

Geologia dell'Ambiente

2/2021

ISSN 1591-5352

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma





XIII

Giornata Nazionale delle Miniere

29-30 maggio 2021

Con il Patrocinio di:



Foto: Porto Flavia - Stefano Sennagiotto

LA GIORNATA NAZIONALE DELLE MINIERE (GNM): RIFLETTORI ACCESI SUL TURISMO CULTURALE

Tredici edizioni, migliaia di visitatori e una media di 60 eventi minerari all'anno organizzati su tutto il territorio nazionale.

È la Giornata Nazionale delle Miniere, l'evento annuale proposto dall'ISPRA – in stretta collaborazione con l'Associazione Italiana per il Patrimonio Archeologico ed Industriale (AIPAI) e con l'Associazione Nazionale Ingegneri Minerari (ANIM) – dedicata alla scoperta dei siti minerari italiani rivalorizzati ad uso turistico-culturale.

Nella sua prima edizione del 2009 la GNM prevedeva l'organizzazione da parte dei musei o parchi minerari d'Italia di un evento a carattere volontario e a scala nazionale con l'obiettivo di favorire la fruizione del patrimonio geologico-minerario. Partecipano 5 Regioni: Piemonte, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana ed Umbria che fin da subito accolgono l'iniziativa come un'occasione propizia per l'avvio di un circuito di musei e parchi minerari.

Nella sua decima edizione del 2019 la GNM rappresenta ormai un appuntamento fisso con un calendario nazionale di eventi minerari che percorre i comuni italiani da Nord a Sud.

Le associazioni patrocinanti condividono il comune proposito di diffondere il valore ed il significato culturale del turismo geologico, favorire la fruizione del patrimonio geologico-minerario integrandolo anche con gli altri aspetti caratteristici dei vari luoghi quali l'archeologia, le altre risorse naturali, l'arte, l'architettura, gli usi, i costumi, l'enologia, la gastronomia.

La Giornata Nazionale delle Miniere è patrocinata dal Consiglio Nazionale dei Geologi, dall'EuroGeoSurveys, dalla Sigea, dall'Alleanza Mobilità Dolce (AMoDo) e dalla campagna nazionale La Primavera della Mobilità Dolce.

L'offerta delle iniziative si presenta sempre più variegata: dalle visite guidate al trekking in miniera, dai convegni, workshop e seminari, ai concerti, alle mostre e agli spettacoli teatrali all'interno dei siti minerari. Ancora escursioni, anche notturne, in bicicletta, degustazioni, mercatini e persino occasioni per cercare l'oro assistiti dagli esperti nel tentativo di promuovere un settore che può essere volano di sviluppo economico per i territori, soprattutto se integrato con i circuiti dei cammini e vie storiche, dei borghi italiani, delle ferrovie turistiche, della mobilità dolce a piedi ed in bicicletta, dei luoghi dell'enogastronomia di qualità.

Per saperne di più: <https://www.isprambiente.gov.it/it/events/xiii-giornata-nazionale-delle-miniere>

Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare con D.M. 24/5/2007 e con successivo D.M. 11/10/2017

PRESIDENTE
Antonello Fiore

CONSIGLIO DIRETTIVO NAZIONALE
Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio (*Segretario*), Daria Duranti (*Tesoriere*), Iliaria Falconi, Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento, Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti (*Presidente onorario*), Luciano Masciocco, Fabio Oliva, Michele Orifici (*Vicepresidente*), Vincent Ottaviani (*Vicepresidente*), Paola Pino d'Astore, Livia Soliani

Geologia dell'Ambiente
Periodico trimestrale della SIGEA

N. 2/2021
Anno XXIX • aprile-giugno 2021

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

DIRETTORE RESPONSABILE
Giuseppe Gisotti

VICE DIRETTORE RESPONSABILE
Eugenio Di Loreto

COMITATO SCIENTIFICO
Mario Bentivenga, Aldino Bondesan, Giovanni Bruno, Francesco Cancellieri, Maria Di Nezza, Massimiliano Fazzini, Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado, Endro Martini, Luciano Masciocco, Davide Mastroianni, Mario Parise, Giacomo Prosser, Giuseppe Spilotto, Vito Uricchio, Luca Valensise

COMITATO DI REDAZIONE
Fatima Alagna, Giorgio Boccaloro, Giorgio Cardinali, Valeria De Gennaro, Eugenio Di Loreto, Sara Frumento, Fabio Garbin, Michele Orifici, Vincent Ottaviani, Laura Pala, Maurizio Scardella

REDAZIONE
Sigea c/o Fidaf - Via Livenza, 6 00198 Roma
tel. 06 5943344
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 ad un giudizio di uno o più referees

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

PUBBLICITÀ
Sigea

STAMPA
Industria grafica Sagraf Srl, Capurso (BA)

La quota di iscrizione alla SIGEA per il 2021 è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente".

Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo www.sigeweb.it

Sommario

- Un ecosistema emergente: il lago Bullicante a Roma
CORRADO BATTISTI, GIOVANNI BUCCOMINO,
GIACOMO CANGELMI, CRISTINA DI SALVO,
GIUSEPPE DODARO, LUCA FALCONI, GIULIANO FANELLI,
ALESSANDRO FIORILLO, GIUSEPPE GISOTTI,
MAURIZIO LANZINI, LORENZO MANNI, MARIO PALONI,
MONIA PROCESI, ALESSANDRA VALENTINELLI 2
- Fenomeni geologici endogeni e società:
il caso delle *janare* di Benevento.
Un esempio di geomitologia
ALESSANDRO ANNOVI 13
- I minatori della Maiella
VIOLETTA DE LUCA 20
- Geotermia in Italia.
Aspetti geologici, tecnologici ed ambientali
MARCELLO VITI 25



A questo numero è allegato il supplemento digitale degli atti del convegno *Geologia Urbana di Padova* a cura di Andrea Vitturi. Padova, 22 novembre 2019, Aula Arduino Dipartimento di Geoscienze. Scaricabile all'indirizzo web www.sigeweb.it/supplementi.html



In copertina: Fernando Privitera, *Parco dell'Etna* (Sicilia), particolare della foto menzione "Turismo sostenibile" del Concorso fotografico "Obiettivo Terra 2021".

