro ambiente di formazione, e cioè un'isola o penisola carbonatica a breve distanza dalla linea di costa. L'analisi dei riempimenti di queste grotte, un tempo oggetto di sfruttamento economico, oggi rappresenta un importante campo di studio per geologi, speleologi e paleontologi.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La città di Verona è adagiata ai piedi delle colline dette Torricelle, costituite da calcareniti fossilifere del Bartoniano, dalla Formazione di Priabona (Priaboniano) e da affioramenti minori di calcareniti mioceniche (De Zanche *et al.* 1977). Tutte queste rocce calcaree sono molto ricche di fossili, e in particolare di foraminiferi bentonici (*Discocyclina*, *Ortophragmina*, *Nummulites*) che si possono osservare comunemente nei muri delle vecchie case in città. L'aspetto più significativo della geodiversità delle Torricelle è costituito dal loro particolare carsismo. Queste colline rappresentano infatti il settore più intensamente carsificato dei Monti Lessini, con una densità stimata di 20 km di gallerie in meno di 2 km² (Forlati 1978). Questa anomala densità di gallerie, di gran lunga superiore di quella osservabile nei medi e alti Lessini, è dovuta alla presenza di

un fitto reticolo di grotte paleocarsiche. Il paleocarsismo delle Torricelle è riferibile all'intervallo Oligocene-Miocene Inferiore, ed è la conseguenza di una prima fase di emersione dei Monti Lessini. Nella mappa disponibile in Forlati (1978) sono riportati 60 ingressi di grotte paleocarsiche, un tempo definite "miniére" di terra gialla. La caratteristica principale di queste grotte, infatti, è il sedimento ocreo che le sigillava quasi completamente, e che è stato oggetto di estrazione mineraria fino alla seconda metà del secolo scorso. Con l'estrazione dell'ocra, i minatori hanno riportato alla luce preesistenti forme carsiche, peraltro già riconosciute come tali da Nicolis (1898). Esplorazioni e studi recenti si sono concentrati sulla chimica dei riempimenti, sulle morfologie delle grotte e sull'età dei fenomeni. L'età oligo-miocenica del paleocarsismo è stata stabilita sulla base di pollini fossili trovati nelle ocre (Zorzin *et al.* 1992) e foraminiferi rinvenuti in riempimenti carbonatici

e silico-clastici in alcune delle grotte esplorate (Corrà 1977; Gonzato *et al.* 2014, 2023).

2. LE GROTTA PRINCIPALI

Le cavità più rappresentative nelle Torricelle sono la Grotta Delinpero, la Grotta Desora, la Grotta di Via Tirapelle e la Grotta Ginevra. Del tutto diverse da qualunque altra grotta nei Monti Lessini, sono caratterizzate da uno sviluppo labirintico e confinato in pochi metri in senso verticale. La morfologia principale è costituita da gallerie con incisioni parietali molto pronunciate (Fig. 1), verosimilmente da attribuire a corrosione paragenetica provocata dai riempimenti ocrei, e da occasionali cupole emisferiche. Quasi onnipresente è il soffitto piatto, che spesso presenta uno o più canali di volta; anche queste caratteristiche sono indicative di una fase di sviluppo paragenetico, avvenuta in concomitanza con il riempimento delle gallerie da parte dell'ocra. I riempimen-



Figura 1. Grotta Ginevra. Le gallerie sono state svuotate dall'ocra lasciando intatta la roccia sottostante. La morfologia prevalente della grotta consiste in un soffitto piatto, spesso attraversato da un canale di volta, da pareti inclinate (facet) e da una stretta incisione vadosa.

ti sono tuttora visibili in alcuni tratti; si tratta di ocre limonitiche di colore giallo-bruno, spesso fittamente laminare, che drappeggiano le morfologie sottostanti. In alcuni casi, si osservano anche livelli arenitici e calcarenitici contenenti fossili marini, tra cui vertebre di pesci, aculei di echinoidi, molluschi, foraminiferi bentonici di età tardo eocenica forse rimaneggiati, e foraminiferi bentonici sicuramente non rimaneggiati (*Bolivina*, *Dentalina*, *Elphidium*). Alcune delle grotte paleocarsiche, di sviluppo più limitato, sono caratterizzate dalla presenza di riempimenti di sabbie non consolidate, molto più abbondanti rispetto agli scarsi riempimenti ocracei. La presenza nelle sabbie di foraminiferi bentonici, tra i quali prevalgono i generi *Ammonia*, *Bolivina*, *Elphidium*, *Nonion* e *Cibicides*, indica un ambiente costiero di età post-oligocenica. L'analisi delle morfologie e dei riempimenti consente di stabilire che queste grotte sono il risultato di un antico carsismo costiero che si sviluppò in più fasi, testimoniate da pareti inclinate delle gallerie (*facets*) di origine freatica, da successive incisioni vadose e dalla costante presenza di solchi e canali di volta paragenetici sulle pareti e sui soffitti. Pareti inclinate incise da solchi paragenetici sono la 'firma' morfologica osservabile in tutte le grotte paleocarsiche delle Torricelle (Gonzato *et al.* 2023).

3. VALORIZZAZIONE, MINACCE E CONSERVAZIONE

Nel corso del XIX e XX secolo, le grotte furono oggetto di intensa attività estrattiva per l'ocra, utilizzata come pigmento naturale. Questo ha comportato l'apertura artificiale di varchi e l'escavazione di numerosi condotti, che hanno in parte alterato o distrutto le evidenze speleologiche originarie. Oggi, molte delle cavità risultano non più accessibili a causa di crolli, interramenti o per l'urbanizzazione dell'area. Tuttavia, l'interesse scientifico verso queste strutture è in costante aumento. Progetti di mappatura, documentazione e studio multidisciplinare sono attualmente in corso, con l'obiettivo di proteggere i siti ancora integri e promuovere la conoscenza del patrimonio geologico locale anche attraverso percorsi didattici e divulgativi. Una sfida cruciale è rappresentata dal bilanciamento tra esigenze urbanistiche e tutela ambientale: l'espansione della città di Verona verso le colline nord può compromettere definitivamente ciò che resta delle cavità paleocarsiche.

4. CONCLUSIONI

Il paleocarsismo delle colline Torricelle rappresenta un importante archivio della storia geologica e ambientale del Veneto occidentale. Le cavità paleocarsiche e i loro riempimenti costituiscono una testimonianza diretta delle dinamiche tettoniche, climatiche e marine che hanno modellato il paesaggio veronese negli ultimi 35 milioni di anni. L'unicità di queste grotte risiede tanto nella loro antichità quanto nella unicità delle condizioni paleoambientali che hanno concorso alla loro formazione. Per questo, è fondamentale promuovere una maggiore consapevolezza pubblica e scientifica sull'importanza di questi siti, incoraggiando la loro protezione e valorizzazione come patrimonio geologico di rilevanza nazionale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- CORRÀ G. (1977), *Osservazioni sui fenomeni palaeocarsici terziari nei calcari eocenici delle colline di Verona*. Studi Trent. Sc. Nat., Acta Geol., 54, Trento, 123-142.
- DE ZANCHE V., SORBINI L., SPAGNA V. (1977), *Carta geologica del territorio del Comune di Verona*. Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, II, sez. Sc. della Terra, 1.
- FORLATI F. (1978), *Aspetti geologici dei giacimenti di terra gialla sulla collina di Verona*. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 73-85.
- GONZATO G., CASTELLARIN A., CHIGNOLA R., GAMBERINI F., LAZZERI P., UNIONE SPELEOLOGICA VERONESE (2014), *New dating of palaeokarst features at Torricelle hills (Verona, Italy)*. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), 133, 3, 427-438.
- GONZATO G., BORCHI E., CHIGNOLA R., PRETO N., ROSSI G. (2023), *Paleokarst coastal caves at Torricelle Hills (Lessini Mountains, Venetian Prealps, Italy)*. International Journal of Speleology, 52(2), 123-138.
- NICOLIS E. (1898), *Sull'alterazione delle rocce della regione veronese e della finitima*. Atti R. Ist. Veneto Lett., Sc., ed Arti, 9, 7, Venezia.
- ZORZIN R., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., DI GIUSEPPE M. (1992), *Nuovi dati geologici e palinologici sul palaeocarsismo delle terre coloranti dei Monti Lessini - Verona*. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 19, 475-503.

Geodiversità urbana e memoria del paesaggio: il sito di Romagnano al Monte

Urban Geodiversity and Landscape Memory: the Romagnano al Monte site

Giammarco Guidetti^{1,3}, Fabio Olita^{1,3},
Davide Cerone¹, Nicola Capece²,
Ugo Erra², Mario Bentivenga^{1,3},
Giacomo Prosser^{1,3}

¹Dipartimento di Scienze di Base e Applicate (DISBA), Università della Basilicata, Potenza

²Dipartimento di Ingegneria (DIING), Università degli Studi della Basilicata, Potenza,

³SIGEA-APS

E-mail: giammarco.guidetti@unibas.it

Parole chiave: geodiversità, paesaggio, valorizzazione, geoturismo, aree urbane

Key words: geodiversity, landscape, enhancement, geotourism, urban areas

Romagnano al Monte è un piccolo centro montano (628 m s.l.m.), situato nell'area nord-orientale della provincia di Salerno, al confine con la regione Basilicata. Il paese è di origine romane e alla fine del primo millennio fu edificato un piccolo castello, con una torre di guardia, che fece da nucleo rispetto al progressivo sviluppo dell'abitato. Durante la fine del 1800 a Romagnano al Monte ci fu un rilevante aumento della popolazione, che raggiunse circa 1000 abitanti (Assante, 1999). Il violento terremoto del 1857 che colpì la Val d'Agri ebbe effetti devastanti anche su Romagnano al Monte, causando molti danni, ma quello che ha determinato il totale abbandono del centro abitato è stato il terremoto del 23 novembre del 1980 (Porfido *et al.*, 2002). Oggi Romagnano al Monte è un paese fantasma immerso in un territorio ricco di geodiversità che andrebbe studiata in dettaglio per poi valorizzarlo così da creare le condizioni ottimali per attrarre un numero sempre

maggiore di visitatori (Brilha, 2016); Gordon, 2011; Gray, 2004) (*Fig. 1*).

Nonostante l'assenza di vita nell'area urbana, il borgo conserva un patrimonio straordinario, sia dal punto di vista storico che geologico, rendendolo un caso studio privilegiato per l'esplorazione del concetto di geodiversità urbana e delle relazioni tra paesaggio naturale, trasformazioni antropiche e memoria collettiva (Baartman, *et al.*, 2013; Pellegrini *et al.*, 2017; Piacentini *et al.*, 2018). L'area urbana di Romagnano al Monte si è sviluppata lungo un crinale con direzione circa E-W ed è delimitato a sud dal torrente Platano e a nord dal versante che digrada verso la piana di San Gregorio Magno (SA). Il substrato roccioso su cui insiste l'abitato è riferibile alla Piattaforma Appenninica, composta da carbonati di mare basso. In particolare, gli affioramenti presenti nell'area appartengono all'Unità di Monte Marzano – Monti della Maddalena (Patacca and Scandone 2007; Giano *et al.*, 2018),

che rappresenta la porzione marginale della piattaforma carbonatica precedentemente menzionata. Le litologie dominanti sono costituite da calcari micritici, calcareniti oolitiche e brecce carbonatiche depositate durante il Mesozoico in ambiente di piattaforma carbonatica. I carbonati sono ricoperti da depositi terrigeni del Miocene e da sabbie e arenarie del Pliocene (Amato *et al.*, 1992). Tali unità geologiche sono intensamente deformate da strutture tettoniche, e il paesaggio è modellato da processi geomorfologici attivi, quali frane, erosione superficiale e incanalamenti torrentizi. (Giano *et al.*, 2018; Schiattarella *et al.*, 2024). La posizione elevata del borgo consente una visione privilegiata sull'articolata morfologia del territorio circostante, in particolare sui versanti che si affacciano sulle spettacolari Gole del torrente Platano, dove l'interazione tra struttura geologica e forme del rilievo è particolarmente evidente (Giano *et al.*, 2018). L'indagine condotta ha previsto



Figura 1. Immagine del modello 3D del borgo abbandonato di Romagnano al Monte, ottenuto utilizzando foto da drone

un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio, integrato con tecnologie avanzate per l'acquisizione e l'analisi del dato spaziale. L'utilizzo di droni ha permesso la realizzazione di ortofoto georeferenziate e modelli tridimensionali ad alta risoluzione (DTM e DSM), che hanno migliorato significativamente la capacità di interpretazione delle strutture tettoniche, della distribuzione delle discontinuità e della varietà di forme morfologiche presenti. Il confronto tra i dati ottenuti sul campo e i modelli digitali ha consentito una ricostruzione più accurata della storia deformativa e morfodinamica dell'area. Il paese di Romagnano al Monte si configura come un esempio emblematico di come la geodiversità possa essere studiata, interpretata e valorizzata anche in contesti urbani abbandonati. L'approccio metodologico adottato dimostra l'efficacia della sinergia tra dati geologici e geomorfologici e strumenti digitali, rendendo le informazioni più accessibili e comprensibili anche a un pubblico non specialistico. Queste tecnologie innovative facilitano non solo la rappresentazione del paesaggio, ma anche la costruzione di nuove narrazioni territoriali, in cui si intrecciano la dimensione scientifica e la memoria storica, contribuendo a stimolare processi di valorizzazione e riattivazione culturale (Bonomo *et al.*, 2019; Giano *et al.*, 2022; Palladino *et al.*, 2015; Pescatore *et al.*, 2022; Reynard *et al.*, 2018). Nel corso del rilievo fotogrammetrico condotto mediante UAV DJI Mavic 3E (Toscano *et al.* 2024) sono state acquisite complessivamente 5.741 immagini georeferenziate, ciascuna con risoluzione pari a 5280 × 3956 pixel a 24 bit. Le immagini sono state elaborate tramite un workflow fotogrammetrico (Capece *et al.* 2024) utilizzando il software Agisoft Metashape Professional (v.2.2.1.20641). L'allineamento ha prodotto una nuvola di punti composta da circa 49,6 milioni di punti, mentre la successiva fase di ricostruzione 3D ha generato un modello costituito da 104,1 milioni di poligoni e 52,1 milioni di vertici in qualità "ultra high", con un utilizzo di memoria ausiliaria pari a 3 GB. È stata inoltre realizzata una texture ad alta risoluzione (16K). L'intero processo è stato eseguito su una workstation ad alte prestazioni, dotata di processore AMD Ryzen Threadripper PRO 7965WX a 24 core (4.20 GHz), 256 GB di RAM e due GPU NVIDIA RTX 5090 (architettura Blackwell) con 32 GB di memoria video ciascuna. Il tempo di elaborazione delle depth map, con filtro in modalità "ag-

gressiva", è stato di 1 ora e 51 minuti; la generazione della nuvola di punti ha richiesto 12 ore e 45 minuti, mentre la modellazione 3D si è completata in 9 ore e 10 minuti, sfruttando le potenzialità di calcolo parallelo offerte dal motore OpenCL integrato in Metashape. In un'ottica di sviluppo sostenibile, la geodiversità urbana può così assumere un ruolo strategico nella riscoperta e nella rivitalizzazione di aree marginali, diventando una chiave interpretativa per promuovere il geoturismo e rafforzare il legame tra scienza, territorio e comunità (Bentivenga *et al.*, 2019; Pilogallo *et al.*, 2019; Reynard *et al.*, 2017; Kubalíková *et al.*, 2021). Romagnano al Monte diventa, in questo senso, non solo un luogo della memoria, ma anche un laboratorio a cielo aperto per l'educazione ambientale e la pianificazione territoriale sensibile alla complessità geologica e culturale del paesaggio.

BIBLIOGRAFIA

- AMATO A., CINQUE A., SANTANGELO N. & SANTO A. (1992), *Il bordo meridionale del massiccio del Monte Marzano e la valle del fiume Bianco: geologia e geomorfologia*. Studi geologici camerti, volume speciale 1992/1, 191–200.
- Assante F. (1999), *Romagnano. Famiglie feudali e società contadina in età moderna*. Napoli: Giannini Editore.
- BAARTMAN J.E.M., MASSELINK R., KEESTRA S.D., TEMME A.J.A.M. (2013), *Linking landscape morphological complexity and sediment connectivity*. Earth surface processes and landforms, 38, 1457–1471. <https://doi.org/10.1002/esp.3434>.
- BENTIVENGA, M., CAVALCANTE, F., MASTRONUZZI, G., PALLADINO, G., PROSSER, G. (2019), *Geoheritage: the foundation for sustainable geotourism*. Geoheritage. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00422-w>.
- BONOMO A.E., ACITO, A.M., PROSSER, G., RIZZO, G., MUNNECKE, A., KOCH, R., BENTIVENGA, M. (2019), *Matera old quarries: geological and historical archive to be protected and valorized*. Geoheritage. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00413-x>.
- BRILHA, J. (2016), *Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review*. Geoheritage, 8(2), 119–134. <https://doi.org/10.1016/c2015-0-04543-9>.
- CAPECE, N., MANFREDI G., GARGIULO B., GILIO G., ERRA U., SOGLIANI F. (2024), *A methodological approach for unveiling the evolution of frescoes through virtual reality*. IEEE International Conference on Metrology for XR, AI and Neural Engineering (MetroXRINE), 365–370. <https://doi.org/10.1109/metroxraine62247.2024.10796372>.
- GIANO S.I., PESCATORE E., AGOSTA F., PROSSER G. (2018), *Geomorphic evidence of Quaternary tectonics within an underlap fault zone of Southern Apennines, Italy*. Geomorphology, 303, 172–190.
- GORDON J.E., BARRON H.F. (2011), *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Earth and environmental science transactions of the Royal Society of Edinburgh, 102(3–4), 199–204.
- GRAY M. (2004), *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Wiley.
- HENRIQUES N.H., PENA DOS REIS R., BRILHA J., MOTA T.S. (2011), *Geoconservation as an emerging geoscience*. Geoheritage, 3, 117–128. <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0039-8>.
- KUBALÍKOVÁ L., DRÁPELA E., KIRCHNER K., BAJER A., BALKOVÁ M., KUDA F. (2021), *Urban geotourism development and geoconservation: is it possible to find a balance?* Environmental science and policy, 121, 1–10.
- PALLADINO G., PROSSER G., BENTIVENGA M. (2013), *The geological itinerary of Sasso di Castalda: a journey into the geological history of the Southern Apennine thrust-belt (Basilicata–Southern Italy)*. Geoheritage. <https://doi.org/10.1007/s12371-012-0073-1>.
- PELLEGRINI L., VERCESI P.L. (2017), *Landscape and landforms driven by geological structures in the northwestern Apennines*. In: SOLDATI, M., MARCHETTI, M. (a cura di), *Landscapes and landforms of Italy*, 203–213. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26194-2_17.
- PIACENTINI D., TROIANI F., DANIELE G., PIZZIOLLO M. (2018), *Historical geospatial database for landslide analysis: the catalogue of landslide occurrence in the Emilia-Romagna region (CLOCKER)*. Landslides, 15, 811–822. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-0962-8>.
- PILOGALLO A., NOLÉ G., AMATO F., SAGANEITI L., BENTIVENGA M., PALLADINO G., SCORZA F., MURGANTE B., LAS CASAS G. (2019), *Geotourism as a specialization in the territorial context of the Basilicata region (Southern Italy)*. Geoheritage. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00396-9>.
- PORFIDO S., ESPOSITO E., MICHETTI A.M., BLUMETTI A.M., VITTORI E., TRANFAGLIA G., GUERRIERI L., FERRELLI L., SERVA L. (2002), *Areal distribution of ground effects induced by strong earthquakes in the Southern Apennines (Italy)*. Surveys in geophysics, 23, 529–562.
- PESCATORE E., BENTIVENGA M., GIANO S.I. (2022), *Geoheritage management in areas with multicultural interest contexts*. Sustainability, 14, 15911. <https://doi.org/10.3390/su142315911>.
- REYNARD E., PERRET A., GRANGIER L., KOZLIK L. (2017), *Urban geotourism and geoheritage interpretation*. Geoheritage, 9(3), 305–317. <https://doi.org/10.1007/s12371-016-0206-z>.
- TOSCANO F. ET AL. (2024), *Unmanned aerial vehicle for precision agriculture: a review*. IEEE Access, 12, 69188–69205. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3401018>.