Un ecosistema emergente: il lago Bullicante a Roma

An emerging ecosystem: Bullicante lake in Rome

Parole chiave: Roma, nuovi ecosistemi urbani, geodiversità, reti ecologiche, servizi ecosistemici

Keywords: Rome, novel urban ecosystems, geodiversity, ecological networks, ecosystem services



Corrado Battisti⁽¹⁾, Giovanni Buccomino⁽²⁾, Giacomo Cangemi⁽²⁾, Cristina Di Salvo⁽³⁾, Giuseppe Dodaro⁽⁴⁾, Luca Falconi⁽⁵⁾, Giuliano Fanelli⁽⁶⁾, Alessandro Fiorillo⁽⁷⁾, Giuseppe Gisotti⁽⁸⁾, Maurizio Lanzini⁽⁹⁾, Lorenzo Manni⁽⁵⁾, Mario Paloni⁽²⁾, Monica Procesi⁽¹⁰⁾, Alessandra Valentini⁽¹¹⁾

(1) Monumento Naturale Palude di Torre Flavia, Città Metropolitana di Roma Capitale

(2) Forum Territoriale Permanente Parco delle Energie

(3) CNR - Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria

(4) Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, Roma

(5) Geologia Senza Frontiere Onlus

(6) Dipartimento Biologia Università di Roma Tor Vergata

(7) Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco

(8) SIGEA - Presidente onorario

(9) SIGEA Lazio

(10) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

(11) Università di Roma "La Sapienza"

Coordinamento:

SIGEA Lazio

E-mail: lazio@sigeaweb.it

Maurizio Lanzini

E-mail: lanzini@aconet.it

Alessandra Valentini

E-mail: alevale@abcterra.it

Figura 1. Manifestazione in difesa del lago 2013, ph. G. Pennisi

1. INTRODUZIONE

L'articolo descrive le funzioni ecosistemiche dell'area del lago Bullicante ex Snia a Roma, trattando i principali aspetti geologici, morfologici, idrogeologici, geochimici e ambientali desunti dagli approfondimenti svolti sui materiali conservati presso il Centro di Documentazione Territoriale "Maria Baccante" - Archivio Storico Viscosa, nonché dai più recenti dati analitici e di campionamento effettuati in sito che hanno determinato l'istituzione del Monumento Naturale "Lago ex Snia" da parte della Regione Lazio con Decreto del Presidente del 30 giugno 2020.

L'area protetta si colloca tra il Parco regionale dell'Appia Antica e la Riserva naturale Valle dell'Aniene a costituire un importante collegamento della rete ecologica per la città di Roma; ospita infatti un ecosistema di estremo interesse scientifico per lo studio e la comprensione dei processi di rinaturazione spontanea in aree a prevalente matrice urbana, oltretutto di massima rilevanza per gli abitanti di un quadrante della città di Roma storicamente carente di standard a verde come il quartiere Prenestino.

Le reti ecologiche sono generalmente definite come quegli insiemi di aree naturali e/o semi-naturali le cui caratteristiche ambientali sono tali da fornire

un'ampia gamma di servizi ecosistemici, sia in contesti rurali che urbani (JRC 2020). Oltre a favorire la biodiversità, a costituire spazi ricreativi e di promozione del benessere, le reti ecologiche sono in grado di determinare effetti positivi anche dal punto di vista economico, nel contenimento della vulnerabilità ai rischi derivanti dal dissesto idrogeologico, nella lotta ai cambiamenti climatici e per la tutela o la riqualificazione delle matrici ambientali. Nella Roma contemporanea, città paradigmatica per le dinamiche connesse allo sviluppo urbanistico, sono state poste delle "pietre miliari" per la tutela delle aree verdi, grazie ad una lungimirante sensibilità verso le tematiche ambientali, antecedente le stesse direttive comunitarie; le iniziative di Antonio Cederna con Italo Insolera negli anni Sessanta-Settanta per la salvaguardia dell'Appia Antica e dei comitati cittadini che, nel corso degli anni Ottanta-Novanta, sorsero lungo il tratto urbano dell'Aniene, hanno sottratto vasti territori alla speculazione edilizia, restituendoli al patrimonio pubblico come spazi verdi fruibili fino all'istituzione delle aree protette regionali e del sistema di aree naturali gestite dall'Ente Roma Natura.

Oggi l'esperienza del lago Bullicante ex Snia è così considerata anche al di fuori dell'Italia una *best practice* degli

ecosistemi emergenti, di geoetica e *citizen science*: un laboratorio vivente di approccio funzionale alla tutela più attento alle valenze dei processi di spontanea ricolonizzazione che non al pregio delle singole specie; un "nuovo ecosistema urbano" (Kowarik, 2011) per una diversa città, decarbonizzata, più verde, più selvatica e meglio adattata ai cambiamenti climatici (WMO, 2020) che si prospettano nell'immediato futuro.

L'istituzione del Monumento Naturale "Lago ex Snia" da parte della Regione Lazio con Decreto del Presidente del 30 giugno 2020 è stata soprattutto la conseguenza delle lotte che si sono svolte sin dagli anni Novanta da parte di associazioni locali di cittadini, a cui la Sigea ha dato supporto tecnico, per trasformare l'area da edificabile a parco urbano, annettendolo all'adiacente Parco Pubblico "Delle Energie" già esistente (Fig. 1)

2. STORIA DELL'AREA

A fine Ottocento la zona dell'attuale quartiere Pigneto-Prenestino segna il confine tra il Suburbio e l'Agro Romano in corrispondenza del Fosso della Marranella: a ovest, verso la città, predominano orti e vigneti, mentre a est sono presenti cave per la coltivazione in sotterraneo di pozzolana (Fig. 2).



Figura 2. Localizzazione dell'area nella cartografia IGM F150 – IV SO – 1884-1896

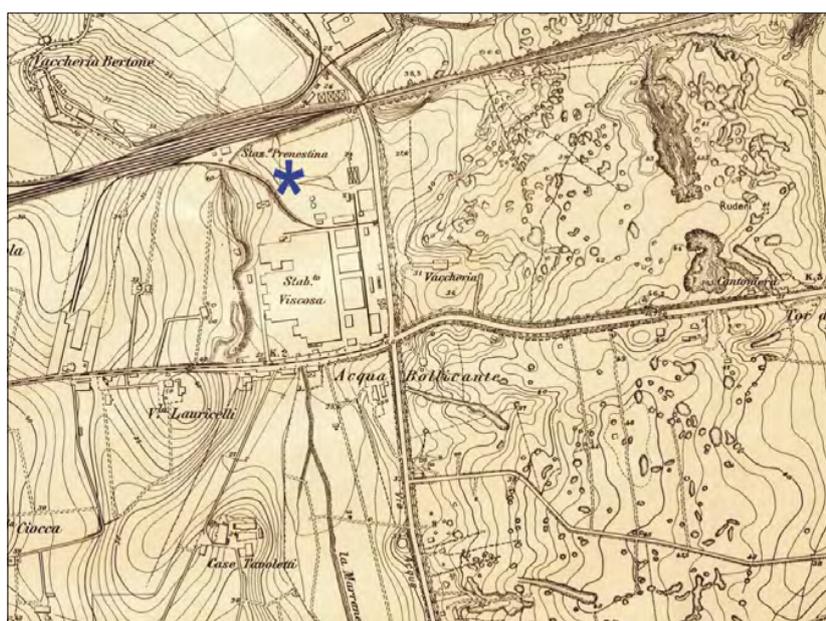


Figura 3. Stralcio del Piano Topografico di Roma e Suburbio dell'IGM 1907-1924

Nel 1923 viene inaugurato l'impianto industriale della Viscosa per la produzione di *raion* artificiale, che con i suoi 2500 operai rappresenta il maggiore insediamento industriale a Roma, un primato mantenuto fino alla chiusura nel 1954 (Severino 2005). La cartografia del Piano Topografico di Roma e Suburbio dell'IGM (1907-1924) evidenzia l'esistenza della fabbrica e mostra l'andamento del corso d'acqua a monte e a valle dello stabilimento industriale ancora non completo e il conseguente interrimento del fosso in corrispondenza dell'area occupata dagli edifici dell'impianto (Fig. 3).

La fabbrica, fulcro di importanti vertenze collettive che ne hanno segnato l'organizzazione e il destino, diventa un punto di riferimento per la resistenza romana antifascista e, nel 1949, teatro di 40 giorni di occupazione operaia contro i massicci licenziamenti. Inutilizzata dalla sua dismissione, l'intera proprietà di 123.584 metri quadri viene acquisita nel 1990 dalla società di un costruttore romano che ne avvia immediatamente la trasformazione edilizia.

Il lago Bullicante ex Snia si forma nel 1992 a seguito degli scavi per la costruzione di un edificio di tre piani a destinazione commerciale con parcheggi interrati. Gli scavi raggiungono infatti una profondità di circa 10 metri dal piano campagna, intercettando la falda acquifera e rendendo necessaria l'installazione di pompe per il drenaggio dell'acqua, inizialmente convogliata nel sistema fognario urbano (Figg. 4 e 5)

Sarà proprio il carico nella rete di scolo a provocare lo scoppio delle tubature, e il blocco dei lavori; a seguito delle denunce,



Figure 4 e 5. Immagini del cantiere scattate nel 1992 che mostrano la condotta interrata del Fosso della Marranella sulla parete di scavo sud e, sul fondo, l'emersione della falda durante i lavori



Figura 6. Il lago visto da est, dicembre 2020, ph. G. Buccomino

la concessione risulterà illegittima e sarà pertanto revocata, lasciando incompiuta la struttura in cemento armato ancor oggi visibile. L'interruzione del pompaggio intanto produce il rapido riempimento dell'invaso artificiale e la formazione di un lago alimentato dalla falda acquifera con la stabilizzazione del livello a quota 23 metri s.l.m., circa 2 metri sotto al piano campagna circostante (Fig. 6)

3. ASPETTI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E GEOCHIMICI

IDROGRAFIA

Il lago Bullicante ex Snia è un bacino lacustre di oltre 7.000 mq, per 520 m di perimetro, privo di immissari ed emissari, che costituisce attualmente il più esteso specchio d'acqua dell'area urbana di Roma. Il lago si è formato in prossimità del fianco vallivo sinistro del Fosso della Marranella, oggi non più visibile se non nel suo tratto terminale alla confluenza con il Fiume Aniene, più a nord. In questo settore la valle della Marranella si sviluppa in direzione circa Sud-Nord interrompendo la continuità morfologica del *plateau* tufaceo su cui è edificata la parte orientale della città di Roma. L'ex area industriale si estende nella zona di fondovalle pianeggiante alla base del versante di un rilievo tabulare la cui superficie sommitale raggiunge i 39/40 m s.l.m. nella zona del *Parco delle Energie*.

Il corso del Fosso della Marranella si sviluppava originariamente a partire dalla zona di Porta Furba, dove era posta la testata, attraversando poi gli attuali quartieri del Quadraro, Tor Pignattara, Marranella-Acqua Bullicante, Portonaccio e

Pietralata. Originariamente (fino al 1122) il fosso raccoglieva prevalentemente acque di pioggia provenienti da vari fossi e impluvi minori, almeno fino alla zona dell'Acqua Bullicante dove dovevano essere presenti alcune sorgenti di acqua mineralizzata (da cui il toponimo) di cui non è oggi conosciuta l'esatta ubicazione.

Nel Fosso della Marranella all'altezza di Porta Furba è poi confluita una derivazione della Marrana dell'Acqua Mariana, un corso d'acqua perenne che, a partire dal 1122 e dietro ordine di Papa Callisto II, fu alimentato mediante la deviazione del Fosso dell'Acqua Marciana. La derivazione all'altezza di Porta Furba, verosimilmente regolata da qualche opera idraulica, ha probabilmente garantito un flusso di base continuo anche nel Fosso della Marranella che nella cartografia più antica è sempre rappresentato come un corso d'acqua di una certa rilevanza con un ponte per il suo attraversamento sulla Via Prenestina, all'altezza dell'attuale Largo Preneste. Associato al toponimo "Acqua Bollicante" è presente in più di una rappresentazione cartografica antica, un elemento di non facile interpretazione, somigliante a un piccolo bacino lacustre collegato al corso del Fosso della Marranella, posto immediatamente a valle dell'attraversamento della Prenestina, circa in corrispondenza del lago attuale. Il toponimo e le rappresentazioni grafiche potrebbero essere interpretate come indicative della presenza di una zona di sorgentelle con un laghetto e qualche piccola polla.

La costruzione dello stabilimento della SNIA nell'area di fondovalle, iniziata nel 1922, ha determinato uno

dei primi interventi di interrimento del Fosso della Marranella. Le planimetrie e i progetti di epoca diversa conservati presso il Centro di Documentazione "Maria Baccante", riportano con precisione l'andamento del collettore interrato della Marrana che si sviluppa al di sotto del fabbricato principale del complesso industriale, con un andamento circa parallelo a Via di Portonaccio, e il cui fondo è posto a -2.47 m dal piano stradale interno allo stabilimento nel settore prossimo a Largo Preneste.