GIS 3D e monitoraggio real-time per la conservazione del geoheritage: il caso del sito archeologico di Cuma

3D GIS and real-time monitoring for geoheritage conservation: the case of Cumae archaeological site

Parole chiave: geoheritage, 3D GIS, digitalizzazione 3D, gemello digitale
Key words: geoheritage, 3D GIS, 3D modeling, digital twin

Silvia Ilacqua

Dottoranda presso il DiSTAR - Università degli Studi di Napoli Federico II
E-mail: silvia.ilacqua@unina.it

In un'epoca in cui la tutela del paesaggio geologico si confronta con sfide ambientali e antropiche sempre più complesse, l'applicazione del GIS tridimensionale può emergere come una metodologia versatile per comprendere e valorizzare i geositi e più in generale i siti caratterizzati da un particolare patrimonio geologico. Il GIS, acronimo di Geographic Information System, è una tecnologia che consente di raccogliere, gestire e analizzare i dati geospaziali. Quando parliamo di GIS 3D, ci riferiamo all'estensione di questa tecnologia alla terza dimensione, ovvero alla rappresentazione volumetrica e stratificata del territorio. Questo è possibile grazie all'elaborazione di modelli numerici tridimensionali, ottenuti tramite tecniche di rilievo ad alta definizione come il laser scanner o la fotogrammetria, che generano nuvole di punti e mesh, ricostruen-

do fedelmente la morfologia di un sito e permettendo analisi ed elaborazioni geospaziali avanzate. Un'applicazione metodologica dell'uso del GIS 3D per la conservazione del patrimonio geologico e culturale è stata sperimentata per il sito archeologico di Cuma, un'area di straordinaria importanza storica e geologica situata nei Campi Flegrei (Repola *et al.*, 2025). Cuma è considerato il più antico insediamento greco del Mediterraneo centrale e sorge su un duomo lavico che rappresenta il prodotto vulcanico più antico dell'area con una datazione maggiore di 40 ka. Le unità affioranti a ricoprimento del duomo sono costituite principalmente da prodotti piroclastici relativi all'Ignimbrite Campana (~39,8 ka) e, successivamente, a depositi post-collasso come il Tufo Giallo Napoletano (~15 ka) (Natale *et al.*, 2024). Qui, un esempio particolarmente significativo

dell'influenza della geologia strutturale sulle attività umane e di come il patrimonio geologico sia fortemente interconnesso con quello culturale, è fornito proprio dall'Antro della Sibilla, un'ipogeo lungo circa 130 metri scavato nel tufo (Fig.1). Le analisi strutturali suggeriscono che la galleria principale e diversi dei suoi rami siano stati scavati sfruttando i piani di frattura naturali preesistenti del substrato roccioso tufaceo, seguendo discontinuità orientate approssimativamente N-S (Vitale *et al.*, 2014). L'allineamento del corridoio ipogeo con questi piani naturali di debolezza evidenzia come le strutture geologiche non solo abbiano influenzato la morfologia superficiale, ma abbiano anche condizionato in modo decisivo le antiche scelte ingegneristiche. L'ipogeo oltre ad essere interessato da una diffusa instabilità geostutturale è anche uno dei siti più frequentati dai turisti nel Parco Archeologico, in questo contesto è stata pertanto elaborata una strategia di analisi per la conservazione del patrimonio geo-archeologico che vede l'integrazione di sensori real-time e

modelli numerici ad alta risoluzione all'interno di un sistema di GIS 3D. Il sito è stato dapprima oggetto di rilievo topografico volto alla localizzazione dei marker utilizzando una stazione totale Leica TS16. La localizzazione, avvenuta in coordinate globali è stata determinata mediante un sistema di posizionamento satellitare GNSS differenziale, allineando i dati all'interno del sistema geodetico WGS84. Successivamente la digitalizzazione ha interessato il macromapping dell'intera area con drone DJI Matrice 300 impostato sia per la scansione LiDAR che la raccolta di sequenze di immagini zenitali. La fase di micromapping della cavità e delle fratture è stata invece svolta utilizzando lo scanner TOF Riegl VZ400i, lo scanner

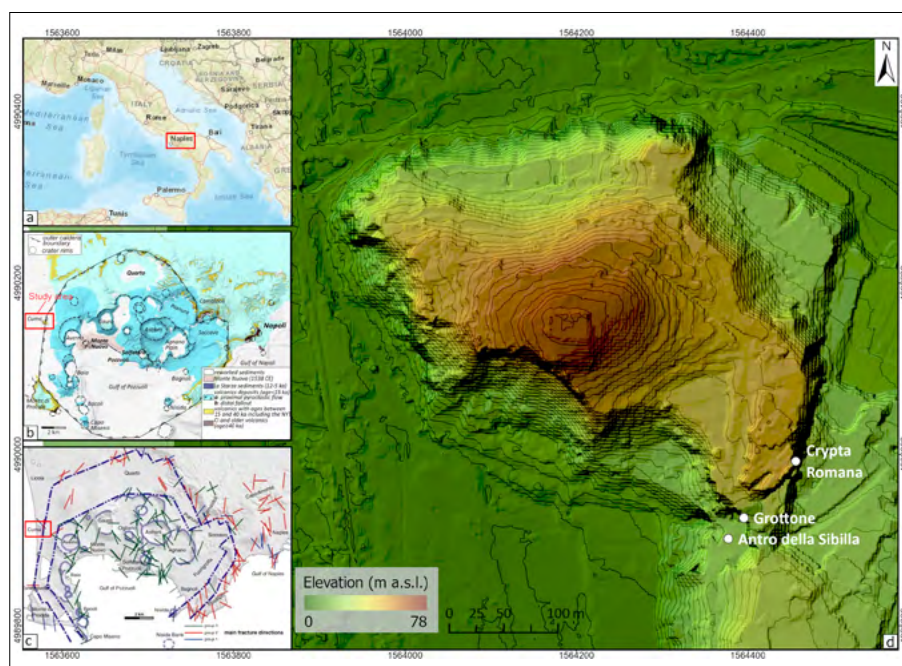


Figura 1 Localizzazione dell'area di studio. a) Contesto geografico. b) Carta geologica semplificata della caldera dei Campi Flegrei che mostra la distribuzione dei depositi piroclastici, dei bordi della caldera e dei crateri (Natale *et al.*, 2024). c) Carta delle principali direzioni di frattura (Vitale *et al.*, 2014). d) Carta altimetrica e localizzazione dei siti di interesse del Parco Archeologico di Cuma

Geodiversità e sostenibilità in un'area vulcanica attiva: il caso dei Campi Flegrei

Geodiversity and Sustainability in an Active Volcanic Area: the case of Campi Flegrei

Ines Alberico

Istituto di Scienze Marine (ISMAR), CNR,
Calata Porta di Massa, Interno Porto di
Napoli 80, 80133 Naples, Italy
E-mail: ines.alberico@cnr.it

Paola Petrosino

DiSTAR - Dipartimento di Scienze della
Terra, dell'Ambiente e delle Risorse
dell'Università degli Studi
di Napoli Federico II, 80126 Naples, Italy
E-mail: paola.petrosino@unina.it

Parole chiave: Indice di diversità di Shannon, Pianificazione territoriale, Patrimonio culturale

Key words: Shannon Diversity Index, Land use planning, Cultural heritage

RIASSUNTO

Questo studio analizza la geodiversità dell'area dei Campi Flegrei (Regione Campania, Italia Meridionale) con l'obiettivo di individuare i potenziali servizi ecosistemici derivanti dalla geodiversità e di mettere in luce il ruolo strategico che essa svolge nel contribuire al raggiungimento degli "Obiettivi di Sviluppo Sostenibile previsti dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite". I Campi Flegrei si distinguono per l'ampia varietà del paesaggio naturale, modellato da una complessa storia vulcanica, testimoniata dalla presenza di numerosi vulcani monogenetici, e arricchito da coste articolate, laghi e importanti siti archeologici. La geodiversità è stata valutata in ambiente

GIS (Geographic Information System) mediante una procedura che ha previsto come primo passo il calcolo dell'indice di Shannon per le matrici ambientali relative a geologia, geomorfologia, suoli, permeabilità e risorse idriche, seguito dal calcolo della somma dei valori ottenuti. La carta di geodiversità è stata suddivisa in cinque classi, corrispondenti a diversi livelli di geodiversità, da molto basso a molto elevato. Inoltre, è stata realizzata una mappa complementare che evidenzia le Zone Focali di Geodiversità (FZoG), corrispondenti alle aree ad alta geodiversità, e i Punti Singolari di Geodiversità (SoG), identificati come nodi dei geo-percorsi. Tali aree possiedono le potenzialità per erogare servizi

ecosistemici, offrendo un contributo significativo alla promozione di strategie di sviluppo sostenibile in linea con i principi dell'Agenda 2030.

INTRODUZIONE

La geodiversità è comunemente definita come la varietà di elementi geologici (rocce, minerali, fossili), geomorfologici (forme del paesaggio, processi fisici), pedologici e idrologici (sorgenti, paludi, laghi, fiumi) che caratterizzano un territorio. Essa esprime la variabilità dell'ambiente fisico terrestre e, insieme al clima, ha un'influenza vitale sulla biodiversità (Hjort *et al.*, 2015).

La zonazione della geodiversità è uno strumento prezioso per identificare i servizi ecosistemici che un territorio può offrire (Nazioni Unite, 2015 - Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile). In questo contesto è stata valutata la geodiversità dei Campi Flegrei (CF), un'area vulcanica attiva della Regione Campania (Italia meridionale - Fig. 1), attualmente in fase di unrest. Nonostante l'alto rischio vulcanico, i CF e le aree circostanti possiedono il potenziale per costituire una fonte importante di servizi geosistemici.

Il paesaggio dei CF è definito da vulcani monogenetici variamente conservati (*tuff ring*, *tuff cone*), distribuiti all'interno della caldera flegrea; spiagge, sistemi dunari, laghi e piccoli bacini artificiali contraddistinguono la fascia costiera dei Golfi di Pozzuoli e Gaeta, e da sorgenti idrotermali e fumarole. Inoltre, i Campi Flegrei sono presenti numerosi geositi di grande rilevanza e resti archeologici risalenti al periodo greco-romano.

Lo studio ha evidenziato le potenzialità dei Campi Flegrei e delle aree circostanti come fonte di importanti servizi ecosistemici, in grado di contribuire al raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030.

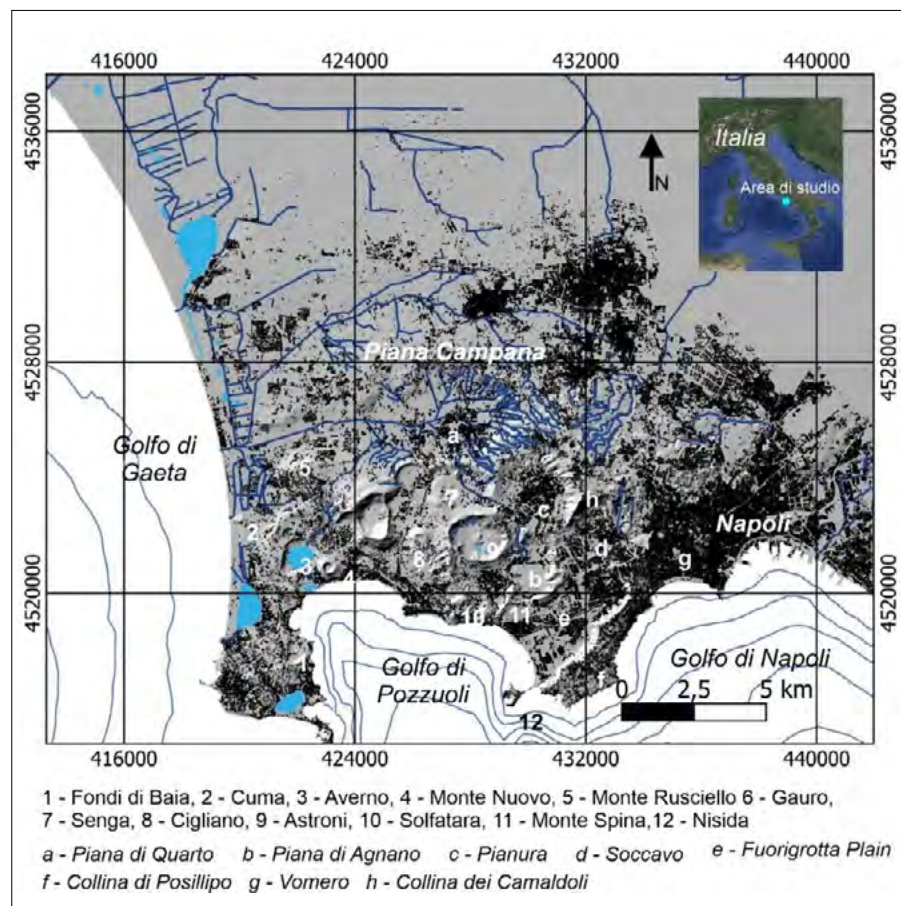


Figura 1. Mappa di ubicazione dell'area di studio. I numeri indicano i vulcani monogenetici e le lettere individuano gli elementi morfologici e le località

AREA DI STUDIO

La complessa storia vulcanica dei CF ha favorito la formazione di un paesaggio molto articolato (Armiero *et al.*, 2011). Ripidi versanti, resti della più grande caldera attiva d'Europa, suddividono l'area di studio in due settori principali: uno interno e uno esterno alla caldera. All'interno della caldera si conservano, con diversi gradi di preservazione, numerosi vulcani monogenici, tra cui Fondi di Baia, Averno, Gauro, Astroni, Solfatara, Monte Nuovo, Nisida e Fossa Lupara.

Le aree comprese tra questi edifici vulcanici sono costituite da pianure di diversa origine, tra cui pianure alluvionali (Soccavo e Pianura), costiere (Fuorigrotta e Bagnoli) e vulcano-tettoniche (es. la piana di Agnano). Il punto più elevato dell'area è la collina dei Camaldoli (454 m s.l.m.), che si estende verso sud-est nelle colline del Vomero e di Posillipo. Per preservare il patrimonio naturale e culturale dei Campi Flegrei sono stati istituiti numerosi siti di protezione, tra cui i Siti di Importanza Comunitaria (SIC), le Aree di Conservazione Speciale (ZSC) e le Zone di Protezione Speciale (ZPS). Il territorio comprende inoltre diversi parchi, tra cui il Parco Regionale dei Campi Flegrei, istituito nel 1997, il Parco Archeologico dei Campi Flegrei, istituito nel 2016 con D.M. n. 44, e il Parco Metropolitano delle Colline di Napoli, istituito nel 2004 con DGR della Regione Campania n. 855.

Materiali e metodi

La geodiversità dei Campi Flegrei è stata valutata integrando le matrici di litologia, morfologia, pedologia, permeabilità del suolo e risorse abiotiche, quali sorgenti, laghi, zone umide, fumarole, sorgenti termali e il mare. Il territorio è stato suddiviso in celle di diversa estensione (1 km, 2 km e 4 km) al fine di individuare la dimensione di griglia ottimale per ciascuna delle matrici ambientali considerate (da Silva *et al.*, 2024). La valutazione è stata condotta mediante l'analisi di parametri statistici specifici, quali coefficiente di dispersione, quartili, simmetria e intervallo (ossia la differenza tra valore massimo e minimo), calcolati sui valori dell'Indice di Diversità di Shannon (SHDI). Questo indice ha permesso di analizzare sia la ricchezza, cioè il numero di classi abiotiche, sia l'uniformità, ovvero la distribuzione spaziale delle matrici ambientali all'interno di ogni cella. I valori di SHDI sono stati quindi classificati in cinque livelli di geodiversità, da molto basso a molto alto, tramite il metodo dei

Jenks natural breaks e successivamente sintetizzati. La novità dello studio consiste nell'identificazione delle Zone Focali di Geodiversità (FZoG), ovvero aree caratterizzate da elevata geodiversità, e delle Singolarità di Geodiversità (SoG), siti che presentano almeno un elemento raro di geodiversità. Questi SoG, corrispondenti alle tappe dei sentieri identificate da Armiero *et al.* (2011) e Alberico *et al.* (2023), sono stati valutati con un sistema di punteggio adottato da Petrosino *et al.* (2019), basato su criteri scientifici, educativi, estetici, di accessibilità e di conservazione. Infine, i servizi ecosistemici forniti dalla geodiversità sono stati individuati in accordo con la classificazione proposta da Brilha *et al.* (2018).

Risultati e considerazioni principali

La mappa della geodiversità dei Campi Flegrei evidenzia un netto contrasto tra l'elevata geodiversità presente all'interno della caldera e la diversità generalmente da bassa a media nelle aree circostanti.

Le aree esterne, come la Pianura Campana, presentano topografia uniforme, suoli omogenei e bassa variabilità litologica, mentre le zone costiere evidenziano una diversità leggermente superiore, dovuta a formazioni sedimentarie e morfologie più complesse. All'interno della caldera, la geodiversità raggiunge il massimo nelle zone contraddistinte da morfologie vulcaniche complesse e da litotipi con permeabilità variabile, mentre la diversità dei suoli risulta generalmente elevata. Le Zone Focali di Geodiversità (FZoG) e le Singolarità di Geodiversità (SoG) sono state mappate, principalmente nei settori occidentale e orientale dei Campi Flegrei, hanno consentito di identificare le aree più significative per la geodiversità e i nodi dei geo-sentieri. Infine, l'integrazione delle aree urbane ha evidenziato gli effetti delle trasformazioni antropiche, fornendo uno strumento più realistico ed efficace per la gestione territoriale.

REFERENZE

DA SILVA J.M.F., DE PAULA SILVA J., MANOSSO F.C. (2024), *Evaluation of geodiversity in the Brazilian Amazon using different quantification methodologies*. *Geomorphology*, 466, 109441 <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109441>

ARMIERO V., PETROSINO P., LIRER L., ALBERICO, I. (2011), *The GeoCaF project: proposal of a geosites network at Phlegrean Fields (southern Italy)*. *Geoheritage*, 3, 195–219 <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0033-1>.

BRILHA J., GRAY M., PEREIRA D.I., PEREIRA P. (2018), *Geodiversity: an integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature*. *Environmental Science & Policy*, 86, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.001>.

HJORT J., GORDON J. E., GRAY M., HUNTER M. L. (2015), *Why geodiversity matters in valuing nature's stage*. *Conservation Biology*, 29(3), 630–639. <https://doi.org/10.1111/cobi.12510>

PETROSINO P., IAVARONE R., ALBERICO I. (2019), *Enhancing Social Resilience Through Fruition of Geological Heritage in the Vesuvio National Park*. *Geoheritage*, 11 (4), 2005–2024. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00404-y>

Il geosito delle gole del torrente Candela nell'area periurbana di Rotondella (Basilicata)

Maurizio Lazzari

CNR ISPC, Contrada S. Loja Zona Industriale, Tito Scalo (PZ)

E-mail: maurizio.lazzari@cnr.it

The geosite of the Candela river gorges in the peri-urban area of rondelle (Basilicata)

Parole chiave: geomorfologia, stratigrafia, geoturismo, paleomorfologia
Key words: geomorphology, stratigraphy, geotourism, paleomorphology

INTRODUZIONE

In questo contributo viene presentato e descritto il geosito del bacino del torrente Candela - Fosso Finocchio, affluente di destra del fiume Sinni e posto a circa 2.5 km ad ovest dell'area

la, oppure dalla Sinnica, uscita Valsinni, località Olaca, da cui proseguire in direzione Rotondella per 6.1 km fino all'incrocio con indicazione delle Gole del Candela; da qui si prosegue per 2.7 km verso sud fino al punto di inizio del

percorso, segnato da un tabellone generale con gli itinerari (Fig. 2).



Figura 1. Inquadramento geografico del bacino del T. candela (poligono rosso). In verde è indicata la perimetrazione dell'area del Parco nazionale del Pollino, esterna al sito di studio

urbana di Rotondella (Fig. 1), apprezzabile nelle sue peculiarità geomorfologiche e geologiche lungo un percorso di circa 1.7 km, sviluppato lungo l'asse di allungamento del bacino e le sponde dell'alveo, con un dislivello massimo di circa 80 metri.

L'obiettivo è stato quello di valorizzare il percorso naturalistico partendo dal centro storico della città di Rotondella (Basilicata sudoccidentale), integrandolo con informazioni storiche e geomorfologiche.

PERCORSO GEOTURISTICO

Per raggiungere l'inizio del percorso escursionistico si può giungere da Rotondella, passando davanti al cimitero e proseguendo verso le Gole di Cande-



Figura 2. Tabellone di inizio percorso con indicazione dei diversi sentieri e il relativo livello di difficoltà

Da qui il percorso si sviluppa su una prima parte terrazzata, posta ad una decina di metri sopra l'alveo, per poi scendere di quota e proseguire a ridosso dell'alveo in direzione sud, osservando la Cascata del Capelvenere, la cascata del Mirto, il Laghetto smeraldo e per finire l'Anfiteatro del falco (Fig. 3a, b, c e d).



Figura 3. Punti di osservazione lungo il percorso visibili in successione da a) a d). Legenda: a) cascata del Capelvenere; b) cascata del Mirto; c) laghetto smeraldo; d) anfiteatro del falco

CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Da un punto di vista geomorfologico il bacino è caratterizzato da una dinamica morfoevolutiva molto intensa, fondamentalmente legata al contesto tettonico appenninico in cui il bacino ricade ed ai caratteri litotecnici delle formazioni geologiche affioranti, particolarmente erodibili e suscettibili ad innescare frane per colamento e scorrimento rotazionale, anche di grandi dimensioni.

possibile osservare le forme residuali di un vecchio corpo di frana, smantellato dall'erosione, responsabile dello sbarramento del corso d'acqua e la formazione di un lago da frana tra il 1903 e il 1905 ed esistente fino alla fine del primo ventennio del '900 (Crema, 1920).

Il lago, ricordato anche dal toponimo locale, è stato poi svuotato per erosione della soglia di sbarramento con un processo di erosione regressiva. Oggi possiamo osservare i depositi del

stro della valle ni sbarrò il fondo poco a monte dei due mulini detti di Candela e che esso poi si ingrandì fino ad acquistare la superficie attuale nel gennaio 1905 in conseguenza di una seconda frana, più imponente ancora, prodottasi di fronte alla prima, e che devastando il versante destro fin presso la fonte Cucca diede allo sbarramento le dimensioni che tuttora conserva. Questa frana, preparate entrambe da piogge forti e persistenti trascinarono nella loro rovina parecchie case coloniche, ora in parte

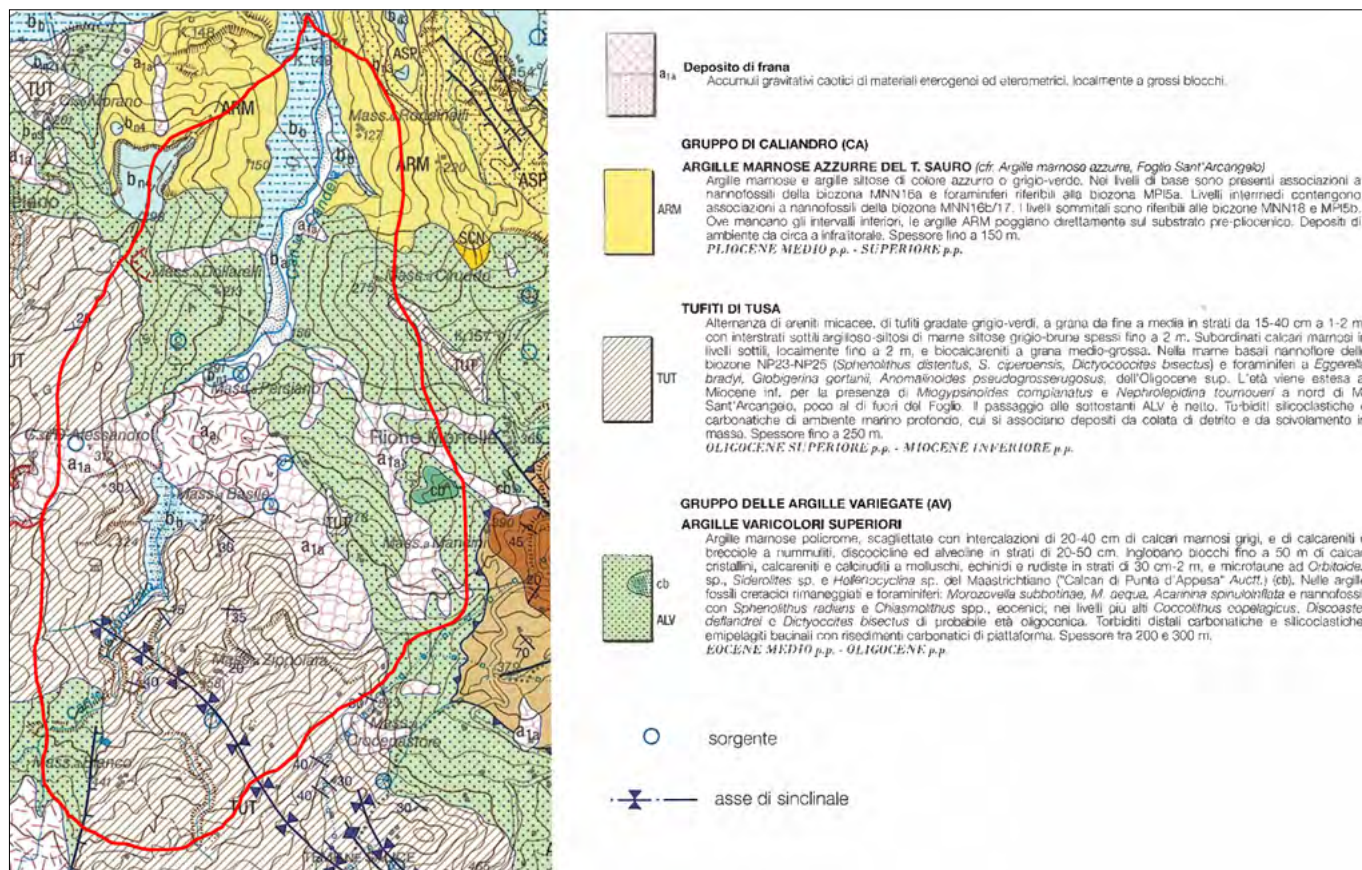


Figura 4. Stralcio della carta geologica 1:50000 Rotondella, in cui ricade il bacino del torrente Candela e l'area di studio (poligono rosso)

In particolare, le principali formazioni geologiche che caratterizzano la parte medio-alta del bacino del Candela per estensione superficiale e osservabili lungo il percorso, sono quelle delle Argille Varicolori e delle Tufi di Tusa. La parte bassa e confluyente nel fiume Sinni è, invece, caratterizzata, oltre che da depositi alluvionali terrazzati, da affioramenti delle Argille marnose azzurre. I caratteri geologici specifici delle suddette formazioni sono riportati nella legenda della figura 4, tratta da uno stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 Foglio 523 Rotondella.

L'acqua, il vento e la gravità modellano le aree di versante e del fondovalle con forme tipiche del paesaggio fluviale appenninico.

Le aree in frana sono diffuse e riportate anche nella carta geologica di base (Fig. 4). Tra queste già nel primo stop è

fondo del lago e la sua paleomorfologia. In particolare, il Crema descrive così la formazione del lago: "Da informazioni raccolte sui luoghi e dovute principalmente alla squisita cortesia del notaio Vito Umberto Amati e del sig. Antonio Montesano risulta infatti che il lago si formò nel febbraio del 1903 in seguito ad una grande frana che staccandosi dal versante sini-

ricostruite, ed uno dei mulini; ma fortunatamente non fecero vittime umane, perché la lentezza dei primi movimenti del suolo permise ai pochi abitatori di quei paraggi di mettersi in salvo."

Egli aggiunge che lo stesso lago era alimentato da due sorgenti, che riporta in una planimetria, di cui una solfurea (Fig. 5).



Figura 5. Sulla sinistra foto storica del 1920 che testimonia la presenza del lago Candela, a sua volta riportato su una planimetria realizzata dal Crema (1920)

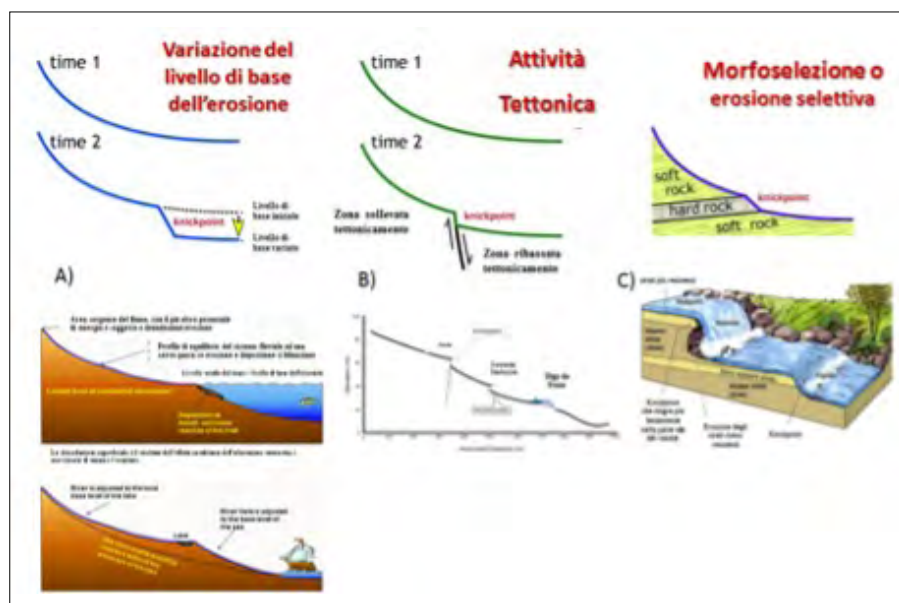


Figura 6. Lo schema rappresenta le tre modalità di possibili contesti di formazione di knickpoint lungo un corso d'acqua: A) per variazione del livello di base dell'erosione, sia locale (lago, diga) che globale (livello del mare); B) per attività tettonica in aree orogeneticamente attive o caratterizzate da attività vulcanica recente o subsidenza; C) per morfoselezione in corrispondenza di formazioni geologiche caratterizzate da alternanza di strati più resistenti (calcari, arenarie, graniti, lave) e meno resistenti (argille, sabbie, ceneri vulcaniche)

Risalendo il corso d'acqua principale, infatti, è possibile osservare diversi gradini e soglie morfologiche, la cui origine potrebbe essere legata alle condizioni stratigrafiche, tettoniche e di morfoselezione, che il fiume cerca di smantellare nel tempo per raggiungere il suo profilo di equilibrio. Queste soglie, note anche come *knickpoints*, sono dei salti idrografici naturali, sviluppatisi per la variazione del livello di base dell'erosione, a volte in corrispondenza di superfici di faglia, che il fiume tende a smantellare erodendo lentamente la base, con la turbolenza determinata dalla caduta dell'acqua, che induce nel tempo crolli progressivi verso monte, fino a quando la soglia non viene completamente erosa e il fiume riprende il suo percorso di equilibrio (Fig. 6).

CONSIDERAZIONI FINALI

Il geosito idrogeomorfologico qui presentato, posto nel contesto periurbano di Rotondella e nel più ampio contesto del Parco nazionale del Pollino, rappresenta un ideale punto di incontro tra valenze geoambientali e culturali e lo sviluppo geotouristico di un territorio (Lazzari, 2003; 2013; Guerra e Lazzari, 2022; Valentini *et al.*, 2022) raccontato attraverso pannelli e guida orale nelle sue trasformazioni storiche locali. Esso è stato inserito anche tra i geositi esemplari nell'ambito del redigendo Piano Paesaggistico Regionale della Basilicata e può costituire un ulteriore elemento di richiamo geotouristico per il Comune di Rotondella, in quanto si integra in una strategia di pianificazione periurbana e rurale.

BIBLIOGRAFIA

- CREMA C. (1920), *Il Lago di Candela presso Rotondella in Provincia di Potenza*. Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia.
- GUERRA V., LAZZARI M. (2022), *Geoheritage assessment and potential geotouristic enhancement in mountain environments: a test-site in the northern Apennines (Italy)*. Geoheritage, 14(97), p.1-20. Springer; <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00729-1>
- LAZZARI M. (2003), *I geositi di Madonna del Pollino: da percorso storico ad itinerario geologico-ambientale (Parco Nazionale del Pollino)*. Geologia dell'Ambiente, suppl. (1), 131-142.
- LAZZARI M. (2013), *Geosites, cultural tourism and sustainability in the Gargano National Park (southern Italy): the case study of the La Salata (Vieste) geoarchaeological site*. Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. 28 (2013), pp. 97-101.
- VALENTINI L., GUERRA V., LAZZARI M. (2022), *Enhancement of geoheritage and development of geotourism: comparison and inferences from different experiences of communication through art*. Geosciences 2022, 12, 264. <https://doi.org/10.3390/geosciences12070264>



Lavoriamo per la TUTELA dell'AMBIENTE in BASILICATA

***L'ambiente è di tutti:
proteggiamolo insieme
con azioni quotidiane***

Orvieto: massiccia città di pietra

Orvieto: massive stone city

Parole chiave: rupe, tufo, frane, geodiversità
Key words: cliffs, tuff, landslides, geodiversity

Endro Martini

Geologo Ambientale, Professionista,
SIGEA APS
E-mail: endromartini@gmail.com

Giovanni Selli

Ingegnere, Presidente ALTA SCUOLA
E-mail: giovanni.selli@gmail.com

“Ieri e oggi momenti cruciali... arrivati a Orvieto, ubicata come il Castello di Salisburgo, vi si sale con la Funicolare dalla stazione. Massiccia città di pietra, duomo policromo. Tombe Etrusche, acquistati oggetti antichi, panorama incantevole... Orvieto stupenda... benessere molto soddisfatto”.

Così Sigmund Freud scriveva di Orvieto nella sua cartolina postale datata 9 settembre 1897 alla Sorella Marta. La definizione di Freud, che abbiamo utilizzato per il titolo di questo articolo, appare già una sintesi tra geodiversità e patrimonio geologico in aree Urbane, coerente con il tema della giornata di studi lanciata da SIGEA APS. La Città di Orvieto, situata nella Regione Umbria (Cuore Verde d'Italia) (Fig. 1) in Provincia di Terni, sorge sopra una Rupe Tufacea che sormonta una collina argillosa intervallata da un deposito fluvio lacustre che fa riferimento ad un antico lago riempito poi dal deposito vulcanico del “Tufo Giallo a Scorie Nere” come definito in letteratura scientifica. La collina di Orvieto è infatti costituita principalmente da tre formazioni geologiche: argille plioceniche, la “serie dell'Albornoz” e il tufo della rupe. Le argille plioceniche rappresentano i depositi marini antichi che formavano il fondale prima dell'emersione dell'Appennino. La serie dell'Albornoz, uno strato più sottile, è un ambiente fluvio-lacustre con intercalazioni vulcaniche. Infine, la rupe, formata da tufo, risultato

dell'ultima eruzione del complesso vulcanico dei Monti Vulsini. La sezione geologica schematica della collina di Orvieto è rappresentata in Fig. 1.

Orvieto, insieme a Civita di Bagnoregio, a Pitigliano e ad altre cittadine dell'Italia centro-meridionale rappresenta uno tra i tanti borghi ubicati sopra una Rupe Tufacea che si eleva sopra le vallate circostanti. La conformazione geologica stessa, ricompresa in un piccolo areale che vede la combinazione di rocce rigide (Il Tufo) che poggiano su formazioni più morbide come le argille (anche con l'intercalazione della serie fluvio lacustre di ridotto spessore) è già rappresentativa di una Geodiversità locale che può portare a diverse conseguenze, tra cui erosione differenziale e instabilità del versante come è avvenuto per la Rupe di Orvieto. I fenomeni franosi, censiti fin dall'anno 1000 a Orvieto (Martini E., Margottini C., 2000) (Fig. 2), avvenuti anche sul finire degli anni settanta portarono allo studio Geologico Tecnico della Rupe (Conversini P., Lupi S. Martini E., Piali G., Sabatini P., 1978) e al varo di Leggi speciali che hanno consentito il risanamento e il consolidamento della collina e della rupe, compreso la protezione dei principali monumenti e l'allestimento di sistemi di costante monitoraggio e vigilanza.

Sicuramente per rappresentare la Geodiversità della Rupe di Orvieto è ne-

cessario fare riferimento alla costituzione della formazione del “Tufo Giallo a Scorie Nere” che la caratterizza e nell'utilizzo che di tale formazione è stato fatto nel tempo fin dal periodo Etrusco-Romano ai fini dell'assetto urbanistico-costruttivo della città. La geodiversità è intrinseca nella formazione del Tufo Giallo a Scorie Nere. A questo proposito si richiama il lavoro di Faraone D. e Stoppa F., dove la serie stratigrafica della formazione è descritta (Fig. 3). Al disopra delle “pomici basali” abbiamo un'unità litoide costituita dal tufo vescicolare caotico, di colore giallo rossastro con blocchi di ponici nere (tufo rosso a scorie nere). Tale litotipo, abbastanza coerente può essere impiegato come materiale da costruzione.

Notevole è la presenza di impronte o di residui lignei delle conifere che popolavano quei luoghi prima delle eruzioni vulcaniche, sia nelle pomici basali con

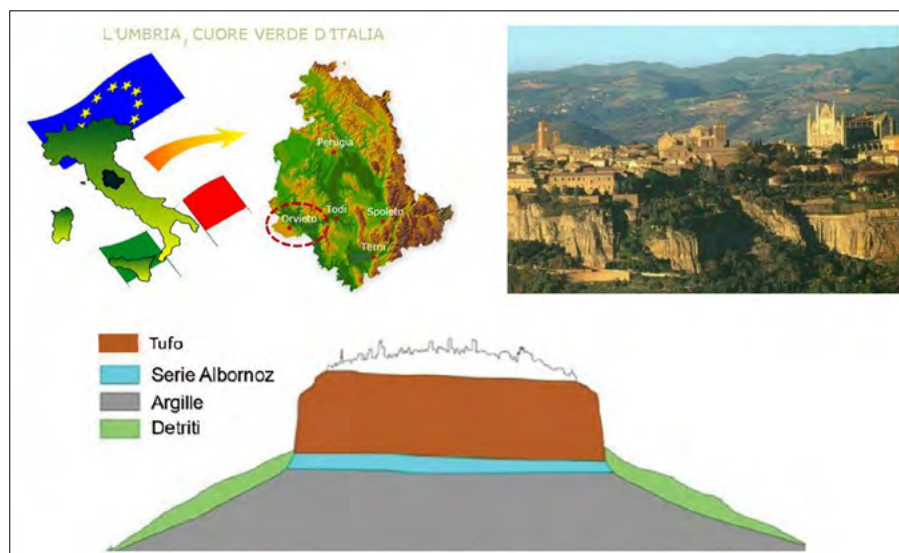


Figura 1. Sezione geologica schematica della collina di Orvieto



Figura 2. Dall'alto in basso: Frana di Cannicella del 1977. Indagini geologico-tecniche, 1978. CD-Rom “Le frane storiche di Todi e Orvieto”

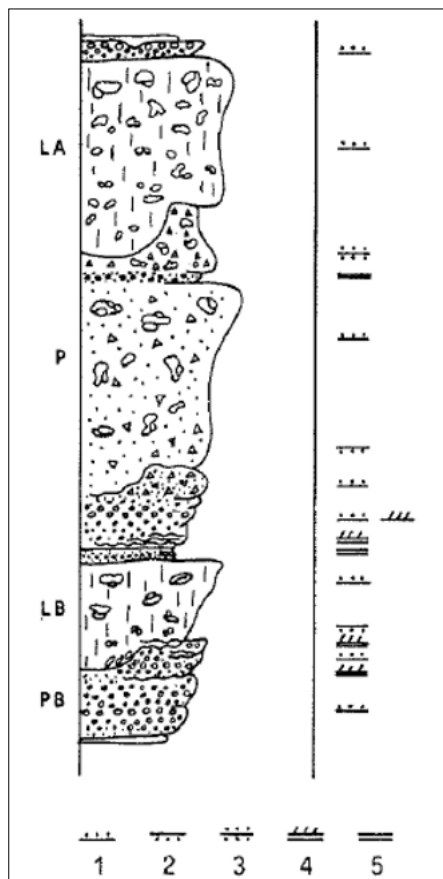


Figura 3. Colonna esemplificativa della sequenza stratigrafica completa della formazione del Tufo di Orvieto. Unità principali: LA) tufo litoide A; P) pozzolana; LB) tufo litoide; PB) pomici basali. Strutture sedimentarie: 1) prevalente gradazione inversa; 2) prevalente gradazione diretta; 3) gradazione simmetrica delle scorie e dei litici; 4) laminazioni incrociate; 5) laminazioni piano parallele.



Figura 4. Dall'alto in basso: Necropoli del Crocefisso del Tufo. La Grotta della Macina (già cava di pozzolana). Quartiere e pozzo della Cava. Fonte internet

prosecuzione anche nel tufo. Sopra questa prima sequenza di Tufo litoide abbiamo la “pozzolana” (lapilli lavici e cineriti) altro materiale utilizzato per costruzione, poi ancora il tufo litoide). Si comprende come la presenza di materiali utilizzabili per costruire abbia così favorito la realizzazione degli insediamenti al vertice di una Rupe difficilmente raggiungibile. Le origini Etrusche dell'agglomerato urbano di Orvieto posto sopra il piastrone tufaceo vengono fatte risalire alla metà del X° secolo A.C. in concomitanza con la nascita degli altri grandi centri urbani etruschi, dove si insedia una comunità che vi struttura un vasto e attivo abitato unitario. La presenza come detto di materiali da costruzione “ha favorito” i primi insediamenti come ricoveri per i vivi e per i morti. Una rilevante testimonianza è la necropoli Etrusca del “Crocefisso del Tufo” che deve il suo nome ad un crocefisso inciso nel tufo all'interno di una cappella rupestre. Le Tombe sono oltre 200, realizzate in blocchi di tufo. Anche i Romani continuano ad utilizzare il tufo e soprattutto la pozzolana, che viene cavata accedendo al sottosuolo della città. Una testimonianza ulteriore è la cosiddetta grotta della Macina, antica cava di Poz-

zolana di presumibile origine romana, utilizzata poi nel medioevo e fin dal 1870 come Frantoio. In ultimo il quartiere di Orvieto chiamato “la Cava” che prende il nome da una cava di tufo e pozzolana che si trovava lungo la via che lo attraversa, l'antica Via della Cava. Questa cava era sfruttata per l'estrazione dei materiali edili utilizzati per la costruzione della città, in particolare per il muraglione di sostegno della strada. Inoltre, il nome è legato anche al Pozzo della Cava, un complesso archeologico sotterraneo che si trova proprio in questa zona, ricco di ritrovamenti etruschi, medievali e rinascimentali.

La geodiversità che caratterizza la formazione del Tufo Giallo a Scorie Nere ha favorito in passato una, se così si può dire, filiera corta per costruire insediamenti di grande pregio storico artistico e culturale che costituiscono, insieme agli affioramenti tufacei, certamente una attrattiva “geoturistica” oggi non completamente utilizzata. Questa geodiversità è stata però anche alla base dei fenomeni franosi che hanno storicamente colpito la Rupe e quindi alla base della necessità di proteggere e salvaguardare ambienti urbani di grande pregio, che si è realizzata grazie alla Legge 230 del 25 mag-

gio 1978, “Provvedimenti urgenti per il consolidamento della Rupe di Orvieto e del Colle di Todi a salvaguardia del patrimonio paesistico, storico, archeologico ed artistico delle due città”. Una Geodiversità, che nel caso di Orvieto costituisce un patrimonio geologico di grande originalità, sia per la comprensione dei processi geologici che modellano il territorio in contesti simili, che come modello da seguire per la valutazione e la cura dei rischi geo-idrologici: un esempio Italiano di sicuro valore culturale, scientifico, educativo e ambientale.