Il completamento dell'interrimento del Fosso della Marranella, a monte dell'area della SNIA, risale al 1931 (opere approvate dal Governatorato il 28 ottobre 1931), quando sono avviati i lavori per la realizzazione di un collettore di raccolta degli scoli fognari e delle acque piovane che determinavano condizioni di vita malsana nei piccoli insediamenti in crescita lungo il suo letto (ad esempio la Borgata della Marranella). Il collettore che aveva origine nella zona di Porta Furba e lunghezza totale di circa 6 km, venne completato nel 1934 (Ficacci, 2007). La riduzione degli allagamenti e dei miasmi è uno degli elementi che spingeranno molti costruttori privati e il Comune di Roma ad interessarsi allo sviluppo dell'area. Il collettore si rivelerà comunque inadeguato alle esigenze della zona e, fino alla costruzione di un nuovo collettore negli anni '50, permarranno problemi di malfunzionamento delle fogne e allontanamento delle acque di pioggia, con la frequente formazione di "pantani" in cui giocavano i ragazzini della borgata come richiamato da molti libri e film.

In tale contesto il collettore della Marranella ha perso progressivamente la sua funzione e, nel tratto della SNIA (probabilmente anche a seguito di interventi contemporanei ai lavori di sbancamento) è verosimile che sia andato completamente in disuso.

GEOLOGIA

La valle del Fosso della Marranella è incisa all'interno dell'estesa superficie sub-planare a bassa pendenza su cui è edificata la parte orientale della città fino alle pendici dei Colli Albani. I rilievi tabulari, interrotti da depressioni vallive più o meno incise, sono costituiti dai depositi vulcanici prodotti dell'attività del "Distretto vulcanico dei Colli Albani" ("Vulcano Laziale" Auct.) iniziata circa 600.000 anni fa e proseguita, con varie fasi distinte, fino a 5800 anni fa.

Il versante del Parco delle Energie è costituito in massima parte da vulcaniti pozzolanacee e da tufi da semilitoidi a coerenti, ben osservabili in corrispondenza della scarpata. Nel settore sovrastante il lago sono presenti in affioramento vulcaniti massive semi-coerenti di colore marrone rossastro, cui si sovrappongono circa 2 metri di terreni di riporto eterogenei. Nei settori di versante posti immediatamente più a sud, dove

la scarpata raggiunge altezze maggiori, alla sommità sono visibili tufi litoidi di giallastri, probabilmente associabili all'unità del Tufo Lionato. Nella zona di fondovalle, al di sotto dello strato di terreni di riporto, sono presenti depositi sabbioso – limoso – argillosi derivanti in massima parte dall'erosione dei depositi vulcanici affioranti lungo l'asse vallivo.

Il contesto geologico locale si presenta piuttosto articolato e con una netta discontinuità tra il settore occidentale e quello orientale del Fosso della Marranella: nel settore occidentale i riporti poggiano su prodotti vulcanici più antichi rispetto al settore orientale (Mazza *et al.*, 2008). Ad ovest il termine più recente, è infatti rappresentato dall'unità delle Pozzolane Rosse (RED), mentre più a est, sono presenti tutte le formazioni successive ossia, dal basso verso l'alto, le Pozzolane nere (PNR), il Tufo Lionato (VSN1) e il Tufo di Villa Senni (VSN2); tutte queste litologie sono in continuità stratigrafica con i sottostanti Tufi Stratificati Varicolori di Sacrofano (SFK) (Funicello *et al.*, 2008).

Inferiormente alle unità piroclastiche è presente la formazione del Fosso della Crescenza (FCZ - Paleotevere 2) caratterizzata da ghiaie e sabbie. A profondità ancora maggiori è presente il

substrato impermeabile delle argille della formazione di Monte Vaticano (MVA) che sostiene tutte le sovrastanti circolazioni idriche.

L'apparente dislocazione del settore orientale rispetto a quello occidentale è spiegabile ipotizzando l'esistenza di una faglia diretta, posta in corrispondenza del Fosso dell'Acqua Bullicante, la cui attività avrebbe progressivamente ribassato il settore orientale rispetto a quello occidentale determinando le condizioni tettoniche di risalita di acque fortemente mineralizzate che giustifica storicamente il toponimo di Acqua Bullicante.

La ricostruzione di tale assetto geologico-strutturale è basata sulle stratigrafie dei sondaggi eseguiti per la progettazione della Metro C, il cui asse è localizzato circa 900 metri a sud (Mazza *et al.*, 2008) (Fig. 7).

La discontinuità tettonica rappresentata dalla faglia diretta ha determinato un asse di maggiore erodibilità che avrebbe favorito lo sviluppo dell'asse vallivo del Fosso della Marranella. Le oscillazioni del livello marino dovute al succedersi di fasi climatiche fredde e calde hanno poi condizionato le relative dinamiche di approfondimento e colmamento vallivo. Infatti nella sezione di Fig. 7 le alluvioni del Fosso della Marranella sono distinte fra quelle oloceniche-recenti a carattere limo-argilloso (SFTb) e quelle di altri depositi alluvionali più antichi, sinvulcanici, condizionate dalla tettonica di età pre-olocenica (in questa sede indicate come alluvioni sinvulcaniche- AS), il cui letto è individuato alla quota di 10 m s.l.m. ed alla profondità di circa 40 m dal p.c..

IDROGEOLOGIA

In tutta la regione dei Colli Albani, fino alla città di Roma, esiste una falda idrica principale di base sostenuta dalle argille plioceniche e circolante con continuità nei depositi pre-vulcanici continentali ad elevata permeabilità.

I termini vulcanici dei Colli Albani presentano un comportamento uniforme rispetto alla circolazione idrica sotterranea. Essi sono, per la maggior parte, permeabili per porosità, con permeabilità variabile in relazione al grado di alterazione, argillificazione e/o cementazione. Più rare sono le formazioni permeabili per fessurazione. La presenza di più circolazioni idriche sovrapposte (acquiferi *multilayer*) è da mettere in relazione alla locale presenza di depositi ceneritici più o meno alterati e argillificati. Una delle principali circolazioni idriche contenuta nella successione vulcanica è

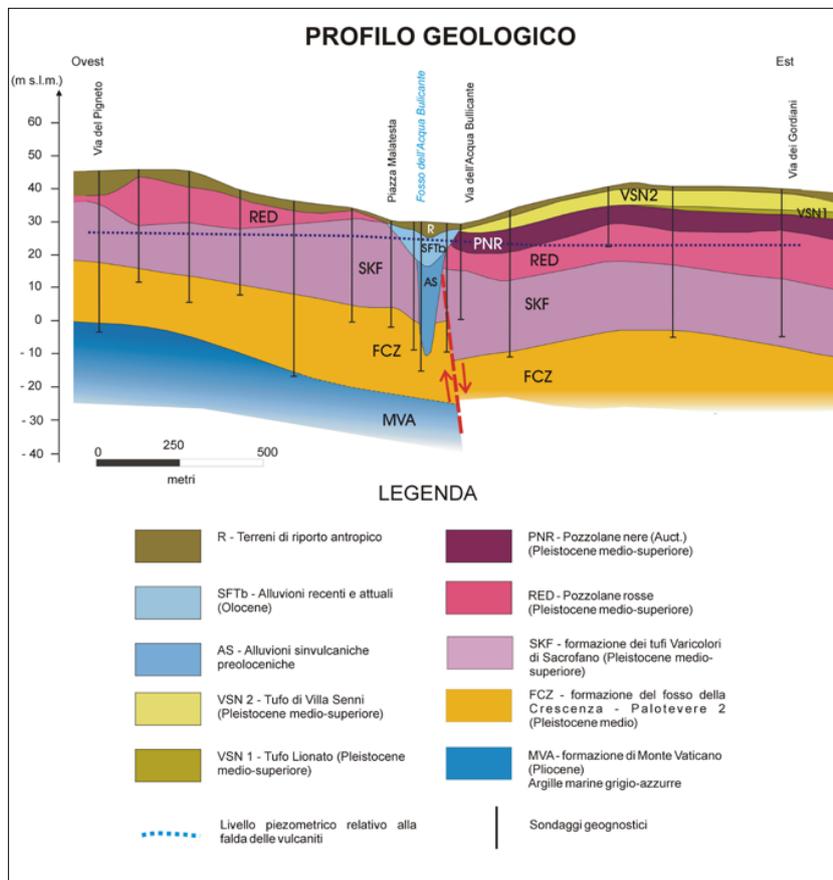


Figura 7. Sezione geologica ovest-est a circa 900 m a sud dell'area in esame, modificato da Mazza et al. 2008

ospitata nelle Pozzolane Rosse e Nere e nella parte superiore dei tufi antichi (in evidente continuità idraulica) e sorretta alla base dalla facies meno permeabile degli stessi.

Inferiormente alle unità piroclastiche è presente la formazione del Fosso della Crescenza (Paleotevere 2) con circolazione idrica sotterranea in pressione, e con tetto alla quota di -10 m s.l.m. e di -25 m s.l.m. rispettivamente ad ovest e ad est del Fosso della Marranella, a causa della dislocazione della faglia diretta sopra descritta che, nel contesto geostrutturale locale, avrebbe favorito la risalita delle acque di falda interessate da manifestazioni residue legate all'antica attività vulcanica (Mazza *et al.*, 2008).

Nella zona dell'ex SNIA Viscosa la falda acquifera circolante nelle vulcaniti ha il livello posto a quote comprese tra 18 e 22 m s.l.m. e una direzione di deflusso circa parallela all'asse vallivo sepolto. I depositi alluvionali che hanno colmato la depressione valliva del Fosso della Marranella sono costituiti da sedimenti sabbioso-limosi con variabili percentuali di argilla e torba. Alla base può essere presente un livello più grossolano, ghiaioso-sabbioso corrispondente all'inizio della deposizione post-glaciale. La permeabilità dei depositi alluvionali è quindi molto variabile in relazione alla granulometria dei depositi che li costituiscono. L'assenza di un livello di discontinuità esteso fa sì che i due acquiferi vulcanico e alluvionale siano in diretta comunicazione e il livello piezometrico sia circa coincidente.

In alcuni stralci progettuali, conservati presso il Centro di Documentazione "Maria Baccante" e relativi alle fondazioni di alcuni impianti ed edifici posti nella zona industriale a fondovalle (Progetto "Fondazione nuove caldaie Ansaldo" - 1925 e Progetto "Nuovo focolo" - 1937), sono riportate le quote del piano campagna (26,12 m s.l.m.) e del livello della falda superficiale. Nel progetto del 1925 la piezometrica è posta a quota 23,70 m s.l.m. mentre nel progetto del 1937 è riportato un livello di 22,70 m s.l.m..

In tale contesto idrogeologico appare evidente che gli scavi eseguiti all'inizio degli anni Novanta, profondi fino a 10 m dal piano campagna, abbiano intercettato la falda acquifera circolante nelle alluvioni e nelle vulcaniti. Il livello della falda riportato negli stralci progettuali sopra citati è inoltre ampiamente confrontabile con la quota del pelo libero dell'acqua all'interno del lago Bullicante ex Snia.

RISCHIO IDRAULICO

Il lago Bullicante ex Snia è situato in una zona altamente urbanizzata della città di Roma. L'impermeabilizzazione delle superfici caratteristica dei territori urbani, e soprattutto di quelli sviluppati con modalità scarsamente sostenibili, provoca inevitabilmente l'aumento del volume e della velocità del deflusso delle acque di ruscellamento verso i corpi ricettori (collettori fognari) per la drastica riduzione della capacità di infiltrazione delle acque nel suolo e la altrettanto drastica diminuzione dell'evapotraspirazione delle piante. Se la portata che fluisce verso i corpi ricettori eccede la capacità di smaltimento della rete fognaria, le acque non defluiscono e si determinano allagamenti in superficie. In caso di piena del fiume Aniene inoltre l'alto livello del fiume riduce la capacità di smaltimento di tutti i collettori fognari ad esso afferenti.

Queste dinamiche avvengono ormai periodicamente in concomitanza con precipitazioni abbondanti e piene fluviali. In un ambito climatico che prevede l'aumento degli eventi di nubifragio di forte intensità e breve durata, questo si traduce in un aumento della suscettibilità all'allagamento.

Roma ha subito negli ultimi decenni diversi eventi di nubifragio con conseguenze più o meno gravi, in termini di vittime, perdite economiche e interruzione delle attività economiche e sociali. Molti di questi eventi hanno raggiunto quantitativi di piogge aventi tempi di ritorno di 70-90 anni, ma secondo alcuni studi il sistema fognario risulta andare in crisi per eventi con tempi di ritorno già di 30-50 anni (Ferranti, 2016).

L'area del lago Bullicante ex Snia è stata interessata nel recente passato da diversi episodi di allagamento da nubifragio che hanno interessato soprattutto via dell'Acqua Bullicante e le zone immediatamente a monte del lago, come Largo Preneste.

Un recente studio condotto dal CNR-IGAG sul rischio da allagamento nell'area metropolitana di Roma ha attribuito all'area del lago Bullicante ex Snia un livello di suscettibilità medio-alto, principalmente a causa delle sue caratteristiche morfologiche e all'artificializzazione del reticolo idrografico originario.