BIBLIOGRAFIA PRINCIPALE

- CONVERSI P., LUPI S., MARTINI E., PIALI G., SABATINI P. (1978), *Rupe di Orvieto. Indagini Geologico tecniche*. Quaderni regione Umbria.
- MARTINI E., MARGOTTINI C. (2000), *Le frane storiche di Orvieto e Todi*. Osservatorio della Rupe di Orvieto e del Colle di Todi. Regione Umbria. Perugia.
- Faraone D., Stoppa F. (1988), *Il Tufo di Orvieto nel quadro dell'evoluzione vulcano Tettonica della Caldera di Bolsena*, Monti Vulsini.
- SOCODATO F.M., MARTINI E., TORTOIOI L., MAZZI A.M. (2013), *The preservation of the historical, archeological and artistic heritage of Orvieto: An interdisciplinary project*.

Geodiversità, sacralità e identità dei luoghi: il caso studio della Valle d'Ansanto tra patrimonio geologico, mito e cultura

Valentina Noviello

Consiglio Nazionale delle Ricerche,
Istituto di Studi sul Mediterraneo
(CNR-ISMed)

E-mail: valentina.noviello@ismed.cnr.it

Geodiversity, Sacredness, and Place Identity: The Case Study of the Ansanto Valley between Geological Heritage, Myth, and Culture

Parole chiave: Geodiversità, patrimonio culturale, Valle d' Ansanto, identità dei luoghi, valorizzazione e tutela dei territori, sostenibilità

Key words: Geodiversity, Cultural Heritage, Identity of Place, Ansanto Valley Territorial Valorization and Protection, Sustainability

La conoscenza e la valorizzazione del patrimonio geologico hanno assunto sempre più un ruolo strategico nello studio dei territori non solo per la valutazione e la gestione dei rischi ambientali, ma anche per la pianificazione sostenibile dei luoghi in termini di valorizzazione e promozione culturale, sia in ambito urbano che extraurbano (Noviello V., 2014). In questa prospettiva, un esempio emblematico e di straordinario interesse sul tema è quello presentato in questo studio, il cui focus è dedicato alla Valle d'Ansanto (Fig. 1) situata nell'Appennino campano, presso il comune di Rocca San Felice (AV), poiché costituisce un unicum per densità e interconnessione tra valori geologici, paesaggistico-ambientali e antropologico-culturali (Noviello V., 2025).

Al centro della ricerca vi è l'analisi del sito noto anche come Mefite (dal nome della divinità osca risalente al IV sec. a.C. che presiedeva questo luogo). In particolare, si tratta di una mofeta caratterizzata da un piccolo lago di fango grigio e gorgogliante che emette elevate quantità di gas tossici (CO_2 e H_2S) per qualsiasi essere vivente gli si avvicini, e che lo rende luogo unico e particolare poiché caratterizzato dalla più alta concentrazione naturale di anidride carbonica a livello mondiale (Chiodini G., 2014). Il peculiare fenomeno geochimico, di origine non vulcanica, è verosimilmente legato ai processi tettonici e di subduzione della crosta terrestre appenninica e rappresenta un punto focale per gli studi di geo diversità, oltre ad essere un elemento chiave nella costruzione simbolica e identitaria del territorio stesso (Chiodini G. *et al.*, 2010). Lo

studio qui proposto in sintesi, si fonda su una ricerca multidisciplinare e interdisciplinare di ben più ampio respiro durata molti anni (Noviello V., 2025), e che ha la particolarità di interconnettere analisi geologiche, storiche, archeologiche, antropologiche e letterarie. In particolare, per l'occasione si è scelto di indagare proprio sulla complessa relazione tra il fenomeno naturale della mofeta e il culto arcaico della dea Mefite, divinità italica legata sia alla fertilità e alla rigenerazione della natura, sia, al contempo, al potere distruttivo e mortifero dei luoghi liminari. Le fonti letterarie edite (Santoli V.M., 1991), tra cui la più nota di Virgilio e le numerose ulteriori fonti disponibili di altri autori classici (Mele A., 2008), descrivono prevalentemente la Mefite come demone nefasto, mentre al contrario i ritrovamenti archeologici (De Cazanove O., Scheid

J., 2003; Pescatori Colucci G., Cuozzo E., Barra F., 1996), – tra cui un'iscrizione osca del II secolo a.C. rinvenuta in loco – suggeriscono un culto benefico e sanificante, connesso alla protezione dei campi, delle greggi e della fertilità femminile (Rainini I., 1996). A causa della complessità dell'argomento e soprattutto a causa della controversia delle numerose fonti disponibili, l'approccio metodologico adottato ha previsto non soltanto un'accurata analisi di fonti miste (documentarie, storiche e geologiche, letterarie, archeologiche, geografiche, antropologiche), ma anche attività di ricerca sul campo, con l'obiettivo di comprendere come i processi naturali e geologici abbiano influito, e continuino a condizionare, anche attualmente, la percezione simbolica, la funzione sociale e la stessa identità del luogo in questione.



Figura 1. La Valle d'Ansanto, Rocca San Felice (AV, Campania, Italy). L'immagine è a cura di Valentina Noviello, settembre 2024

Ne emerge un quadro in cui la geodiversità si intreccia profondamente con la dimensione del sacro, della memoria collettiva e dell'identità culturale. I risultati dello studio mostreranno, infatti, come la Valle d'Ansanto possa essere considerata un vero e proprio "laboratorio a cielo aperto" anche per riflettere sul ruolo della geologia nella costruzione culturale del paesaggio e della valorizzazione del luogo. Inoltre, il caso della Mefite dimostra la necessità assoluta di promuovere approcci integrati alla valorizzazione e conservazione del patrimonio geoculturale, capaci di sostenere politiche territoriali più inclusive e consapevoli, al fine di favorire una fruizione sostenibile e certamente più rispettosa da parte delle comunità locali e dei flussi turistici. In questo senso, la ricerca propone di considerare la geodiversità non solo come elemento scientifico da tutelare, ma anche come risorsa narrativa e identitaria che plasma i territori e le culture, offrendo strumenti utili per un dialogo proficuo tra scienze della terra, scienze umane e politiche pubbliche. Il caso della Valle d'Ansanto, dunque, si configura come un modello replicabile per la valorizzazione di altri contesti geologici ad alto valore storico-culturale.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ARDITO S. (2013), *101 luoghi archeologici d'Italia dove andare almeno una volta nella vita*, New-ton Compton, Roma, pp. 288.
- PESCATORI COLUCCI G., CUOZZO E., BARRA F. (1996), *L'Irpinia in età sannitica*. Le testimonianze archeologiche, in «Storia illustrata di Avellino e dell'Irpinia», Sellino ed., Pratola Serra.
- CAPANO M., MARZAIOLI F., TERRASI F., GIGLI S., MARTINELLI N., PIGNATELLI O., NAVA M.L. (2012), *Preliminary analysis on microscopic characters of wooden carvings from Mephitis goddess sanctuary (Avellino-Italy)*, «Radiocarbon», 54/3-4, pp. 701-714.
- CHIODINI G. (2014), *Emanazioni gassose e pericolosità territoriale*, Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XCVI, 189-194.
- CHIODINI G., GRANIERI D., AVINO R., CALIRO S., COSTA A., MINOPOLI C. (2010), *Non-volcanic CO₂ Earth degassing: Case of Mefite d'Ansanto (southern Apennines), Italy*. Geophysical Research Letters, Vol. 37, L11303, doi:10.1029/2010GL042858.
- DE CAZANOVE O., SCHEID J. (2003), *Sanctuaires et sources dans l'antiquité. Les sources documentaires et leur limites dans la description de lieux de culte*, Actes de la table ronde, Éd. Publications du Centre Jean Bérard, Collège de France, Napoli, 2003.
- DI LISIO A., RUSSO F., SISTO M. (2010), *Storia geocartografica di un monumento naturale dell'Appennino Sannita: il geosito della Mefite nella Valle d'Ansanto (Campania)*, in: *Territori emotivi. Geografie Emozionali. Genti e luoghi: sensi, sentimenti ed emozioni*, (a cura di) PERSI P., V Convegno Internazionale sui Beni Culturali e territoriali, Fano (PU), 4-6 settembre 2009, 137-146.
- DI LISIO A., RUSSO F., SISTO M. (2014), *La Mefite nella Valle d'Ansanto (Irpinia, Campania): il valore paradigmatico di un geoarcheosito*, in *Geologia dell'Ambiente* Periodico trimestrale della SIGEA, Società Italiana di Geologia Ambientale, Roma, 3/2014, 2-7.
- MELE A. (2008), *Mefitis tra Romani e Italici*, in MELE A. (eds), *Il culto della dea Mefite e la Valle di Ansanto. Ricerche su un giacimento archeologico e culturale dei Samnites Hirpini*, Elio Sellino Editore, Avellino, 181-199. ISBN 978-88-88991-75-7.
- NOVIELLO V. (2014), *Patrimonio culturale intangibile e diritti*, I Diritti dell'Uomo. Cronache e battaglie, Editoriale Scientifica, anno XXV, 3.
- NOVIELLO V. (2025), *NEOluoghiMediterranei visioni antropologiche*, con prefazione di Caruso I., Edizioni CNR.
- NOVIELLO V. (2025), *Le culte de Mefite: les raisons d'un mythe méditerranéen intemporel*, in GRECO S., MEROLA P. (edited by), *Mediterranean routes: landscapes, mobility and development* (MEDRADE), Collana "EPHESO. Euromediterranean Phenomena, An Economic and Social Observatory", Monduzzi Editore.
- RAININI I. (1996), *Il santuario di Mefite nella valle d'Ansanto*, in «Storia illustrata di Avellino e dell'Irpinia», a cura di Pescatori Colucci G., Cuozzo E., Barra F., Avellino.
- SANTOLI V. M. (1991), *La Mefite nella valle d'Ansanto. Rilettura dopo duecento anni, 1783-1983*, vol. 1 e 2, Grafic Omodeo, Rocca San Felice (AV).

Geodiversità e formazione scolastica: percorsi educativi e attività di divulgazione

Geodiversity and education: learning pathways and scientific dissemination

Paolo Primerano, Elisa Brustia,
Roberto Pompili
ISPRA, Dipartimento per il Servizio
Geologico d'Italia, Roma
E-mail: paolo.primerano@isprambiente.it

Parole chiave: Geodiversità, patrimonio geologico, divulgazione
Key words: Geodiversity, geological heritage, scientific dissemination

Nell'ambito delle iniziative e delle attività di divulgazione delle Scienze della Terra promosse dal Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, negli ultimi anni il tema del patrimonio geologico si è rivelato in grado di suscitare grande interesse e curiosità. La divulgazione si è svolta attraverso lezioni frontali, laboratori, seminari ed escursioni presso le scuole primarie e secondarie di primo grado.

Un primo progetto di formazione è stato svolto con quattro classi quarte di un liceo scientifico di Cisterna di Latina. Questo si è articolato in quattro fasi. Il workshop si è composto di una parte teorica e una pratica, in cui gli studenti hanno identificato e classificato le rocce usando una chiave dicotomica, con test fisici e chimici sui campioni messi a disposizione.

Durante la lezione teorica, è stato presentato l'Inventario dei Geositi Italiani (Giovagnoli, 2023) e si è svolta una ricerca sui geositi nei pressi della scuola. L'escursione a Roma ha riguardato la geodiversità della città, passando dalla Basilica di San Clemente ai Fori Imperiali fino alle chiese barocche. È stata un'opportunità per osservare la storia, gli effetti dei terremoti e l'uso di materiali. L'evento era stato proposto già in precedenza in occasione della seconda Giornata Internazionale della Geodiversità (<https://www.geodiversityday.org/>).

Alla fine del progetto, gli studenti hanno fatto un'escursione geologica al lago di Nemi, dove hanno studiato la formazione dei Colli Albani e identificato i prodotti vulcanici caratteristici di Roma. L'obiettivo del progetto è stato quello fornire una conoscenza di base della geologia e geodiversità, mostrando il legame tra la città e la sua geologia.

Nell'anno scolastico 2024-2025 è stato svolto un progetto PCTO (Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento) dal titolo "Conoscere la geodiversità". In particolare, il PCTO

consente agli studenti degli ultimi tre anni della scuola secondaria di secondo grado di intraprendere percorsi formativi volti al mondo del lavoro, all'orientamento utile per il proseguimento degli studi e allo sviluppo delle competenze trasversali.

Il programma ha coinvolto 7 studenti del Liceo Darwin di Roma (RM) e 8 studenti del Liceo Ramadù di Cisterna di Latina (LT), appartenenti alle classi III, IV e V della scuola superiore.

Ha avuto una durata complessiva di 30 ore. L'obiettivo del progetto è stato quello di introdurre gli studenti ai concetti fondamentali della geodiversità, alla sua conservazione e alla valorizzazione del patrimonio geologico, con particolare attenzione ai geositi, anche attraverso la consultazione dell'Inventario Nazionale dei Geositi gestito dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Il progetto ha coinvolto gli studenti nella creazione di un database georeferenziato utilizzando *QGIS*, un software GIS open source, utile per raccogliere e gestire i dati relativi alla geodiversità di Roma a scala locale.

L'attività ha inoltre previsto due escursioni sul campo nella città di Roma: la prima nei pressi del Parco della Caffarella e dell'Appia Antica, per visitare il Ninfeo di Egeria e l'affioramento della colata lavica leucitica di Capo di Bove alla base del Mausoleo di Cecilia Metella, e la seconda nel centro di Roma, per scoprire la geodiversità della città e il rapporto tra la geologia e lo sviluppo urbano (Pantaloni *et al.*, 2023). L'itinerario ha avuto come inizio la Basilica di San Clemente ed è proseguito lungo Via dei Fori Imperiali, dal Colosseo fino alla Rupe Tarpea, al confine sud-occidentale del Campidoglio, per raccogliere direttamente i dati necessari inerenti alla geodiversità. Inoltre, gli studenti hanno imparato ad utilizzare

linguaggi di programmazione e sistemi informativi geografici (GIS), acquisendo competenze pratiche in un contesto prevalentemente scientifico. È stato impostato un progetto GIS, e dopo aver georeferenziato la carta geologica dell'area di interesse sulle carte topografiche e stradali, è stata impostata una tabella attributi pensata per poter essere utilizzata in campagna per la caratterizzazione dei geositi identificati, scegliendo in modo collaborativo i campi necessari per una caratterizzazione completa e rappresentativa dei geositi, come il nome del geosito, la tipologia, le caratteristiche geologiche e le foto, che costituiscono essenzialmente i dati per un inventario.

Il prodotto finale del progetto è stato un *database* strutturato come l'Inventario Nazionale dei Geositi, accessibile anche da smartphone tramite l'applicazione *QField*. L'obiettivo è stato quello di sensibilizzare i partecipanti sul tema della geodiversità, fornendo loro strumenti concreti per una gestione consapevole del patrimonio geologico locale.

Durante le lezioni frontali, sono stati presentati e sviluppati, in un contesto aperto e di dibattito, argomenti relativi alla geodiversità, al patrimonio geologico e alla stretta correlazione tra gli aspetti geologici, la vita umana e l'evoluzione urbana. Durante le lezioni finali, i dati raccolti durante le escursioni sul campo sono stati inseriti ed elaborati nel software *QGIS* e condivisi nell'app *QField*, che rende l'inventario accessibile ed aggiornabile anche da smartphone. Un altro valido software utilizzato dagli studenti è *Google Earth*, che consente la creazione di un progetto attraverso l'aggiunta di punti di interesse, incluso l'inserimento di foto o video e descrizioni.

Questi progetti hanno dimostrato come il tema della geodiversità possa

diventare uno strumento efficace per avvicinare gli studenti al tema della geologia, promuovendo una maggiore consapevolezza nella tutela e valorizzazione del patrimonio geologico e sviluppando competenze pratiche attraverso l'esplorazione diretta del territorio.

BIBLIOGRAFIA

- GIOVAGNOLI, M. C. (2023), *The Italian Geosite Inventory: Past, Present, and Future*. *Geoheritage*, 15(2), 69.
- PANTALONI, M., GUERRA, M., CONSOLE, F., & PRIMERANO, P. (2023), *Rome before Rome: A River among two volcanoes. Discovering the relationship between the history of the city and the territory*. *Geological Field Trips and Maps*, 15(1), 1-66.

Paesaggio scavato. Le cave in sotterraneo di Cutrofiano come infrastruttura geologica e culturale

Excavated landscape: subterranean quarries in Cutrofiano as a geological and cultural framework

Alessandro Reina
PoliBa, DICATECh, Bari, Italy
E-mail: alessandro.reina@poliba.it

Angelo Ganazzoli
PoliBa, DICATECh, Bari, Italy
E-mail: a.ganazzoli@pnd.poliba.it

Parole chiave: Geodiversità urbana, Cavità artificiali, Paesaggio ipogeo, Rischio geotecnico, Valorizzazione dei siti estrattivi
Key words: Urban geodiversity, Anthropic cavities, Subterranean landscape, Geotechnical risk, Valorization of extractive sites

La geodiversità, intesa come la varietà degli elementi geologici, geomorfologici, idrologici e pedologici presenti in un territorio, costituisce una dimensione fondativa del paesaggio naturale e antropico, nonché un indicatore privilegiato per la comprensione dei processi evolutivi che ne hanno determinato la forma, la stabilità e l'uso. In ambito urbano, essa assume un valore critico, non solo quale parametro diagnostico per la valutazione dei rischi, ma anche quale matrice strutturale e storica delle trasformazioni insediative, delle infrastrutture profonde e delle modalità di interazione tra uomo, terra e substrato litologico. A partire dal riconoscimento di questa componente come parte integrante del patrimonio ambientale e culturale, il presente contributo si propone di indagare il sistema delle cave alla fine del piano giacimentologico e delle gallerie ipogee di Cutrofiano, nel settore meridionale del Tavoliere salentino, come caso esemplare di interrelazione tra geodiversità, memoria estrattiva e riconfigurazione spaziale. Il complesso ipogeo, generato dallo scavo estensivo di banchi di calcarenite plio-pleistocenica per finalità produttive a partire dall'età moderna, rappresenta oggi una forma residuale di paesaggio tecnico e culturale, la cui consistenza fisica, morfologica e meccanica continua a influenzare le condizioni di consolidamento e le traiettorie di sviluppo del contesto urbano sovrastante (Ligori F., 2013). Il territorio di Cutrofiano si sviluppa nel settore meridionale della Piattaforma Apula, in un contesto geologico caratterizzato da rocce, a prevalente composizione carbonatica, che presentano una tessitura da media a fine, con abbondanti frammenti fossili e una porosità elevata (20–35%), che ne determina una bassa resistenza

meccanica e una significativa vulnerabilità ai processi di alterazione (Barletta R., 2005). Il substrato mostra assetti stratificati regolari e una debole inclinazione monoclinale, ma è localmente interessato da fratture e discontinuità subverticali che influenzano la stabilità dei vuoti antropici. Le condizioni geotecniche del banco calcarenitico pongono criticità specifiche, specialmente in presenza di cavità non censite, sottoposte a sollecitazioni sovrastanti o a processi di infiltrazione (Parise M., De Pascalis A., De Pascalis F., 2010). Le cave ipogee di Cutrofiano, scavate tra il XVII e il XX secolo, seguono uno schema ricorrente a camere e pilastri con profondità variabile tra i 3 e gli 8 metri. L'organizzazione morfologica interna riflette strategie costruttive empiriche, basate sull'esperienza diretta dei cavatori (detti "cavamonti"), che operavano in assenza di supporti strutturali sistematici (Mainardi M., 1999). Il complesso di tali gallerie si inserisce in un più ampio sistema ipogeo, che si estende alla scala

territoriale e che in parte interferisce con il tessuto urbano contemporaneo (Toni L., 1990). Tuttavia, il grado di conoscenza delle mutue interazioni tra i reticolati di gallerie, e tra queste ed il costruito epigeo, è tuttora frammentaria: in assenza di una mappatura estensiva e di un piano di monitoraggio strutturale, l'intero sistema presenta oggi un elevato grado di indeterminazione geotecnica, aggravata dal fatto che molte cavità risultano intercluse sotto l'attuale tessuto urbano, prive di accessi visibili o documentazione catastale. Tale condizione impone la necessità di una modellazione stratigrafica integrata e di campagne di indagine in situ, che combinino sondaggi geognostici, termografie e rilievi LIDAR terrestri o UAV, finalizzati a identificare volumi a rischio e criteri di intervento (Spalluto L., Fiore A., Lepore D., Luisi M. N., Miccoli M. N., 2013).

In questo quadro, il sottosuolo di Cutrofiano rappresenta dunque una matrice fragile ma strutturalmente significativa, in cui convergono questioni

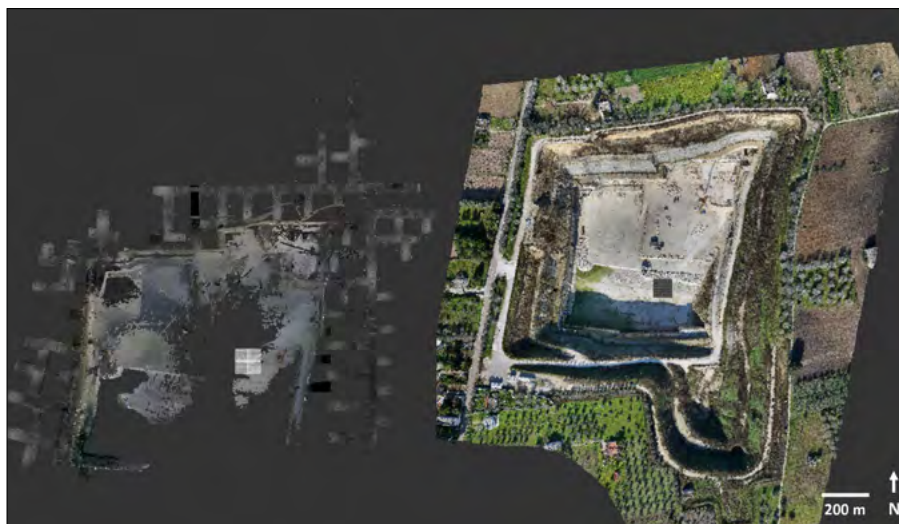


Figura 1. Rilievo fotogrammetrico del sito in esame (A. Reina., A. Ganazzoli, 2024) Fig. 2: Render (A. Ganazzoli, 2025)



Figura 2. Render (A. Ganazzoli, 2025)

geologiche, formali, spaziali, ambientali ed urbane che concorrono nel definire un sistema critico ma potenzialmente generativo di strategie di conoscenza, tutela e valorizzazione. Infatti, dal punto di vista urbano, le cavità influenzano le modalità di uso e di costruzione del suolo, determinando aree a vulnerabilità specifica, in cui l'edificazione è storicamente stata rarefatta o limitata a edifici leggeri. Al contempo, esse costituiscono una infrastruttura sotterranea potenziale, suscettibile di riconversione a funzioni culturali, espositive, climatiche o idriche. In tale ottica, la lettura delle cavità come spazi permeabili permette di superare l'approccio conservativo passivo e di aprire a scenari di progetto fondati sulla valorizzazione dell'identità geologica e spaziale del vuoto (Reina A., Ganazzoli A., Mastracci M. 2023). Esso si configura come un tessuto tridimensionale stratificato, frutto di pratiche estrattive tradizionali adattate alla morfologia del

banco roccioso: le cavità, organizzate a camere parallele, mostrano articolazioni spaziali regolari e adattive, con geometrie conformate alla stratificazione litologica e alla resistenza meccanica del materiale (Parise M., Del Prete S., 2007). Tali spazi, pur generati da logiche produttive, si caratterizzano per un'elevata qualità morfologica e una qualificata relazione ambientale e paesaggistica, che li rende potenzialmente adatti a nuove funzioni di natura culturale, museale o performativa. La condizione di marginalità ed intermittente invisibilità che caratterizza oggi molte di queste cavità, impone un cambio di paradigma: non più vuoti da chiudere, ripristinare od obliterare, ma infrastrutture geologiche e culturali latenti, da reintegrare in un progetto urbano esteso e multilivello. In particolare, le cavità accessibili più ampie e stabili potrebbero essere riabilite per accogliere eventi culturali, musicali o performativi, concepiti in stretto dia-

logo con le caratteristiche morfologiche e ambientali del vuoto. L'elevata massa termica delle calcareniti garantisce condizioni microclimatiche stabili e la qualità acustica naturale di alcuni ambienti ipogei apre alla possibilità di utilizzi legati alla musica sperimentale, al teatro sonoro o alla fruizione immersiva. Tale riconfigurazione richiede una selezione di ambienti a basso rischio geotecnico e l'adozione di linee guida tecniche specifiche, che includano sistemi di ventilazione controllata, accessi sicuri, pavimentazioni drenanti e illuminazione a basso impatto.

Il caso di Cutrofiano sollecita dunque una riflessione più ampia sul ruolo della geodiversità come risorsa operativa per la città contemporanea. Le cavità non sono soltanto elementi da mappare o consolidare, ma dispositivi capaci di generare centralità culturali profonde, fondate sulla riconciliazione tra paesaggio geologico, storia produttiva e nuovi usi civici. In tal senso, la proposta di un "Centro ipogeo per la cultura del suono", concepito come spazio ibrido per esposizioni, concerti e attività di ricerca e divulgazione, rappresenta un possibile scenario di progetto: uno spazio in cui la geologia diviene architettura, il vuoto diventa infrastruttura, e la memoria del suolo si traduce in esperienza condivisa.

BIBLIOGRAFIA

- BARLETTA R (2005), *Pietre del Salento*, Lecce, Edizioni del Grifo.
- LIGORI F. (2013), *Relazione geologica e geofisica inedita sulla presenza di cavità di origine antropica nel sottosuolo del centro abitato di Cutrofiano*. Comune di Cutrofiano.
- SPALLUTO L., FIORE A., LEPORE D., LUISI M. N., MICCOLI M. N. (2013), *Tecnica di acquisizione laser scanner da foro: applicazione al rilievo di cavità ipogee nell'abitato di Cutrofiano*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia.
- PARISE M., DE PASCALIS A., DE PASCALIS F. (2010), *Genesi ed evoluzione di un sinkhole connesso a cavità antropiche sotterranee nel distretto estrattivo di Cutrofiano* (prov. Lecce, Puglia). ISPRA.
- MAINARDI M. (1999), *Cave e cavamonti*, Feneal-UIL Lecce, Edizioni Del Grifo, Lecce.
- PARISE M., DEL PRETE S. (2007), *L'influenza dei fattori geologici e geomorfologici sulla realizzazione di cavità artificiali*, in "Opera Ipogea 2-2007", Rivista della Società Speleologica Italiana, Commissione Nazionale Cavità Artificiali.
- REINA A., GANAZZOLI A., MASTRACCI M. (2023), *Abitare sotto la linea di terra. Progetti per il recupero del patrimonio caveale*. In "Los cuadernos del ReUso", Madrid, Dykinson, S.L.
- TONI L. (1990), *Le cave in sottoterraneo di Cutrofiano*. Lecce, Edizioni Del Grifo.

Conglomerati pliocenici inglobati nell'architettura storica senese: analisi sedimentologica e morfometrica mediante SfM e LiDAR del banco di Piazza San Giovanni a Siena (Italia)

Pliocene conglomerates incorporated into Siena's historic architecture: sedimentological and morphometric analysis using SfM and LiDAR of the Piazza San Giovanni bank in Siena (Italy)

Parole chiave: Conglomerato pliocenico; SfM-LiDAR; Patrimonio culturale digitale; Geomatica del patrimonio culturale

Key words: Pliocene Conglomerate; SfM-LiDAR; Digital Cultural Heritage; Geomatics of cultural heritage

Gioele Rossi

University of Siena, Department of Physics, Earth and Environmental Sciences R.U., Conservation of Cultural Heritage and Archaeometry
E-mail: gioele.rossi@student.unisi.it

Jacopo Bruttini

Independent Researcher - Archaeologist
E-mail: jacopo1bruttini@gmail.com

Fabio Gabbrielli

University of Siena, Department of History and Cultural Heritage
E-mail: fabio.gabbrielli@unisi.it

Marco Giamello

University of Siena, Department of Physics, Earth and Environmental Sciences R.U., Conservation of Cultural Heritage and Archaeometry
E-mail: marco.giamello@unisi.it

Enrico Tavarnelli

University of Siena, Department of Physics, Earth and Environmental Sciences R.U., Conservation of Cultural Heritage and Archaeometry
E-mail: enrico.tavarnelli@unisi.it

INTRODUZIONE

Il centro storico di Siena conserva affioramenti appartenenti alle litologie caratterizzanti il substrato geologico tipico del luogo. Alcuni di essi possono essere rinvenuti lungo le scarpate e/o i tagli stradali, altri sono inglobati nelle strutture architettoniche e rappresentano una forma peculiare di geodiversità urbana fossilizzata. In particolare, in Piazza San Giovanni, nella facciata corrispondente ai n. 4-7, databile intorno alla fine del XIII – XIV secolo, a fianco della scalinata del Duomo e del Battistero, è visibile un affioramento di conglomerato poligenico pliocenico (Fig. 1) incorporato nella facciata stessa.

Questo è di particolare interesse in quanto si tratta dello stesso materiale affiorante sotto la Piazza del Duomo, ma che, a causa della presenza di una faglia diretta, si trova a una quota di circa 4,5 metri più in basso rispetto

ad essa (Costantini and Martini, 2004, 2010). Il presente studio intende documentare e analizzare tale affioramento con tecniche non invasive incentrate su fotogrammetria SfM (*Structure from motion*), Sistemi di Mappatura Mobile (MMS) basati su tecnologia LiDAR (*Light Detection and Ranging*), e analisi morfo-sedimentaria dei clasti, al fine di ricostruire le dinamiche deposizionali e la loro contestualizzazione urbanistica.

1. LA GEOLOGIA DEL TERRITORIO SENESE

La geologia del territorio senese è stata fortemente influenzata dai processi tettonici post-orogenici che, nel Pliocene inferiore (circa 5 milioni di anni fa), portarono all'apertura di un bacino marino interno nella Toscana meridionale (Guasparri, 1993; Lazzarotto, 1993; Lazzarotto and Pascucci, 1998). In questo contesto, lungo i margini del Bacino

di Siena, si svilupparono ambienti sedimentari di transizione con parasequenze a granulometria decrescente, costituite da argille calcaree marine alla base, seguite da sabbie litorali, arenarie fossilifere e livelli conglomeratici (Costantini and Martini, 2010). I conglomerati poligenici affioranti nell'area urbana di Siena rappresentano porzioni residuali di questi depositi pliocenici marginali, formati in ambienti ad alta energia, come canali fluviali o spiagge. In più punti del centro storico, come in Piazza San Giovanni, via di Monna Agnese, vicolo di San Girolamo e all'interno del complesso museale del Santa Maria della Scala, questi depositi sono ancora visibili incastonati nelle murature di alcuni edifici (Causarano, 2018), testimonianza materiale della geodiversità urbana senese e del profondo legame tra geologia e tessuto edilizio.

2. METODO DELLA RICERCA

L'affioramento di conglomerato visibile in Piazza San Giovanni è stato oggetto di rilievo e analisi morfo-sedimentaria articolati in due fasi principali. Il rilievo è stato eseguito mediante tecnica *Structure-from-Motion* (SfM) (Tunwal and Lim, 2023), utilizzando immagini digitali acquisite da diverse angolazioni e con sovrapposizione superiore all'80%, sfruttando i laterizi presenti in facciata come riferimenti metrici fissi e, in parallelo, è stata effettuata una scansione



Figura 1. Banco di conglomerato pliocenico affiorante nella facciata del palazzo in Piazza San Giovanni n. 4-7 a Siena



Figura 2. Modello digitale dell'affioramento di conglomerato pliocenico



Figura 3. Ortofotografia dell'affioramento

LiDAR con lo strumento *3D MakerPro Eagle Max*.

I dati ottenuti sono stati elaborati mediante i software *RayStudio* e *Agisoft Metashape*, i quali hanno permesso di realizzare una nuvola di punti densa, un modello mesh tridimensionale integrato con texture e dati *LiDAR* (Fig. 2), e un'ortofoto in scala (Fig. 3), la quale è stata utilizzata per l'analisi bidimensionale dei clasti con software *ImageJ* e *QGIS*, finalizzata alla misura degli assi maggiori e intermedi, del grado di arrotondamento e del *sorting* (Kumara et al., 2012). In *CloudCompare* è stata condotta un'analisi tridimensionale sul settore inferiore del banco conglomeratico, calcolando parametri come sfericità, inclinazione, orientamento e direzione della paleo-corrente. I dati risultanti sono stati integrati in *QGIS* sotto forma di layer vettoriali georeferenziati, corredati di attributi morfometrici e direzionali.

3. RISULTATI

Il rilievo integrato *SfM* e *LiDAR* ha restituito un modello 3D ad alta risoluzione dell'affioramento, esteso per circa 8,10 m in lunghezza e fino a 2,69 m in altezza. Le analisi tessiturali e delle *litofacies* hanno evidenziato due porzioni principali: una inferiore, spessa circa 1,52 m, costituita da conglomerato clasto-sostenuto a matrice sabbiosa ben cementata, con clasti poligenici, arrotondati e di forma ellissoidale o sub-sferoidale, interpretabile come conglomerato massivo a matrice; e una superiore, spessa circa 1,26 m, composta da sabbia grossolana a molto grossolana, con matrice mal selezionata e struttura massiva, con stratificazioni visibili, riconducibile come sabbia massiva a matrice. L'analisi morfometrica (Tucker, 2011), condotta *in situ* e su ortofoto, ha indicato una granulometria moderatamente mal selezionata, con rapporti A/B (*aspect ratio*) tra 3,12 e 1,5 e forme prevalentemente ellittiche. L'analisi del livello inferiore ha restituito valori di sfericità, inclinazione e orientamento dei clasti,

mostrando una direzione preferenziale da Sud-Est verso Nord-Ovest, interpretabile come direzione di paleo-corrente.

4. DISCUSSIONE

L'affioramento analizzato può essere interpretato come parte di un corpo sedimentario pliocenico di margine bacinale, associabile ad un ventaglio alluvionale ad alta energia. Le caratteristiche tessiturali del livello inferiore, clasto-sostenuto e a matrice sabbiosa, con clasti sub-arrotondati e mal selezionati, sono compatibili con una *facies* di conglomerato massivo a matrice da flusso concentrato. La porzione superiore, sabbiosa e più omogenea, rappresenta verosimilmente una fase deposizionale a bassa energia (*facies* sabbia massiva a matrice).

Esso rappresenta un raro esempio di substrato geologico integrato nell'architettura storica senese, dove la roccia affiora strutturalmente in posto ed è inglobata senza mascheramenti. Questo fatto è coerente con quanto descritto in letteratura (Costantini and Martini, 2010), secondo cui l'edilizia senese medievale sfruttava attivamente le litologie locali: le arenarie plioceniche venivano impiegate per rivestimento nei paramenti, mentre i conglomerati, già presenti *in situ* come affioramenti compatti, venivano impiegati direttamente come piano d'imposta naturale delle costruzioni, costituendo una base solida e continua sulla quale edificare.

5. CONCLUSIONI

Lo studio dell'affioramento di conglomerato di Piazza San Giovanni ha messo in luce l'importanza di questo elemento come testimone geologico e urbano. Il rilievo 3D integrato dalle tecniche *SfM* e *LiDAR* ha consentito di descriverne con precisione la geometria e la composizione, mentre le analisi morfometriche hanno supportato l'interpretazione ambientale. La sua posizione e il suo stato di conservazione, uniti alla consapevolezza storica del suo utilizzo in campo edilizio, rafforzano

l'idea di una geodiversità urbana fossilizzata e l'affioramento non solo documenta la storia geologica del Bacino di Siena, ma rappresenta anche un nodo interpretativo tra morfologia naturale e costruzione storica, contribuendo a valorizzare il rapporto tra substrato e paesaggio costruito. Il metodo non invasivo adottato dimostra l'efficacia delle tecnologie geomatiche per studiare e valorizzare i geositi urbani, e il caso del banco di conglomerato di Piazza San Giovanni offre un modello replicabile per l'analisi di altri affioramenti inglobati in ambito cittadino.

BIBLIOGRAFIA

- CAUSARANO, M.A. (2018), *La cattedrale e la città. Il cantiere del duomo di Siena tra XI e XIV secolo*. All'Insegna del Giglio, Firenze.
- COSTANTINI, A., MARTINI, I.P. (2010), *Land-scape influence on the development of the medieval city-state of Siena*, Italy 23, 283–298.
- COSTANTINI, A., MARTINI, I.P. (2004), *Siena (Central Italy): Urban Geology, Art And History Of A Medieval Hilltop Town And Its Bottini (Underground Aqueduct) And Monumental Fountains*, in: *Field Trip Guide Book*. Presented at the 32nd International Geological Congress, APAT – Italian Agency for the Environmental Protection and Technical Services, Firenze, pp. 1–20.
- GUASPARRI, G. (1993), *I lineamenti geomorfologici dei terreni argillosi senesi*, in: *La Storia Naturale Della Toscana Meridionale*. Amilcare Pizzi Editore, Siena, pp. 89–106.
- KUMARA, J., HAYANO, K., OGIWARA, K. (2012), *Image Analysis Techniques on Evaluation of Particle Size Distribution of Gravel*. International Journal of GEOMATE 3, 290–297.
- LAZZAROTTO, A. (1993), *Elementi di Geologia*, in: *La Storia Naturale Della Toscana Meridionale*. Amilcare Pizzi Editore, Siena, pp. 19–88.
- LAZZAROTTO, A., PASCUCCI, V. (1998), *Aspetti geologici e geomorfologici del territorio senese*, in: *Le terre di Siena: La storia, l'arte e la cultura di una provincia unica*. Protagon Editori Toscana, Siena, pp. 151–187.
- TUCKER, M.E. (2011), *Sedimentary rocks in the field: a practical guide*. John Wiley & Sons.
- TUNWAL, M., LIM, A. (2023), *A Low-Cost, Repeatable Method for 3D Particle Analysis with SfM Photogrammetry*. Geosciences 13.

Viaggio in un flusso piroclastico: l'Ignimbrite Campana raccontata dalle grotte dell'agro aversano (Campania settentrionale, Italia)

Daniela Ruberti, Maria Assunta Fabozzi, Roberto Moretti

Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Aversa (CE)
E-mail: daniela.ruberti@unicampania.it

Journey into a pyroclastic flow: the history of the Campanian Ignimbrite as told by the caves of the Aversa countryside (northern Campania, Italy)

Parole chiave: Ignimbrite Campana, Campi Flegrei, Campania settentrionale, Cavità antropiche, Flusso piroclastico, Geoheritage, Geoturismo

Key words: Campanian Ignimbrite, Campi Flegrei, northern Campania, Anthropogenic cavities, Geoheritage, Geotourism

RIASSUNTO

La Pianura Campana (Italia meridionale) è un complesso sistema di horst e graben, con una copertura di sedimenti di origine alluvionale e costiera e al cui riempimento hanno contribuito anche gli apparati vulcanici del Roccamonfina (a nord) e dei Campi Flegrei e Somma-Vesuvio (a sud) (Fig. 1).

I prodotti più diffusi nella parte settentrionale della piana appartengono all'eruzione dell'Ignimbrite Campana (IC) (39 ka). L'IC è il più grande evento vulcanico esplosivo registrato in Europa negli ultimi 200.000 anni. È stata considerata una possibile causa del declino dei Neanderthal, implicando sebbene smentita, pur una potenziale influenza sull'evoluzione umana (Black *et al.*, 2015). I depositi dell'IC sono diffusi nel Mediterraneo e le sue ceneri sono state rinvenute nella Pianura Russa, a oltre 2500 km di distanza dalla sorgente. In particolare, l'IC è costituita soprattutto da depositi tufacei, che hanno ricoperto l'intera Piana Campana con una spessa unità vulcanoclastica, lateralmente continua. Questi depositi costituiscono il substrato della successiva sedimentazione olocenica (Ruberti *et al.*, 2020a).

Il tufo presenta spessori variabili con valori medi di 30-40 m, fino ad un massimo di circa 80 m nel casertano (a NE) e ai confini dell'area flegrea (a SW). L'origine dell'IC è molto dibattuta; l'ampia distribuzione di depositi di breccia litica prossimale associati all'IC su tutta la Pianura Campana ha suggerito che l'attività dell'IC è correlata a fessure attivate lungo le faglie neotettoniche

appenniniche. L'ipotesi di un'attività magmatica associata all'eruzione di IC distribuita in tutta la Pianura Campana è ovviamente in aperta contraddizione

con l'ipotesi di un unico evento ignimbritico localizzato ai Campi Flegrei e associato alla relativa caldera e suo primo collasso.