Proprio a causa della sua suscettibilità elevata, all'area è attribuito anche un livello di rischio da medio ad alto, seppure ad oggi sia priva di immobili e attività commerciali (Di Salvo *et al.*, 2017; 2018).

GEOCHIMICA E MICROBIOLOGIA DELLE ACQUE

L'area dell'Acqua Bullicante veniva ricordata da diversi autori (Camponeschi & Nolasco, 1982) come un settore in cui erano presenti tipiche manifestazioni geochimiche che tutt'oggi caratterizzano i distretti vulcanici intorno a Roma, come quello Sabatino e dei Colli Albani. Si scriveva di acque gorgoglianti dovute alla risalita lungo faglie e fratture di flussi di gas ricchi in anidride carbonica (CO₂) che andavano ad incontrare in superficie piccole polle di acqua e/o acquiferi vulcanici superficiali.

Questi convogli di gas trovano la loro origine principalmente nelle reazioni di termometamorfismo che si verificano nei carbonati posti a migliaia di metri di profondità e caratterizzati da temperature superiori al normale gradiente geotermico (30°C/km). Ad oggi, nell'area dell'Acqua Bullicante, questi fenomeni di degassamento non sono più rintracciabili probabilmente per l'alto tasso di urbanizzazione, e proprio per questo motivo si ritiene che il lago Bullicante ex Snia possa rappresentare un potenziale laboratorio a cielo aperto in cui investigare tali fenomeni.

Un campionamento geochimico effettuato durante l'inverno del 2018 da ricercatori INGV, in collaborazione con CNR-IRSA e Università degli Studi di Firenze, non ha rinvenuto chiari segni di fenomeni di degassamento associati ai processi vulcanici secondari ma ha messo in evidenza la presenza di una stratificazione stagionale del lago.

Questa stratificazione non si manifesta durante l'inverno, quando i valori di temperatura (~15°C), pH (~7.5), conducibilità elettrica (~770 µS/cm) e ossigeno disciolto (~0.12±0.3 mg/L) rimangono pressoché costanti lungo tutta la colonna di acqua (7.5 metri), ma è evidente durante la stagione estiva (Procesi *et al.* 2020). In particolare, in estate si registra un termocline tra 1 e 4 metri che divide la parte superficiale calda (epilimnio) a circa 28°C, da quella più profonda e fredda (ipolimnio), caratterizzata da una temperatura di circa 11°C (Fig. 8).

Il pH segue un andamento molto simile alla temperatura, con valori tra 8 e 9 nei primi due metri per poi arrivare a valori intorno a 7 alla massima profondità del lago. La conducibilità elettrica è caratterizzata da tre chemoclini, il più superficiale in corrispondenza delle temperature più alte del lago e quindi nei primi 2 metri di profondità, il secondo tra 2 e 6 metri e il terzo a fondo

lago. L'ossigeno disciolto presenta un notevole decremento con la profondità, scomparendo completamente al di sotto dei 2 metri.

Le acque del lago Bullicante ex Snia sono caratterizzate da una composizione Ca-HCO₃ (bicarbonato-calcica), a basso contenuto di sali disciolti (TDS < 1000 mg/L) e un contenuto relativamente alto di fluoro (F⁻) e potassio (K⁺), caratteristiche tipiche delle acque ospitate negli acquiferi vulcanici della Provincia Comagmatica Romana (Chiodini & Frondini 2001; Gambarella *et al.* 2005; De Rita *et al.* 2011; Cinti *et al.* 2017). Inoltre la composizione chimica del lago è simile a quella delle acque di pozzi limitrofi alimentati da una falda impostata all'interno dei depositi distali del Distretto Vulcanico dei Colli Albani a testimonianza di una origine comune. L'ipotesi dell'alimentazione del lago da parte di un acquifero vulcanico è ulteriormente confermata dai valori simili del rapporto isotopico ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr tra acqua del lago, pozzi e depositi vulcanici dei Colli Albani.

Anche i dati isotopici del δ¹⁸O-H₂O e δD-H₂O confermano tale origine comune ed evidenziano per l'acquifero vulcanico una ricarica da acque meteoriche. Da un punto di vista strettamente chimico, il lago durante la stagione invernale non presenta variazioni significative nel contenuto di elementi maggiori (F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻ e NO₂⁻, Ca₂⁺, Mg₂⁺, NH₄⁺, Na⁺ e K⁺), e tracce (Al, V, Cr, Fe, As, Sr, Pb, Mn, B). L'unica eccezione è rappresentata da un eccesso di nitrito (NO₂⁻) rilevato tra 3 e 5 metri di profondità e dovuto con molta probabilità a degradazione di materia organica legata a processi di denitrificazione, per i quali il nitrato (NO₃⁻) si riduce in nitrito (Clark & Fritz, 1997).

Anche il contenuto di gas disciolti (H₂, He, N₂, CH₄, CO₂, Ne) risulta es-

sere omogeneo lungo tutto la verticale ma è stata rilevata una quantità particolarmente elevata di anidride carbonica, probabilmente ascrivibile a processi che avvengono all'interno del lago, come l'elevata produttività biologica, ipotesi fortificata dal simultaneo decremento dell'ossigeno disciolto, dai valori isotopici dell'anidride carbonica (-21‰ V-PDB), dall'elevato ed omogeneo contenuto di organismi fitoplanctonici (Cyanobacteria, Pico-Eukaryotes, Nano-Eukaryotes) e dagli elevati contenuti in DOC (*Dissolved Organic Carbon*), ed anche processi di risalita di CO₂ endogena non possono essere totalmente esclusi.

L'alta quantità di carbonio organico disciolto (DOC), che raggiunge valori fino a 40 mg/L ad appena 0.5 metri di profondità, mette in luce oltre all'intensa attività microbica anche uno stato trofico del lago. Questo è ulteriormente confermato dalla presenza dei microrganismi fitoplanctonici pigmentati nel range tipico dei laghi eutrofici (Cyanobacteria = 0.6-1.1 x10⁵ cells/ml; Pico-Eukaryotes = 7.6-9.5 x10³ cells/ml; Nano-Eukaryotes = 1.1-6.1 x10² cells/ml).

4. UNITÀ E SUCCESSIONI VEGETAZIONALI FLORA, UNITÀ DI VEGETAZIONE E HABITAT PRIORITARI

La flora del Monumento Naturale è molto ricca, con oltre 300 specie di piante e numerose specie coltivate, tra cui un ruolo non secondario sono le orticole presenti nei due orti insistenti nell'area. Nel settore del lago Bullicante sono presenti 225 specie di piante vascolari (oltre a una decina di specie di briofite). Il 15% di questa flora è costituito da alloctone, un numero complessivamente basso anche se alcune di queste specie sono molto abbondanti nell'area, in particolare *Robinia pseudacacia* e *Ligustrum*

lucidum, e ne va sottolineata la notevole ricchezza per la città di Roma (1648 entità; Grapow *et al.* 2013).