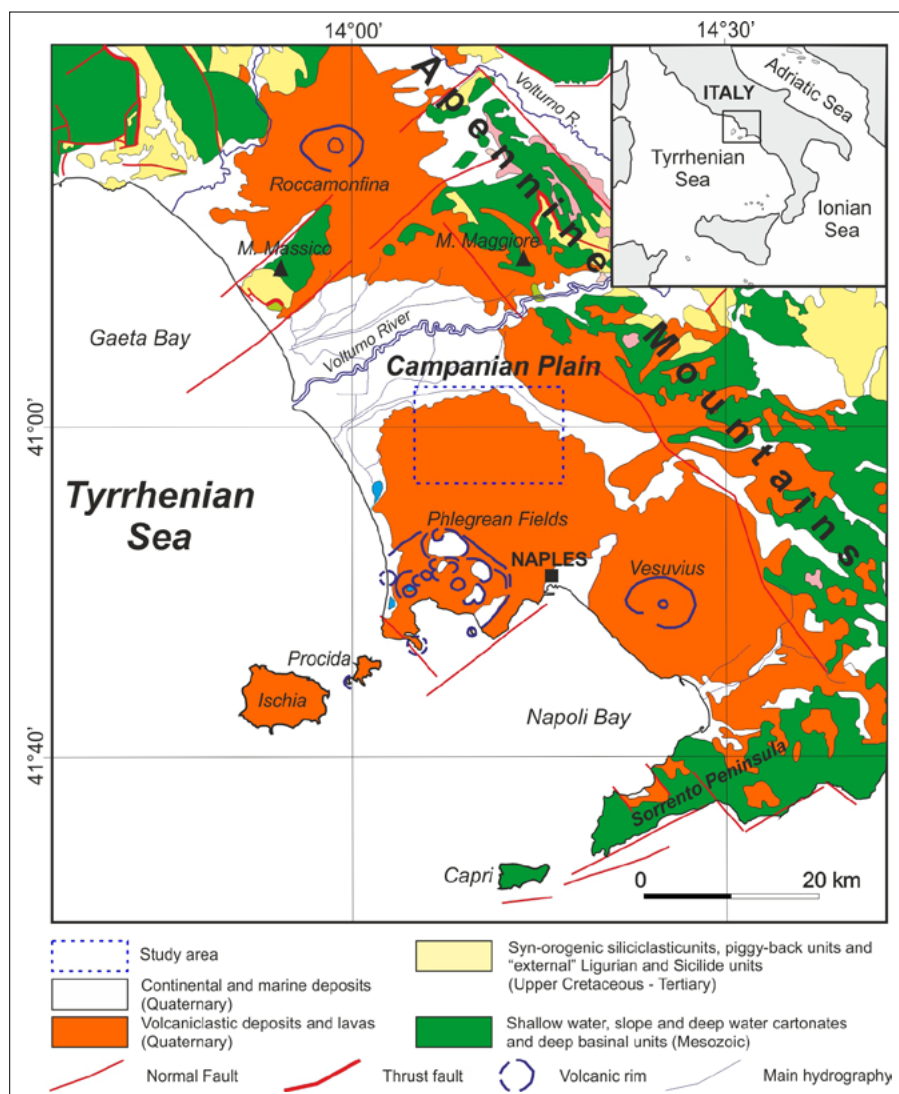


Figura 1. Carta geologica schematica della Piana Campana e ubicazione dell'area di studio (riquadro rosso)



Figura 2. Esempi di cavità artificiali in cui sono ben evidenti le caratteristiche litologiche dell'Ignimbrite Campana in cui sono scavate e il contatto con le unità piroclastiche sovrastanti

La storia vulcanologica di questo imponente fenomeno può essere letta attraverso un “viaggio nel sottosuolo” da percorrere attraverso le numerosissime cavità di origine antropica sviluppatesi, in millenni di storia, nel sottosuolo di questa regione. Nella Campania settentrionale, infatti, il centro storico di molti centri abitati è caratterizzato dalla presenza diffusa di cavità sotterranee derivanti dall'estrazione del tufo, ampiamente utilizzato nelle costruzioni antiche, medievali e moderne. Dalle strutture di età antica alle chiese e ai palazzi seicenteschi, passando per i conventi e le basiliche medievali, i tufi campani hanno rappresentato il materiale primario per lo sviluppo dei centri abitati e delle relative infrastrutture. Tra queste ultime, possiamo includere anche gli stessi ambienti sotterranei che rispondevano a diverse esigenze sociali, come la conservazione dei prodotti agricoli, la sepoltura dei defunti, il culto dei santi e le esigenze idrauliche generali dei centri abitati come il trasporto e l'immagazzinamento dell'acqua, sia piovana che sorgiva. Nel corso degli anni, la conversione di cavità artificiali sotterranee in siti turistici è aumentata e queste cavità, ormai riconosciute come “patrimonio sotterraneo”, rappresentano un prezioso oggetto di studio e una testimonianza insostituibile del rapporto storico e profondo tra l'umanità e il suo territorio. L'attività estrattiva può infatti stabilire connessioni con la storia locale, enfatizzando l'impiego della risorsa lapidea negli edifici, comprese le abitazioni e la conversione ad altri usi. Recenti osservazioni da parte degli autori, inoltre, hanno evidenziato interessanti variazioni nelle caratteristiche vulcanologiche della formazione ignimbritica (Vigliotti e Ruberti, 2018; Ruberti *et al.*, 2020b), ben evidenti negli

ampi scavi in sotterraneo presenti lungo due transetti NW-SE e SW-NE, che offrono una “visione” spazio-temporale del flusso piroclastico e dei suoi successivi prodotti e forniscono pertanto importanti spunti di riflessione sull'origine controversa di questo evento (Fig. 2).

In tale ottica, questi ambienti sotterranei rappresentano un patrimonio culturale di inestimabile valore non solo per la tutela e la valorizzazione del patrimonio architettonico, artistico e paesaggistico, ma anche in termini di testimonianza della storia geologica del territorio, sia da un punto di vista naturalistico che di origine ed utilizzo delle risorse naturali, ponendosi quindi come interfaccia tra patrimonio geologico e culturale, la cui lettura fornisce una ricca risorsa di materiale geologico e aggiunge valore per scopi educativi e geoturistici urbani, essendo quest'ultimo un settore emergente del turismo sostenibile in molte parti del mondo, inclusa l'Italia (Vigliotti *et al.*, 2023).

BIBLIOGRAFIA

- BLACK B.A., NEELY R.R., MANGA M. (2015), *Campanian Ignimbrite volcanism, climate, and the final decline of the Neanderthals*. *Geology*, 43 (5): 411–414. doi: [10.1130/G36514.1](https://doi.org/10.1130/G36514.1)
- RUBERTI D., VIGLIOTTI M., ROLANDI R., DI LASCIO M. (2020a), *Effect of palaeomorphology on facies distribution of the Campania Ignimbrite in the northern Campania Plain, southern Italy*. In: DE VIVO B., BELKIN H.E., ROLANDI G. (Eds.): *Vesuvius, Campi Flegrei and Campanian Volcanism*. Elsevier, ISBN:9780128164549. Chapter 9, 207–229. Doi [10.1016/B978-0-12-816454-9.00009-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816454-9.00009-2)
- RUBERTI D., LOSCO S., VIGLIOTTI M., GUARINO P. M. (2020b), *Modello geologico tridimensionale del sottosuolo e dello sviluppo delle cavità in un'area fortemente urbanizzata della Campania settentrionale*. In: Galeazzi C., Madonia P. (a cura di)

“IX Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali (Palermo) - 20 Marzo 2020”. *Opera Ipogea*, 1-2, 229–236. ISSN 1970-9692

VIGLIOTTI M., FABOZZI M.A., BUFFARDI C., RUBERTI D. (2023), *Artificial Cavities in the Northern Campania Plain: Architectural Variability and Cataloging Challenge*. *Heritage*, 6, 5500–5515. Doi [10.3390/heritage6070289](https://doi.org/10.3390/heritage6070289)

VIGLIOTTI M., RUBERTI D. (2018), *Grey Tuff and anthropogenic tuff cavities in the Southern metropolitan area of Caserta (Southern Italy)*. *Alpine and Mediterranean Quaternary* (v. 31): Past, Present, Future - AIQUA Conference, Florence, 13-14/06/2018), 35 - 38; ISSN (print): 2279-7327, ISSN (online): 2279-7335

Un approccio spazialmente esplicito alla resilienza urbana: il contributo dell'indicatore di geodiversità

A spatially explicit approach to urban resilience: The contribution of the geodiversity indicator

Ekaterina Tarasova, Federica Fiorucci, Massimiliano Alvioli

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Perugia

E-mail: ekaterinatarasova@cnr.it

Parole chiave: Resilienza urbana, Indicatori di sostenibilità, Dati geospaziali open, Analisi GIS, Geodiversità urbana

Key words: Urban resilience, Sustainability indicators, Open geospatial data, GIS processing, Urban geodiversity

INTRODUZIONE

Le aree urbane sono al centro degli sforzi globali per la sostenibilità. Esse affrontano sfide legate ai cambiamenti climatici, all'esaurimento delle risorse, alle disuguaglianze sociali e al degrado ambientale (United Nations, 2015; Choucri *et al.*, 2007). Sebbene le città occupino solo il 4% del territorio dell'UE, ospitano il 75% della popolazione e generano oltre il 70% delle emissioni di CO₂. La loro struttura spaziale, le caratteristiche naturali di base e le dinamiche d'uso del suolo rendono le città contesti cruciali per affrontare strategie sia di mitigazione che di adattamento.

La geodiversità, intesa come la varietà di elementi geologici, geomorfologici e pedologici, rappresenta un fattore chiave, sebbene spesso trascurato, nella costruzione della resilienza urbana (Burnelli *et al.*, 2025a). Essa influisce sull'esposizione ai rischi naturali, sulla qualità degli habitat, sulla regolazione delle acque e sulla distribuzione delle infrastrutture verdi, tutti aspetti centrali per la sostenibilità urbana (Tukiainen *et al.*, 2023). In quest'ottica, approcci integrati e che includano la geodiversità risultano sempre più necessari per orientare la pianificazione basata su evidenze scientifiche e il design urbano orientato al clima (Beierkuhnlein *et al.*, 2025).

In questo studio, presentiamo una procedura quantitativa, riproducibile e interdisciplinare per valutare la resilienza urbana in 83 città italiane, utilizzando dati geospaziali e ambientali aperti. La procedura comprende 14 indicatori spaziali organizzati in cinque ambiti tematici: (i) natura e bio-geodiversità (nel seguito, NB), (ii) rischi naturali (NH), (iii) inquinamento (A), (iv) trasporti (T)

e (v) accessibilità sociale (S). La geodiversità è esplicitamente inclusa sia come indicatore autonomo sia come variabile trasversale che influenza più domini (Tarasova and Alvioli, 2025).

Questo approccio sostiene gli obiettivi della Missione UE per le città e offre uno strumento trasferibile per valutare e confrontare le condizioni urbane in tutta Europa. Integrando la geodiversità nelle valutazioni di sostenibilità, la procedura rafforza la base per una trasformazione urbana inclusiva, resiliente e basata sulla natura.

MATERIALI E METODI

Questo studio si concentra su 83 Aree Urbane Funzionali (FUA) in Italia. Sono stati utilizzati dataset open-access provenienti da fonti europee e nazionali, garantendo sia alta risoluzione sia riproducibilità metodologica. Tutti i dataset sono stati proiettati in EPSG:3035, integrati ed analizzati spazialmente in ambiente GRASS GIS con procedure automatiche, per garantire comparabilità e riproducibilità.

Nel gruppo NB, sono stati misurati la copertura della chioma forestale (NB₁) e quella degli habitat naturali (NB₂) utilizzando Urban Atlas e dati delle aree protette UE. La biodiversità (NB₃) è stata derivata dalla presenza di specie nelle zone protette; la geomorfodiversità (NB₄) da aree ad alto indice (Burnelli *et al.*, 2023; Burnelli *et al.*, 2025b); la frammentazione (NB₅) da metriche delle macchie verdi; e l'effetto isola di calore urbano (NB₆) dai contrasti termici Landsat 8.

I rischi naturali sono stati valutati attraverso un indice composito che integra sismicità (NH₁), alluvioni (NH₂)

e suscettibilità a colate e cadute di massi (NH₃).

Per l'inquinamento atmosferico, la qualità dell'aria (A₁) è stata calcolata riclassificando le mappe di PM_{2,5} e NO₂ in cinque classi, mediandole e riclassificando il risultato.

L'accesso ai trasporti (T₁) è stato stimato dalla prossimità della popolazione alle fermate del trasporto pubblico utilizzando dati OSM e Urban Atlas.

Gli indicatori sociali comprendono la popolazione vicina a spazi verdi (S₁), corsi d'acqua (S₂) e servizi pubblici (S₃), tutti basati su analisi buffer. Sono state inoltre calcolate l'area impermeabile (S₄) e l'estensione urbana basata su dati (S₅) (Alvioli M., 2020) per rappresentare forma e densità urbana.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Attraverso strumenti GIS e dati liberi, abbiamo mappato 14 indicatori in 83 Aree Urbane Funzionali italiane. Oltre alle mappe spaziali, sono stati compilati valori numerici normalizzati per ciascun indicatore, al fine di confrontare città e regioni (Fig. 1). Le aggregazioni a livello cittadino e macro-regionale (Nord-Ovest, Nord-Est, Centro, Sud, Isole) evidenziano pattern chiari. Le città nelle regioni del Nord-Ovest e del Sud mostrano punteggi più elevati in geomorfodiversità, spesso associati a una minore densità urbana e a una topografia più complessa. Al contrario, le aree urbane del Nord-Est, soprattutto nelle zone alluvionali più pianeggianti, presentano una geomorfodiversità inferiore e una maggiore frammentazione.

Queste differenze spaziali influenzano la continuità ecologica e la capacità di mitigazione climatica, soprattutto se

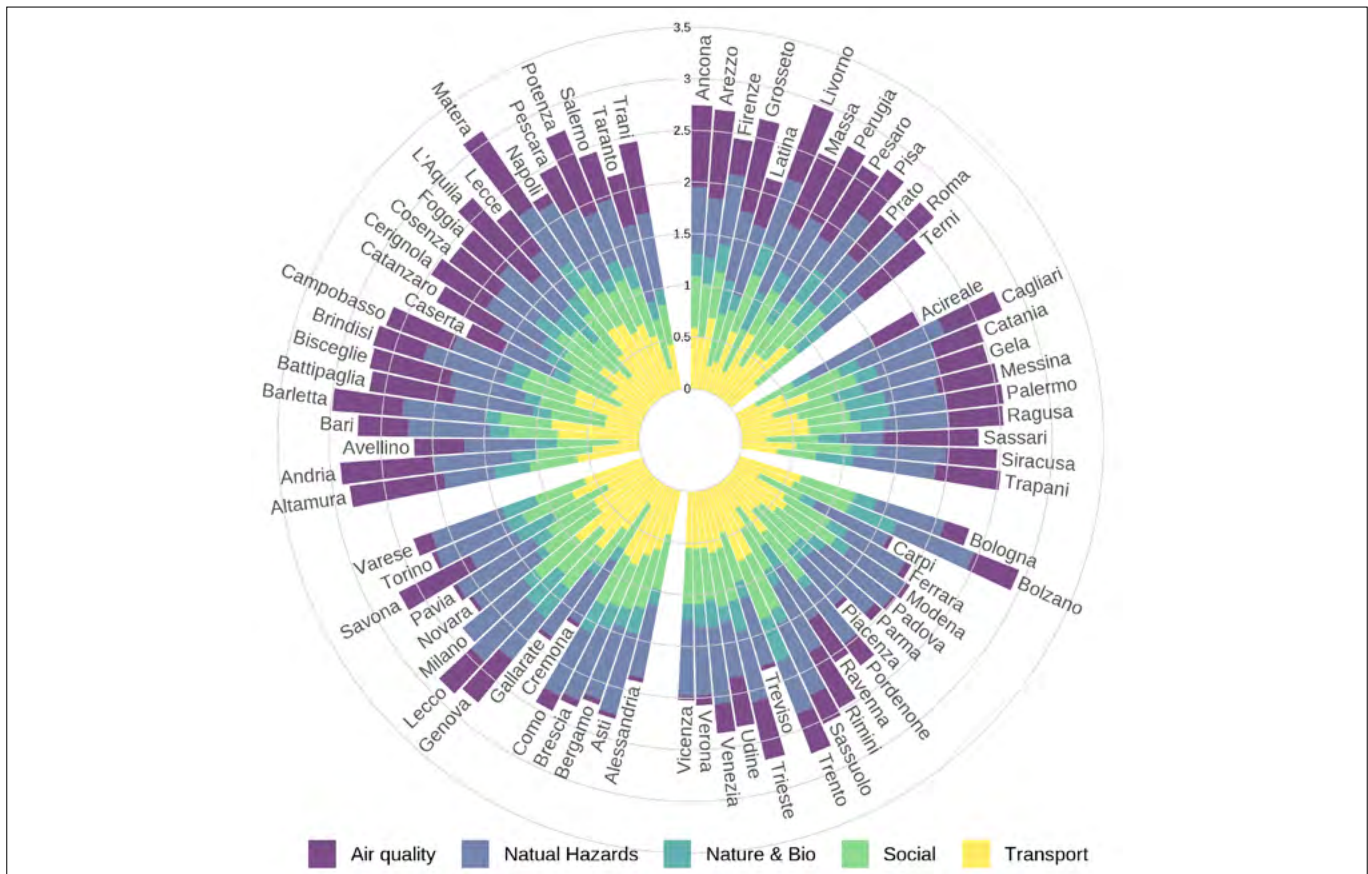


Figura 1. Confronto dei punteggi aggregati per gruppi di indicatori in 83 aree urbane italia-ne. I diversi colori denotano i cinque sottogruppi considerati in questo lavoro, che si sommano per fornire il valore del punteggio finale.

sovrapposte ad indicatori quali l'esposizione al calore e la distribuzione delle infrastrutture verdi. Il Centro e le Isole italiane ottengono i punteggi più alti negli indicatori legati alla natura (NB_1 – NB_6), probabilmente grazie a una maggiore continuità del paesaggio e a un minore consumo di suolo. I punteggi relativi ai rischi naturali variano meno, risultando leggermente più elevati nell'area Insulare per fattori geofisici. La qualità dell'aria mostra un gradiente nord-sud, con valori peggiori nella Pianura Padana industriale. Le città del Nord ottengono risultati migliori negli indicatori di trasporto (T_1) e sociali (S_1 – S_3), riflettendo una più ampia copertura infrastrutturale.

Gli indicatori selezionati sono in linea con le politiche europee quali la Strategia per la Biodiversità 2030, il Piano d'Azione per l'Inquinamento Zero e la Strategia UE per l'Adattamento Climatico. Indicatori come la copertura forestale (NB_1), gli habitat naturali (NB_2), la biodiversità (NB_3) e la geodiversità (NB_4) supportano direttamente gli obiettivi di ripristino degli ecosistemi e di miglioramento delle infrastrutture verdi urbane. La qualità dell'aria (A_1) riflette gli obiettivi di riduzione dell'inquinamento, mentre gli indicatori sul trasporto sostenibile (T_1) e l'accessibilità a spazi verdi e acque (S_1 , S_2) sono coerenti con l'SDG 11 e il New European Bauhaus. Insieme,

questi indicatori costituiscono un quadro operativo per monitorare i progressi verso la neutralità climatica nell'ambito della Missione Città UE.

CONCLUSIONI

Questo studio presenta un insieme di indicatori per valutare la sostenibilità e la resilienza urbana in 83 città italiane, utilizzando dati geospaziali aperti. L'integrazione della geodiversità insieme a biodiversità, copertura degli habitat e rischi ambientali evidenzia il suo valore nella comprensione dei modelli spaziali della resilienza urbana.

I risultati mostrano forti contrasti regionali, con il Centro e le Isole d'Italia che presentano maggiore geodiversità e continuità ecologica, a supporto di un migliore potenziale di adattamento climatico. Tutti i dati sono accessibili tramite una piattaforma WebGIS dedicata (<https://urgere-project.irpi.cnr.it/webgis/>), che offre esplorazione visiva e tabellare dei dati e fornisce strumenti pratici per la valutazione delle politiche e la pianificazione, sottolineando l'importanza di includere la geodiversità nelle strategie urbane sostenibili.

ACKNOWLEDGMENTS

Research supported by MUR PRIN Project "URGERE: URban Geodiversity for a Resilient Environment" 2022M7EP3M_

PE10_PRIN2022 - PNRR M4.C2.1.1 - Funded by the European Union - Next Generation EU - CUP: B53D23007260006.

BIBLIOGRAFIA

- ALVIOLI M. (2020), *Administrative boundaries and urban areas in Italy: a perspective from scaling laws*, Landscape and Urban Planning, n. 204.
- BEIERKUHNLEIN C., et alii (2025), *Towards a comprehensive geodiversity-biodiversity nexus in terrestrial ecosystems*, Earth-Science Reviews, p. 105075.
- BURNELLI M., et alii (2023), *Land surface diversity: a geomorphodiversity index of Italy*, Earth Surface Processes and Landforms, v. 48, n. 15, pp. 3025–3040.
- BURNELLI M., et alii (2025a), *Does anthropogenic morphogenesis contribute to geomorphodiversity in urban environments?*, Geomorphology, v. 471, p. 109582.
- BURNELLI M., et alii (2025b), *Geomorphodiversity and anthropization indices for Italian urban areas*, Geomorphology, v. 471, p. 109532.
- CHOUCRI N. (2007), *Mapping sustainability*. In: CHOUCRI N. (ed.), *Mapping Sustainability: Knowledge e-Networking and the Value Chain*, Springer, Dordrecht, pp. 3–28.
- TARASOVA E., ALVIOLI M. (2025), *Measuring resilience of urban areas using public data and a reproducible approach*. EGU General Assembly Conference Abstracts, 11618.
- TUKIAINEN H., et alii (2023), *Geodiversity and biodiversity*.
- UNITED NATIONS (2015), *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Il Cratere del Castiglione e la città di Gabii: geodiversità, risorse litiche e potenzialità di valorizzazione nel contesto urbano del VI Municipio di Roma

The Castiglione Crater and the ancient City of Gabii: geodiversity, lithic resources, and valorization potential within Rome's VI Municipality

Parole chiave: maar, Colli Albani, geosito, georisorse, paesaggio culturale
Key words: maar, Colli Albani, geosite, georesources, cultural landscape

Arianna Testa¹, Fedra Gianoglio², Marco Facciolo³, Andrea Ferrando⁴, Alessia Pica⁵

¹Dipartimento SPFS, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"

²Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università di Genova

³Dipartimento di informatica, bioingegneria, robotica e ingegneria dei sistemi - DIBRIS - Corso di Dottorato in Sicurezza, Rischio e Vulnerabilità, Università di Genova

⁴Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia

⁵Dipartimento di Scienze della Terra, Sapienza Università di Roma

*E-mail: arianna.testa@uniroma2.it

Il Cratere del Castiglione, noto anche come Valle di Castiglione, è un *maar* situato nel VI Municipio di Roma. Si tratta di un cratere eccentrico appartenente al distretto vulcanico dei Colli Albani, situato in posizione settentrionale rispetto all'edificio vulcanico principale, la cui genesi è legata all'attività freatomagmatica del terzo ciclo Tuscolano-Artemisio (Casto e Zarlunga, 1996).

Il bordo del cratere, di circa 1,3 km di diametro, è ben conservato nella sua parte orientale, dove raggiunge la sua massima elevazione (100 m s.l.m.), mentre a SO è stato eroso (Caricchi *et al.*, 2021).

I prodotti vulcanici di questo cratere consistevano in cineriti e sabbie di evidente origine idromagmatica, con lapilli accrezionari e impronte d'impatto. Il fondo del cratere è occupato da depositi lacustri, alternati a sabbie vulcaniche, con abbondante presenza di fauna di acqua dolce.

Il Lago di Castiglione (o *Lacus Buranus*) occupava il cratere, fu bonificato definitivamente dai Borghese nel XIX sec. per scopi agricoli, dopo un tentativo precedente, e oggi è un'area destinata all'agricoltura, che può temporaneamente tornare ad essere acquitrinosa in seguito a forti piogge.

Il cratere è strettamente legato alla storia della città di Gabii (Angle *et al.*, 2012), che, secondo la tradizione, fu fondata dai Latini e poi conquistata da Roma alla fine dell'età monarchica.

Durante l'epoca romana, in quest'area veniva estratto il *lapis gabinus*, una pietra ampiamente utilizzata per opere edilizie e infrastrutturali (Macrì *et al.*, 2023).

Questo contesto testimonia l'intreccio profondo tra geodiversità e paesaggio storico-culturale.

Se da un lato il patrimonio storico e archeologico del Cratere di Castiglione è riconosciuto e valorizzato, con l'istituzione del Parco Archeologico di Gabii (Soprintendenza Speciale di Roma), il suo potenziale come elemento del patrimonio geologico non sembra ancora pienamente conosciuto e considerato nei processi di valorizzazione e pianificazione territoriale.

Questo nonostante una ricca bibliografia scientifica, riguardante sia gli aspetti geologici e vulcanologici del sito (e.g. Marra *et al.*, 2003), sia la caratterizzazione dei materiali lapidei lì estratti in epoca storica (Jackson *et al.*, 2005), sia l'analisi dei sedimenti lacustri dell'ex Lago di Castiglione, utilizzati anche per ricostruzioni paleoclimatiche e paleobotaniche (Narcisi *et al.*, 1992; Macrì *et al.*, 2023).

Il Cratere di Castiglione era stato censito all'interno dell'inventario di geositi della Agenzia Regionale per i Parchi Lazio (Fattori e Mancinella, 2007), successivamente alla proposta pubblicata da Casto e Zarlunga (1996), è elemento della Rete dei Geositi del Lazio (Mancinella *et al.*, 2019) e del Catasto dei geositi della Regione Lazio (Mantero *et al.*, 2025), tuttavia non compare nell'Inventario Nazionale dei Geositi gestito dall'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA). La valorizzazione del Cratere di Castiglione come geosito può avere una funzione strategica nella promozione della geodiversità in ambito metropolitano.

Il presente contributo propone quindi un'analisi qualitativa del valore scientifico e dei valori addizionali (culturale, educativo, estetico, turistico etc.) del Cratere di Castiglione, al fine del suo riconoscimento come geosito. La ricerca è stata condotta per mezzo di un'analisi bibliografica interdisciplinare, integrata poi con rilevamenti di dettaglio sul terreno. Si è poi proceduto alla definizione di azioni strategiche per la valorizzazione e la divulgazione del sito, tramite un primo coinvolgimento degli attori locali.

In base alle analisi effettuate, il sito manifesta un potenziale significativo sotto il profilo scientifico, educativo, culturale e paesaggistico, che ne rendono opportuna la candidatura all'inventario nazionale dei geositi ISPRA, al fine di promuoverne la tutela e la valorizzazione in chiave interdisciplinare. Il caso del Cratere del Castiglione evidenzia come anche in ambito metropolitano possano esistere contesti geologici di grande valore, ancora non conosciuti come geositi, che potrebbero diventare strumenti attivi per aumentare la consapevolezza sul patrimonio geologico, in linea con gli obiettivi promossi dalla Giornata UNESCO della Geodiversità.

The Castiglione Crater, also known as Valle di Castiglione, is a maar located in Rome's VI Municipality. It's an eccentric crater belonging to the Alban Hills volcanic district, situated north of the main volcanic edifice. Its genesis is linked to the phreatomagmatic activity of the third Tuscolano-Artemisio cycle

(Casto and Zarlenga, 1996). The crater rim, approximately 1.3 km in diameter, is well-preserved in its eastern part, where it reaches its maximum elevation (100 m a.s.l.), while to the southwest it has been eroded (Caricchi *et al.*, 2021). The volcanic products of this crater consisted of ash and sands of clear hydromagmatic origin, with accretionary lapilli and impact marks. The bottom of the crater is filled with lacustrine deposits, alternating with volcanic sands, with an abundant presence of freshwater fauna.

Lake Castiglione (or Lacus Buranus), definitively reclaimed by the Borghese family in the 19th century for agricultural purposes, after an earlier attempt, is now an agricultural area that can temporarily become marshy after heavy rains.

The crater is closely linked to the history of the city of Gabii (Angle *et al.*, 2012), which, according to tradition, was founded by the Latins and later conquered by Rome at the end of the monarchical age. During the Roman era, lapis gabinus, a stone widely used for building and infrastructure works (Macri *et al.*, 2023), was extracted in this area. This context demonstrates the profound intertwining of geodiversity and the historical-cultural landscape.

While the historical and archaeological heritage of the Castiglione Crater is recognized and valorized with the establishment of the Archaeological Park of Gabii (Special Superintendence of Rome), its potential as an element of geological heritage does not yet seem to be fully known and considered in valorization and territorial planning processes. This is despite a rich scientific bibliography concerning both the geological and volcanological aspects of the site (e.g., Marra *et al.*, 2003), the characterization of the lithic materials extracted there in historical times (Jackson *et al.*, 2005), and the analysis of the lacustrine sediments of the former Lake Castiglione, also used for paleoclimatic and paleobotanical reconstructions (Narcisi *et al.*, 1992; Macri *et al.*, 2023).

The Castiglione Crater was surveyed within the inventory of geosites of the Lazio Regional Parks Agency (Fattori and Mancinella, 2007), subsequent to the proposal published by Casto and Zarlenga (1996). It is an element of the Lazio Geosite Network (Mancinella *et al.*, 2019) and the Cadastre of Lazio Geosites (Mantero *et al.*, 2025), however, it does not appear in the National Inventory of Geosites managed by the Italian Institute for Environmental

Protection and Research (ISPRA). The valorization of the Castiglione Crater as a geosite can play a strategic role in promoting geodiversity in a metropolitan context.

This contribution therefore proposes a qualitative analysis of the scientific value and additional values (cultural, educational, aesthetic, tourist, etc.) of the Castiglione Crater, with the aim of its recognition as a geosite. The research was conducted through an interdisciplinary bibliographic analysis, then integrated with detailed field surveys. Strategic actions for the valorization and dissemination of the site were then defined, through initial involvement of local stakeholders.

Based on the analyses carried out, the site shows significant potential from a scientific, educational, cultural, and landscape perspective, making its nomination to the ISPRA national geosite inventory appropriate, in order to promote its protection and interdisciplinary valorization. The case of the Castiglione Crater highlights how even in metropolitan areas, geological contexts of great value can exist, still unrecognized as geosites, which could become active tools to increase awareness of geological heritage, in line with the objectives promoted by UNESCO Geodiversity Day.

BIBLIOGRAFIA

- ANGLE M., DE GROSSI MAZZORIN J., FIORENTINO G., GENOVESI I., GUIDI A., PIRO S., RECCHIA G., SILVESTRINI M., TALAMO P. (2012), *Seppellimenti: tombe e fosse rituali nel sito preistorico di Pantano Borghese (Montecompatri, Roma)*, in GIUSEPPINA GHINI E ZACCARIA MARI (a cura di), *Lazio e Sabina*. Atti del Convegno (Roma, marzo-aprile 2011), vol. 8, Roma, Edizioni Quasar, 2012, ISBN 978-88-7140-476-9.
- CARICCHI C., MAZZINI I., SMEDILE A. (2021), *Il cratere di Castiglione: una chiave per capire il clima del passato*. INGVambiente. <https://ingvambiente.com/2021/03/12/il-cratere-di-castiglione-una-chiave-per-capire-il-clima-del-passato/>.
- CASTO L., ZARLENGA F. (1996), *I beni culturali a carattere geologico nel Distretto Vulcanico Albano*. Enea, Reg. Lazio.
- FATTORI C., MANCINELLA D. (a cura di) (2007), *Regione Lazio: inventario dei geositi nel territorio regionale*. Banca Dati Geositi dell'Agenzia Regionale per i Parchi del Lazio.
- JACKSON M. D., MARRA F., HAY R. L., CAWOOD C., WINKLER, E. M. (2005), *The judicious selection and preservation of tuff and travertine building stone in ancient Rome*. Archaeometry, 47(3), 485-510. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2005.00215.x>
- MACRÌ P., SMEDILE A., MINELLI L., SIRAVO G., CARICCHI C., SCATENI B., DI ROBERTO A., RE G., NICOLOSI I., D'AJELLO CARACCIOLLO F., GIACCIO B. (2023), *Setting the basis for a high-resolution record of the late Quaternary to present climate variability from Castiglione maar, central Italy: first results from AMUSED project*. Quaternary International, 671, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.09.016>.
- MANCINELLA D., MANTERO D., TESTARDI M. (2019), *La Rete per la tutela della Geodiversità della Regione Lazio - Atti Conv. "Il Patrimonio Geologico, una risorsa scientifica, paesaggistica, culturale e turistica"*, Bologna 2018, 12-15.
- MANTERO D., FATTORI C., MANCINELLA D., TESTARDI M. (2025), in: *Il Catasto dei Geositi del Lazio: un percorso tra tutela e proposte per una lettura interpretativa*. SIGEA.
- MARRA F., FREDA C., SCARLATO P., TADDEUCCI J., KARNER D. B., RENNE P. R., GAETA M., PALLADINO D. M., TRIGILA R., CAVARRETTA, G. (2003), *Post-caldera activity in the Alban Hills volcanic district (Italy): 40Ar/39Ar geochronology and insights into magma evolution*. Bulletin of Volcanology, 65(4), 227-247. <https://doi.org/10.1007/s00445-002-0255-9>.
- NARCISI B., ANSELMINI B., CATALANO F., DAI PRA G., MAGRI G. (1992), *Lithostratigraphy of the 250,000 year record of lacustrine sediments from the Valle di Castiglione crater, Roma*, Quaternary Science Reviews, Volume 11, Issue 3, 1992, pp. 353-362, ISSN 0277-3791, [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(92\)90006-T](https://doi.org/10.1016/0277-3791(92)90006-T).
- SCATENI B., DI VINCENZO G., RE G., GIACCIO B., SIRAVO G., SMEDILE A., MACRÌ P., DI ROBERTO A. (2024), *A high-resolution tephra record from Castiglione maar reveals the timing and unveils cryptic eruptions over the most recent volcanic activity at Colli Albani, central Italy*. Quaternary Science Reviews, 344, 108989. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108989>.
- SOPRINTENDENZA SPECIALE DI ROMA (2025), *Area Archeologica di Gabii*. https://www.soprintendenzaspecialeroma.it/schede/area-archeologica-di-gabii_3005/, consultato in Luglio 2025.

Paesaggio, geomorfologia e testimonianze storico-culturali della collina “Castello” di Gravina (Puglia)

Pietro Ubbriaco

SIGEA-APS Sezione Puglia, già
Ricercatore/Docente Politecnico di Bari,
DICATECh

E-mail: pietroubbriaco@gmail.com

Landscape, geomorphology, and historical-cultural evidence of the “Castello” hill in Gravina (Apulia Region)

Parole chiave: paesaggio, geomorfologia, testimonianze storiche

Key words: landscape, geomorphology, historical evidence

RIASSUNTO

La collina “Castello”, a nord dell’ambito urbano di Gravina in Puglia, costituisce un modesto rilievo collinare (440 m slm) su cui insiste il Castello medioevale che viene ascripto al periodo Normanno-Svevo (1), le notizie storiche circa la struttura castellare sono scarse e non ci sono studi e ricerche riguardanti altre strutture come acquedotti, muri che delineano i terrazzamenti dei versanti, le correlazioni con i corsi d’acqua presenti nell’intorno della collina inoltre manca un inquadramento paesaggistico che invece ritengo svolgesse un ruolo importante per il sito sia nel medioevo che nel periodo più antico.

PAESAGGIO

Nello studio del paesaggio bisogna considerare un più ampio territorio che comprende l’imponente “Altopiano delle Murge” il cui “Costone” si allunga, alcuni km più a nord, da “Murgia Castiglione” verso nord-ovest intersecando “Murgia Lamapera” (670 msl) sino all’estremità di “Murgia Poggio Senarico” (650 m slm) “Monte Posa” (602 m slm) (2,3,4). In particolare il lungo “Costone”, di circa 30 km, è strategico per tutta la Regione Pugliese e risulta visibile dalla collina “Castello” e dalle relative strutture presenti sul sito principale. La collina “Castello” risulta strategica anche per rapportarsi ai più lontani rilievi

montuosi Lucani (a sud e ovest), Calabresi (a sud e sud-ovest) e Campani (ad ovest e sud-ovest). L’area collinare evidenzia alcune singolarità geologiche, concentrate nel limitato raggio intorno al pianoro sommitale, infatti si rilevano diverse formazioni rocciose: subito a sud e ad ovest la roccia calcarea (Calcere di Altamura), a sud-est la roccia calcarenitica (Calcarenite di Gravina), ad est del Castello si riconosce un deposito di Conglomerato d’Irsina, a maggior distanza si rileva la formazione argillosa. Sui versanti della collina è possibile delineare lunghi terrazzamenti bordati da muri a secco e nell’insieme è possibile ascriverli anche a periodi precedenti a



Figura 1. Collina Castello medioevale (Gravina in Puglia)



Figura 2. Acquedotto di Pozzo Pateo che si sviluppa sul fianco est della collina Castello

quello medioevale di realizzazione del Castello. Alcune strutture idrauliche come acquedotti, pozzi, cisterne unitamente alle testimonianze architettoniche del Castello medioevale e di altri riferimenti presenti a sud del pianoro sommitale, come ville e chiese, indicano l'importante ruolo della risorsa idrica nel corso dei secoli. In particolare l'acquedotto di "Pozzo Pateo" si sviluppa dall'area sorgentizia, enucleabile dall'estremità collinare est, verso sud per raggiungere l'area "Villa Margherita". L'acquedotto, realizzato principalmente in conci di tufo (Calcarenite di Gravina), è costituito da una stretta galleria a volta e continua a svilupparsi intersecando una incisione. Tale incisione/corso d'acqua s'indirizza verso sud-ovest, nell'ammasso roccioso calcareo, dove via via diventa un avvallamento marcato/Lama, per tale sistema è possibile ipotizzare un modellamento artificiale sulle sponde per ottenere una sorta di vaso/diga e quindi una grande disponibilità d'acqua per la sosta degli animali e per altre lavorazioni (es. lavorazione dei metalli, produzione calce viva, ecc.). Nell'area Grotte Solagne/Capo Tenda insistono diverse vecchie fornaci da Calce (3). Anche le strutture

del Castello, a livello del grande vano sotterraneo, si configurano come una grande vasca di accumulo dell'acqua.

CONCLUSIONI

La collina "Castello" si qualifica come un ambito ricco per la valenza ambientale e la valenza storico-culturale, oltre alla struttura dello stesso Castello medioevale emerge il ruolo importante del rilievo e del suo intorno singolare per idrografia, paesaggio e presenza diffusa di testimonianze murarie ed opere idrauliche; l'insieme delle strutture richiede un pronto intervento di recupero e restauro per salvaguardare un importante sito dell'antichità.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- NARDONE D. (1941), *Notizie storiche sulla città di Gravina (dalle sue origini all'unità italiana)*, Casa editrice Macri Bari.
- UBBRIACO P. (2005), *Il sito di Masseria San Mauro e l'Alta Murgia: Ambiente e Testimonianze storico-culturali*, sede Ente Parco Nazionale dell'Alta Murgia, Gravina in Puglia, 21/09/2005.
- UBBRIACO P. (2012), *Fuori dai banchi... Esploro l'ambiente*, Centro Studi Terre

dell'Altopiano, Gravina (BA), Marzo 2012, Tipografia Eurografica.

UBBRIACO P. (2023), *Il sito di San Mauro: Paesaggio, Ambiente, Prospettive*, Convegno di studi Fondazione E. Pomarici Santomasi – Monastero Santa Sofia – Gravina in Puglia, 10/11/2023.

Le modificazioni storiche del Canale dell'Asso nell'area urbana di Nardò (Provincia di Lecce)

Historical modifications of Canale dell'Asso in the Nardò urban area (Province of Lecce)

Andrea Vitale

Geologo

E-mail: vitaleandrea@inwind.it

Giovanni De Cupertinis

Architetto

Paolo Sansò

DISTEBA, Università del Salento

Parole chiave: reticolo endoreico, pericolosità idraulica, Nardò, Puglia meridionale
Key words: endorheic network, flood hazard, Nardò, southern Apulia

Nel gennaio del 2007 la realizzazione di uno scavo per la posa di sottoservizi nei pressi della Chiesa di San Cosimo, alla periferia settentrionale del centro abitato di Nardò (Provincia di Lecce), ha permesso di osservare i resti di una struttura antropica costituita da tre basse arcate realizzate in conci di calcarenite locale (Fig. 1).

Questa struttura è puntualmente riportata nelle vedute storiche della città (Fig. 2). Nella veduta del Tafuri (1735) si distingue la strada che, uscendo dall'an-

tica Porta San Paolo (oggi non più esistente), costeggia il tempietto dell'Ossanna e la Chiesa della Carità con il suo campanile, per poi proseguire verso nord in direzione di Copertino, attraversando un ponticello in muratura a tre arcate. In primo piano, proprio in corrispondenza del ponticello è rappresentata la chiesa di San Cosimo con il suo piccolo campanile a vela. Le fonti storiche indicano che, in epoca remota, presso questo ultimo sito si trovava una semplice edicola sacra con l'immagine della Vergine,

meta di fedeli. Nel 1330, su iniziativa del barone Guido Danieli, fu edificata una chiesetta successivamente dedicata a Santa Maria del Ponte (Mazzarella, 1999), destinata a diventare un punto di riferimento per chi giungeva a Nardò.

Il ponte che conferiva alla chiesa la sua denominazione non era un semplice elemento funzionale, ma una struttura fondamentale per il transito, la cui importanza è confermata dai numerosi interventi documentati nei secoli successivi. Fu infatti ricostruito nel 1594 dal maestro Nicola Pugliese, mentre nel corso dell'Ottocento il ponte fu oggetto di ripetuti lavori: nel 1842 l'ingegnere Benedetto Torsello progettò il rifacimento con breccie del tratto di strada basolata, nel 1855 l'architetto Gregorio Nardò curò una nuova sistemazione del muro sulla strada del ponte, mentre nel 1874 l'ingegnere Quintino Tarantino predispose il progetto per il rifacimento di un'intera arcata del ponte (Suppressa, 2018).

La necessità di realizzare un ponticello in prossimità della Chiesa di San Cosimo era dovuta alla presenza dell'area di espansione delle acque del Canale dell'Asso. Il De Giorgi (1922), infatti, così descrive la situazione alla fine del XIX secolo: "il canale dell'Asso che scarica le piovane di un vasto bacino imbrifero nei territori di Collepasso, Cutrofiano, Galatone e Nardò. Ha origine da due canali (Colaturo e Sirgole) che scendono da Collepasso verso Aradeo, e raccolte le acque di due altri fossi (Ruga e Fontana) traversa il territorio di Galatone e termina al Nord di Nardò presso la chiesa di S. Cosimo, dove le acque si disperdono nel sottosuolo".