La vegetazione è inquadrabile in tre unità fondamentali: il lago, il prato e i ruderi della fabbrica (l'elenco dettagliato delle unità vegetazionali in Battisti *et al.* 2017).

Le sponde del lago sono molto ripide, quindi la vegetazione a elofite (specie parzialmente immerse nell'acqua) è ridotta. È presente una fascia a cannuccia palustre (*Phragmites australis*) estremamente importante per l'avifauna, ma mancano altre specie tipiche dei *Phragmitetea* caratteristiche delle paludi. La vegetazione legnosa è molto sviluppata, con un'estesa fascia ripariale costituita più vicino all'acqua da Salice bianco (*Salix alba*) e in posizione più arretrata da Robinia (*Robinia pseudacacia*). Questa estesa fascia forestale svolge importanti funzioni ecosistemiche, tra cui quella di filtrare gli inquinanti che possono ruscellare nelle acque del lago (Mattioli *et al.* 2020), svolta non solo da *Salix* autoctono ma anche dalla *Robinia* alloctona. Una presenza importante è rappresentata dal Pioppo bianco (*Populus alba*), tipica delle rive dei grandi fiumi mediterranei che quando forma popolamenti estesi è protetta come Habitat 92A0: *Foreste a galleria di Salix alba e Populus alba*. Poiché il Salice bianco è tipico degli stadi più pionieri delle fasce ripariali, è possibile che con il procedere della successione il pioppo diventi più abbondante e vada a costituire una vegetazione ripariale più matura.

La maggior parte del territorio attorno al lago è costituito da un prato altamente plurispecifico che rappresenta il maggior serbatoio floristico dell'area. I substrati sono eterogenei con importanti presenze di terra di riporto che prevalgono i suoli argillosi. Le specie erbacee principali sono *Avena sterilis*, *Bromus diandrus*, *Avena barbata*, *Veronica persica*, *Trifolium campestre*, *Securigera varia*, *Securigera securidaca*. Si tratta prevalentemente di leguminose come è tipico nei prati mediterranei ma vi è anche un'orchidea, *Serapias lingua*, per quanto si tratti di una specie piuttosto comune e più resistente al disturbo rispetto ad altre specie di orchidacee tipiche di ambienti meno frequentati come le *Ophrys*. Per quanto poco appariscente la ricchissima diversità specifica, nelle parti meno calpestate, consente la nidificazione del fagiano (*Phasianus colchicus*), specie comune nell'Agro romano ma comunque significativa in un contesto come quello altamente urbanizzato del lago Snia.

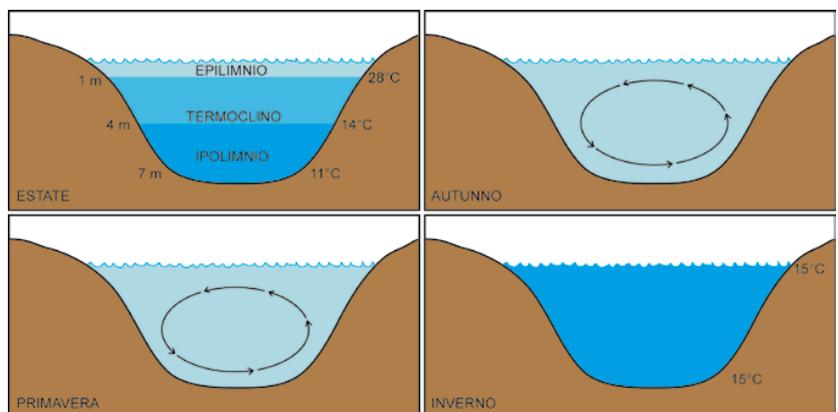


Figura 8. Schema semplificato della stagionalità del lago Bullicante; sono evidenziate la stratificazione estiva, l'omogeneità invernale e il ribaltamento tipico primaverile e autunnale

I ruderi dell'ex SNIA rappresentano uno degli elementi più importanti dell'area del lago, paragonabili dal punto di vista ecologico a una rupe marittima; sui ruderi oggi esterni al Monumento Naturale si è infatti sviluppata una vegetazione mediterranea, con presenza di Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*) e Alaterno (*Rhamnus alaternus*) (Habitat 9540), e soprattutto formazioni erbose xerofile (Habitat *6220) con *Trifolium scabrum* e *Hypochoeris achyrophorus*. Quest'ultimo è diffuso nelle montagne calcaree intorno alla Capitale (Blasi *et al.* 1990), ma è estremamente raro a Roma per la mancanza di substrati calcarei. È stato segnalato nelle aree archeologiche di Fori e Palatino, ma quivi è presente solo in forma frammentaria in quanto, nonostante la presenza di substrati travertinosi, gli antichi romani facevano largo uso di calcestruzzo con reazione subacida per la presenza di pozzolana (Ceschin *et al.* 2006).

Sulla scarpata che separa il Parco delle Energie dal lago è presente frammentariamente una popolazione di alloro. Per quanto si tratti quasi sicuramente di esemplari sfuggiti alla coltivazione (l'alloro si propaga facilmente perché gli uccelli ne disperdono le drupe carnose) la vegetazione è del tutto analoga a quella presente in varie parti del Lazio e rappresenta l'importante Habitat 5230*.

Presso il lato est dell'area è presente una collinetta di terra di riporto colonizzata da una fitta boscaglia di *Ligustrum lucidum*, un ligustro giapponese abbondantemente coltivato a Roma per la sua

capacità di adattarsi al clima mediterraneo che spesso sfugge a coltivazione formando popolamenti monospecifici. Dato che *Ligustrum lucidum* è una specie poco longeva, è altamente probabile che questa formazione alloctona venga lentamente sostituita da formazioni mediterranee; già adesso sono presenti nel sottobosco diversi esemplari di alaterno (*Rhamnus alaternus*) tipici della macchia mediterranea.

Una delle caratteristiche più eclatanti del lago Bullicante è la presenza di diversi habitat prioritari ai sensi della Direttiva "Habitat" 92/43/CEE. La maggior parte di questi è assolutamente secondaria o atipica, come per esempio la formazione ad alloro, ma l'Habitat 6220* *Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea* è presente in un aspetto estremamente tipico e rappresenta quasi un unicum nell'area romana. Va sottolineato come gli habitat si riscontrino essenzialmente nell'area dei ruderi e quindi siano a tutt'oggi purtroppo esclusi dalla protezione del Monumento Naturale.