L'idronimo "Asso" da sempre legato alla città di Nardò potrebbe derivare dall'etimo preellenico "aus" che vuol dire "mare, fiume" (Marra, 1989). Il Canale dell'Asso sottende il bacino imbrifero più esteso ed importante della rete



Figura 1. I resti del ponte nei pressi della Chiesa di San Cosimo (a sinistra); una veduta della Chiesa di San Cosimo già Chiesa della Madonna del Ponte (a destra)



Figura 2. Veduta di Nardò nei primi anni del XVIII secolo (Tafuri, 1735)

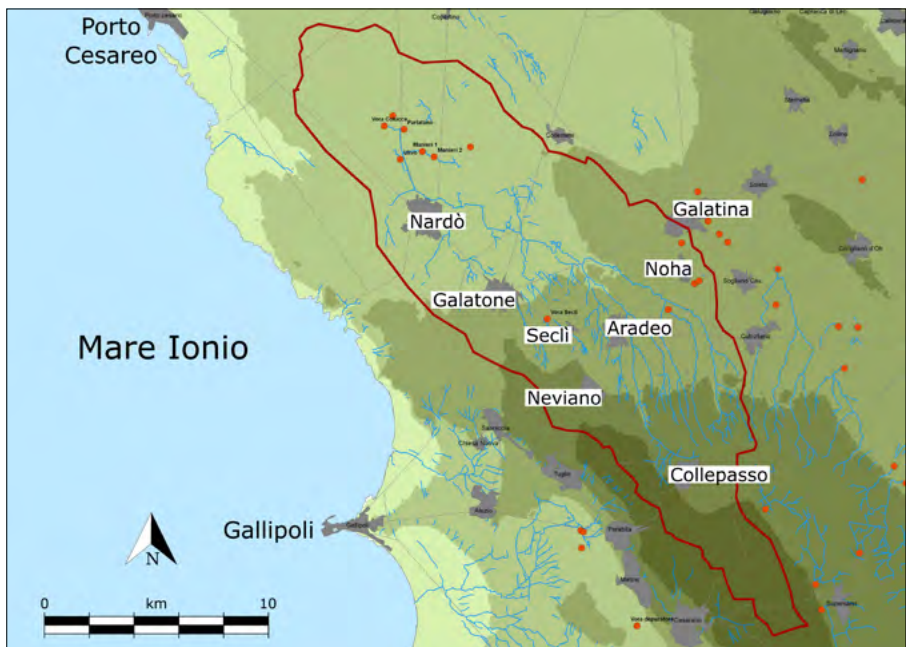


Figura 3. Il bacino idrografico del Canale dell'Asso. I punti rossi indicano la posizione dei principali inghiottitoi carsici

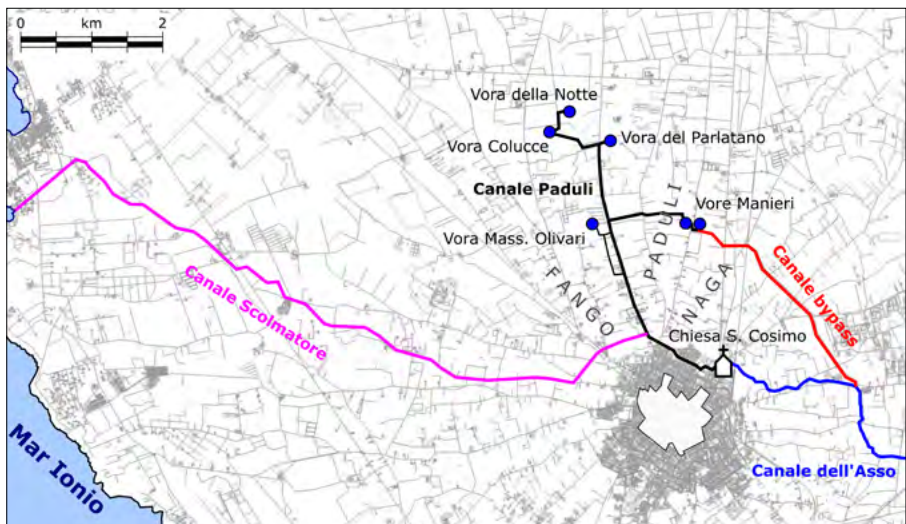


Figura 4. Evoluzione storica della rete idrografica del Canale dell'Asso nell'area di Nardò. L'area grigia indica il perimetro urbano negli anni '50 del secolo scorso

idrografica endoreica del Salento; esso comprende parte dei territori amministrativi dei comuni di Casarano, Matino, Parabita, Cutrofiano, Collepasso, Neviano, Aradeo, Seclì, Galatone, Galatina e Nardò, presenta una estensione pari a circa 255 Km², una lunghezza mas-

sima di 26 km ed una pendenza media di 0,4% (Sansò & Vitale, 2008) (Fig. 3). Fino agli inizi del XX secolo, il Canale dell'Asso spandeva le sue acque nell'area a nord di Nardò, in località Naga, Paduli, Fango (Marra, 1989) in corrispondenza di un'ampia depressione posta a quota

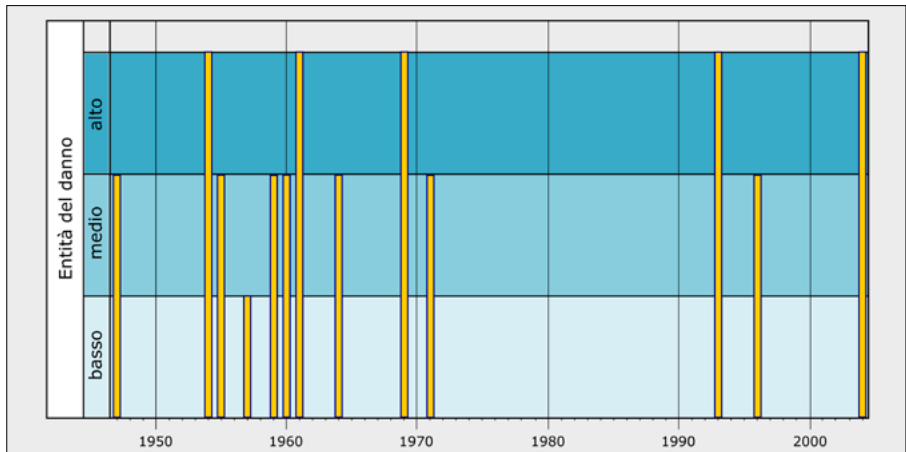


Figura 5. I principali eventi alluvionali registrati a Nardò nel periodo 1947 - 2004

33 m. Solo all'inizio del Novecento furono avviati interventi di bonifica per il prosciugamento delle acque stagnanti in quest'area, critica dal punto di vista idraulico. I lavori culminarono nel 1930 con la sistemazione del piazzale di contrada S. Cosimo, che comportò la definitiva scomparsa del ponte e la deviazione del Canale dell'Asso sino a raggiungere gli inghiottitoi carsici delle Vore Manieri, Vora Parlatano e Vora Colucce, come ben rappresentato nella cartografia IGM in scala 1:25.000 realizzata alla fine degli anni '40 del secolo scorso.

Alla fine degli anni '70 del secolo scorso fu realizzato un canale scolmatore che intercetta le acque in esubero alla periferia settentrionale di Nardò per convogliarle sino alla costa ionica, in località Frascione. Infine, negli ultimi dieci anni è stata realizzata un'ulteriore opera per la mitigazione del rischio idraulico nell'area nord-orientale di Nardò consistente in un canale deviatore che intercettando il Canale dell'Asso in corrispondenza della zona industriale convoglia le acque di ruscellamento direttamente nelle Vore Manieri (Fig. 4).

Alla luce dei dati esposti, è possibile evidenziare come la chiesa di San Cosimo (già Madonna del Ponte) rappresenti uno strumento didattico formidabile per descrivere le modificazioni antropiche apportate al naturale decorso del Canale Asso nell'area settentrionale di Nardò al fine di mitigare il locale rischio idraulico. I dati storici, infatti, evidenziano come il centro abitato di questo comune leccese sia stato ripetutamente interessato nel periodo 1947-2004 da numerosi eventi di allagamento, i più disastrosi dei quali si sono verificati nel 1954, 1961, 1969, 1993 e 2004 (Fig. 5).

BIBLIOGRAFIA

DE GIORGI C. (1922), *Descrizione geologica ed idrografica della Provincia di Lecce*, Spacciante ed., Lecce, pp. 1-263.

MARRA F. (1989), *Nardò. Origini e toponomastica*, Tiemme edizioni, Manduria.

MAZZARELLA E. (1999), *Nardò Sacra*, a cura di M. Gaballo, Congedo editore, Galatina.

SANSÒ P., VITALE A. (2008), *La dinamica geomorfologica nelle aree endoreiche della Provincia di Lecce*, Amministrazione Provincia di Lecce, pp. 1-134.

SUPPRESSA F. (2018), *Un "continuo cantiere". Sette secoli di vicende della chiesa di Sancta Maria de Ponte in Nardò*, in: AA.VV., *La chiesa dei santi Cosma e Damiano a Nardò già di Santa Maria del Ponte*, Congedo editore, Galatina.

TAFURI G.B. (1735), *Dell'origine, sito ed antichità della città di Nardò*, in: Calogerà A., *Raccolta d'opuscoli scientifici, e filologici*, Tomo Undecimo, appresso Cristoforo Zane, Venezia 1735.

Georisorse e urbanizzazione: l'esempio delle fontane storiche urbane e periurbane a Matera (Basilicata)

Vitantonio Venezia¹, Filippo Bellini¹,
Silvia Parentini², Luisa Sabato¹,
Marcello Tropeano¹

¹Dipartimento Scienze della Terra e
Geoambientali, Università degli Studi di
Bari Aldo Moro

²Dipartimento per l'Innovazione
Umanistica, Scientifica e Sociale,
Università degli Studi della Basilicata
E-mail: vitantonio.venezia@uniba.it

Geo-Resources and Urbanization: The Case of Historic Urban and Peri-Urban Fountains in Matera (Basilicata)

Parole chiave: Georisorse, Fontane storiche, Geoturismo, Matera
Key words: Geo-Reources, Historic Fountains, Geotourism, Matera

RIASSUNTO

I "Sassi di Matera", gli antichi rioni rupestri della città di Matera, in Basilicata, sono diventati una delle mete turistiche più richieste in Italia. In genere, i contenuti culturali offerti al visitatore si basano su argomenti storico-architettonici nonostante sin dal nome, "Sassi", il richiamo ad argomenti geologici potrebbe rappresentare, se non una attrattiva, una importante chiave di lettura del territorio urbano e periurbano visitato.

I Sassi, con la loro complessa rete di case, grotte, cunicoli, cisterne e chiese, scavate nelle tenere rocce carbonatiche esposte lungo i ripidi versanti di una incisione fluviale (la "gravina") e dei suoi affluenti, rappresenta un esempio mondiale di perfetta e unica integrazione tra sviluppo urbano e contesto geologico.

Questo legame risiede non solo nello scavo in roccia dello straordinario abitato rupestre ma anche nella capacità della popolazione locale di gestire e sfruttare la risorsa acqua, come dimostra la presenza di fontane storiche in città (Fontana Ferdinanda) o nei dintorni (Fontana di Vite, Fontana Santa Candida e Fontana Cilivestri), tutte direttamente alimentate da sorgenti o falde idriche captate in prossimità delle fontane stesse.

Questa caratteristica potrebbe permettere di valorizzare il contesto geologico che ha determinato la presenza dell'acqua che, nell'area materana, frequentemente scaturisce nella parte alta delle colline argillose che caratterizzano la città di Matera e il territorio circostante.

Queste colline, infatti, presentano nella loro porzione piatta sommitale una modesta successione di depositi sabbiosi e ghiaiosi (e quindi porosi) che, poggiando su sottostanti depositi argillosi, permette la presenza di piccole falde sospese sui versanti collinari. Per quanto riguarda le colline presenti in città,

ormai completamente urbanizzate, l'antico percorso dell'acqua è testimoniato solo dalla presenza delle fontane storiche e delle grandi cisterne pubbliche, non più direttamente alimentate dalle falde collinari. Anche le fontane storiche presenti nelle aree periurbane hanno perso il loro significato di risorsa per la transumanza o per usi agricoli ma conservano ancora il loro legame "genetico" con le sorgenti o le falde cui sono a ridosso.

Partendo dalla storia dell'urbanizzazione della città di Matera e delle sue fontane e seguendo idealmente anche il naturale percorso dell'acqua si potrebbe proporre un percorso urbano e periurbano che conduca i visitatori in un viaggio nella geologia del territorio partendo dal cuore della città. In questo modo i visitatori potranno comprendere meglio il legame tra le caratteristiche fisiche del territorio e l'origine ancestrale dei centri abitati, per i quali uno dei fattori principali è stata la presenza di acqua.

Il patrimonio geo-paleontologico dell'area urbana di Cagliari

The urban geo-palaeontological heritage of Cagliari

Parole chiave: geoturismo, museologia, Miocene, Sardegna
Key words: geotourism, museology, Miocene, Sardinia

Daniel Zoboli

Direzione Qualità, Servizi bibliotecari e Attività museali, Museo Sardo di Geologia e Paleontologia "D. Lovisato", Università degli Studi di Cagliari, Cagliari
E-mail: danielc.zoboli@unica.it

Gian Luigi Pillola

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università degli Studi di Cagliari, Cittadella Universitaria, Monserrato (CA)
E-mail: pillolag@unica.it

INTRODUZIONE

Cagliari è il capoluogo della Sardegna e rappresenta il centro più densamente popolato della regione. La città è situata lungo la costa meridionale dell'isola, al centro del Golfo degli Angeli. Il suo territorio è stato abitato sin dal Neolitico, ma la città è fiorita durante il periodo fenicio-punico e romano. Fu durante questo periodo, e nei secoli successivi, che gli affioramenti della successione sedimentaria miocenica furono sfruttati per i principali edifici del centro storico e per le fortificazioni cittadine. Negli ultimi due secoli, l'attività estrattiva ha involontariamente contribuito a incrementare le conoscenze geo-paleontologiche del territorio. L'abbondanza di cave, oltre a quella di affioramenti naturali, ha infatti facilitato le ricerche da parte degli studiosi dell'epoca come Alberto La Marmora (1789-1863) (Fig. 1a) e Domenico Lovisato (1842-1916) (Fig. 1b). Questi pionieri della geologia e della paleontologia in Sardegna, attraverso le loro numerose opere, hanno dato un contributo fondamentale alle collezioni attualmente conserva-

te presso il Museo Sardo di Geologia e Paleontologia Domenico Lovisato dell'Università di Cagliari (Fig. 1c). Le evidenze geo-paleontologiche del territorio urbano e i materiali conservati nelle collezioni del museo universitario hanno permesso lo sviluppo di progetti e attività finalizzate a valorizzare il ricco patrimonio geologico anche attraverso il geoturismo urbano.

LA GEOLOGIA DI CAGLIARI

L'area di Cagliari è caratterizzata da una successione sedimentaria marina del Miocene Medio-Superiore (Langhiano medio-Messiniano). La successione è stata suddivisa in tre formazioni, dalla più antica alla più recente: Argille di Fangario, Arenarie di Pirri e Calcari di Cagliari. Le litologie di queste formazioni sono ben esposte soprattutto nelle varie colline e nei parchi cittadini e lungo la costa (Fig. 2a). La successione inizia con le Argille di Fangario (Langhiano medio - Serravalliano inferiore), affioranti in modo discontinuo nell'area nord-occidentale della città e rappre-

sentate principalmente da argille grigie dal ricco contenuto paleontologico (foraminiferi, ostracodi, coralli, molluschi, pesci rettili e piante) (Comaschi Caria, 1986; Zoboli *et al.*, 2019). La successione prosegue con le Arenarie di Pirri (Serravalliano, spessore massimo di oltre 60 m) caratterizzate da un'alternanza di arenarie e sabbie affioranti nelle periferie dell'area urbana e in alcuni quartieri della città. Il contenuto paleontologico è molto ricco ed è rappresentato da foraminiferi, echinoidi e molluschi. L'ultima formazione in ordine stratigrafico sono i Calcari di Cagliari (Tortoniano - Messiniano inferiore, spessore massimo di oltre 150 m) affioranti in gran parte dell'attuale area urbana. Questa è rappresentata da diverse litofacies carbonatiche (Pietra Cantone, Tramezzario e Pietra Forte) utilizzate in passato per la costruzione di molti edifici del centro storico. I Calcari di Cagliari hanno un contenuto fossilifero molto ricco rappresentato da coralli, echinoidi, molluschi, pesci (es. denti di squalo), rettili (tartarughe e coccodrilli) e mammiferi marini (cetacei e sirenii) (Capellini,



Figura 1. a) Alberto La Marmora; b) Domenico Lovisato; c) sala principale del Museo Sardo di Geologia e Paleontologia "D. Lovisato"; modello interno di carapace di tartaruga (*Trionychidae* indet.), area di piazza d'Armi - quartiere di Is Mirrionis (larghezza circa 50 cm); e) cranio di coccodrillo Gavialidae (*'Tomistoma calaritanum'*) ritrovato nell'area di piazza d'Armi (lunghezza circa 40 cm)

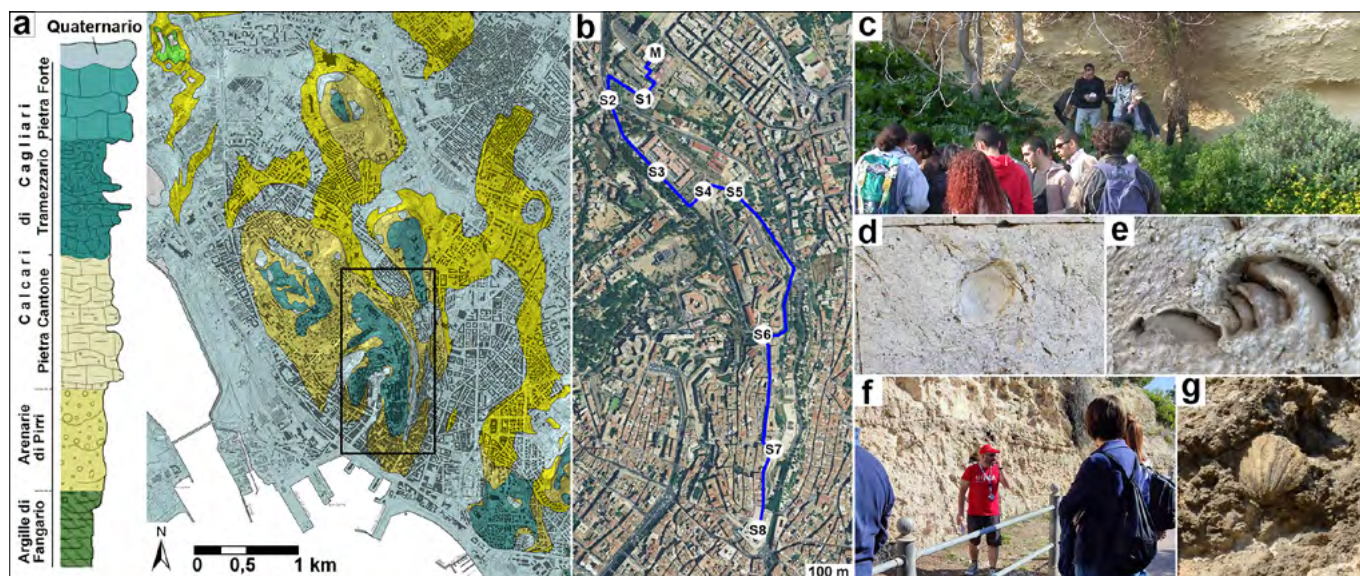


Figura 2. a) Colonna stratigrafica (non in scala) e stralcio della carta geologica dell'area urbana di Cagliari (nel riquadro il percorso in b); b) uno dei percorsi di geologia urbana (M: Museo "D. Lovisato", S: stop); c) studenti del corso di geologia presso un affioramento di Pietra Cantone nel quartiere di Sa Duchessa (Stop 1); d-e) fossili di molluschi in alcuni conci da costruzione in Pietra Forte nel muro dell'ex carcere di Buoncammino in viale Buoncammino (Stop 3); f) pubblico generalista durante la manifestazione "Monumenti Aperti" presso un affioramento di Tramezzario in via dei Giardini Pubblici (Stop 4); g) conchiglia di grosso bivalve pectinide (larghezza circa 20 cm) in un affioramento di Tramezzario presso Porta S'Avanzada, una delle antiche porte di Castello, centro storico di Cagliari (Stop 6)

1890). Oltre alla successione miocenica, nell'area sono presenti depositi quaternari sia continentali (es. brecce ossifere) che marini-transizionali. Questi ultimi sono rappresentati dal sub-sistema di Calamosca che affiora principalmente lungo la costa e soprattutto a Calamosca, località importante dal punto di vista della storia delle ricerche perché utilizzata per l'istituzione del "piano Tirreniano" (MIS 5e) (Issel, 1914). Il contenuto paleontologico è rappresentato da molluschi oggi viventi lungo le coste del Senegal (es. *Thetystrombus latus* e *Conus ermineus*).

GEOTURISMO URBANO

Nel 2017, il MIUR ha finanziato il progetto "Coccodrilli, squali e tartarughe - storie di fossili a Cagliari e nell'area urbana", ideato e proposto dall'ateneo cagliaritano. Attraverso la collaborazione tra diversi dipartimenti, sia umanistici che scientifici, è stato possibile ricostruire sia la storia delle ricerche geo-paleontologiche sia di condurre diverse indagini finalizzate alla valutazione del potenziale geoturistico dei siti presenti nell'area urbana. Il progetto ha coinvolto gli studenti di alcune scuole superiori dell'isola e il Parco Geominerario, Storico e Ambientale della Sardegna. I dati acquisiti hanno permesso la creazione di tre geoitinerari che partendo dal Museo Sardo di Geologia e Paleontologia "D. Lovisato" si dipanano nell'area urbana ed extraurbana. Ogni percorso prevede diversi stop nei quali è possibile toccare con mano le principali evidenze geo-paleontologiche visibili sia negli affioramenti presenti in parchi e giardini

pubblici che nei litotipi utilizzati per la costruzione di alcuni degli edifici storici della città (Fig. 2b-g) (Zoboli *et al.*, 2021). I geoitinerari sono stati progettati pensando a diverse tipologie di pubblico (turisti, studenti, appassionati ed esperti) e hanno l'obiettivo di svelare il ricco patrimonio geo-paleontologico della città e di sensibilizzare il pubblico verso la storia naturale locale. L'approccio qui adottato, didattico e soprattutto accessibile, può essere facilmente utilizzato per valorizzare e preservare il patrimonio geo-paleontologico di altre realtà urbane.

BIBLIOGRAFIA

- CAPELLINI G. (1890), *Sul coccodrilliano garioloide (Tomistoma calaritanus) scoperto nella collina di Cagliari nel MDCC-CLXVIII*. Atti Della Reale Accademia Lincei, Memorie Della Classe Di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali n. 6.
- COMASCHI CARIA I. (1986), *Animali e piante fossili della Sardegna*. Edizioni della Torre, Cagliari.
- ISSEL A. (1914), *Lembi fossiliferi quaternari e recenti nella Sardegna meridionale*. Accademia Nazionale Dei Lincei n. 5.
- ZOBOLI D., PISTIS M., AFRASINEI G.M., NONNOI G., PILLOLA G.L. (2021), *Crocodyles, sharks and turtles: the urban geo-paleontological heritage of Cagliari (Italy)*, Geoheritage n. 13.
- ZOBOLI D., SANCIO L., PILLOLA G.L., DELFINO M. (2019), *An overview of the crocodylian fossil record from Sardinia (Italy)*. Annales De Paléontologie n. 105.



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

www.sigeaweb.it

5X1000



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

Aiutaci a promuovere
la **CULTURA GEOLOGICA**
e la **TUTELA DELL'AMBIENTE**

DESTINA IL

CINQUE X MILLE ALLA SIGEA-APS

C.F. 04336801008



Società Italiana di Geologia Ambientale - APS

www.sigeaweb.it - info@sigeaweb.it