PAESAGGIO ED ECOSISTEMA

A livello del Paesaggio va sottolineata la perfetta integrazione delle tre unità di vegetazione in un sistema che ricorda quello della campagna romana.

Il paesaggio dell'Agro è quasi completamente scomparso (Grapow & Fanelli 1993) ma è ricostruibile dalle numerosissime vedute lasciate da artisti e cartografi dei secoli passati. La zona a est di Roma era caratterizzata da un esteso

reticolo fluviale oggi ampiamente intubato, da praterie utilizzate per il pascolo e da ruderi coperti da vegetazione legnosa ed erbacea molto ricca. Questi tre elementi corrispondono esattamente alle tre unità individuate nella vegetazione del lago. In particolare colpisce la somiglianza tra i ruderi romani, che prima dei restauri erano coperti da una fitta vegetazione, e i ruderi di archeologia industriale della fabbrica ex SNIA; si potrebbe quasi parlare di una vegetazione delle aree archeologiche che tipizza il paesaggio romano, anche se ovviamente vi sono differenze tra i ruderi antichi e quelli di epoca industriale, soprattutto per la mancanza alla SNIA di pareti marmoree e travertinose, che ospitano alcune specie rare come la borraccina (*Sedum dasyphyllum*) (Grapow *et al.* 2001).

L'ambiente del lago e delle aree immediatamente circostanti sorprende per lo naturalista e l'ecologo soprattutto per lo straordinario grado di naturalità in un'area limitata ed inclusa in un territorio ad altissima urbanizzazione: un ecosistema negentropico (Zhang *et al.* 2006), in cui il processo successionale abbassa l'entropia dell'ecosistema. Anni di abbandono hanno innescato un processo che ha portato alla formazione di comunità vegetali altamente strutturate, nel quale due "catalizzatori ecosistemici" hanno agito da acceleratori della dinamica strutturante: la presenza dell'acqua e i ruderi della fabbrica.

Le caratteristiche delle acque del lago Bullicante hanno un importante effetto selettivo sulla vegetazione, in



Figura 9. Carta delle Unità e successioni vegetazionali, con le principali presenze faunistiche; l'area indagata si estende oltre il Monumento Naturale, al comparto della fabbrica dismessa ex Snia-Viscosa soggetta a processi di rinaturazione spontanea, elab. G.Cangelmi su rilievi G.Dodaro, G.Fanelli, M.Paloni

quanto favoriscono le specie relativamente stress-tolleranti (Grime 2006) rispetto a quelle competitive e ruderali che dominano nelle acque eutrofiche della maggior parte del sistema idrografico di Roma. Le specie stress-tolleranti si caratterizzano per la complessità delle interazioni ecosistemiche tra di loro, mentre le competitive e ruderali instaurano piuttosto comunità a carattere semplificato e pioniero. L'ecosistema del lago Bullicante si mostra dunque particolarmente strutturato per trovarsi in un ecosistema urbano, con una complessa rete trofica e un'elevata strutturazione della vegetazione (Fig. 9).

Per quanto riguarda i ruderi, anch'essi hanno un ruolo fondamentale perché offrono un ambiente che, per la scarsità di suolo e le condizioni microclimatiche particolari, induce la selezione di specie stress-tolleranti, costituendo comunità abbastanza semplici ma caratterizzate da un'elevata biodiversità con specie e comunità rare che risultano spesso di interesse nell'ambito della Direttiva "Habitat" (Battisti *et al.* 2017).

Se infine si considera il tempo ecologico rispetto ai veloci tempi umani, i tempi naturali appaiono caratterizzati da lunghissimi processi di preparazione, seguiti da crisi improvvise che sono impreviste solo perché nessuno si era peritato di monitorare gli infinitesimi cambiamenti che avvengono nel periodo di preparazione. Per quanto riguarda il cambiamento climatico, dopo due secoli di rivoluzione industriale e di immissione di gas serra cominciamo a vedere il momento della crisi; così per molte comunità vegetali attualmente dominate da alloctone, si assiste ad un lunghissimo periodo di apparente stasi, in cui in realtà viene preparato il suolo, seguito da un rapido passaggio verso comunità dominate da specie naturali. Un fenomeno del genere si osserva in una parte di Villa Ada, dove le formazioni alloctone di boscaglie a robinie, sviluppatesi dopo l'abbandono della villa, sono improvvisamente collassate circa 70 anni dopo la loro nascita per lasciare il posto a formazioni autoctone a querce e acero di alto valore naturale. Ne devono pertanto conseguire anche per il lago Bullicante ex Snia forme di gestione capaci di assecondare i tempi della natura senza disperdere se alcune formazioni non corrispondono all'ideale che abbiamo di loro.

ALLOCTONE

La flora alloctona rappresenta solo una piccola parte della flora del lago (cir-

ca il 15%) ma gran parte della biomassa in quanto la componente legnosa della flora si divide quasi equamente tra specie autoctone come il Salice bianco (*Salix alba*) e l'Alaterno (*Rhamnus alaternus*) e sostanzialmente due sole specie alloctone come la Robinia (*Robinia pseudacacia*) e il Ligustro giapponese (*Ligustrum lucidum*). È presente, ma con un numero molto limitato di esemplari, l'Ailanto o Albero del paradiso (*Ailanthus altissima*) che cresce solo dove nel sottosuolo siano presenti macerie – è in effetti una specie indicatrice di macerie e raramente si sviluppa al di fuori di tale habitat.

Le alloctone rappresentano una delle grandi minacce per la biodiversità globale e l'Unione europea ha implementato dei programmi di eradicazione. Tuttavia alcuni autori ne hanno proposto negli ultimi anni una visione diversa (Clément 2014), sottolineando come in alcune circostanze le alloctone non solo non impattano le comunità autoctone, andandosi a inserire in nicchie vuote (margini stradali, habitat abbandonati) dove le autoctone non sono naturalmente presenti, ma possono addirittura rappresentare un incremento della biodiversità in quanto costituiscono ecosistemi perfettamente funzionali (Thomas 2017). L'ecosistema della ex SNIA va visto in quest'ottica non convenzionale: un luogo abbandonato solo da pochi anni, dove quindi ancora mancano le specie della vegetazione *climax* che hanno tempi di sviluppo molto lenti e richiedono suoli evoluti assenti nello stadio successionale in cui si trova l'area; non a caso le specie autoctone pioniere come il Salice bianco (*Salix alba*) che si sviluppano su suoli poco evoluti e crescono molto rapidamente formano rigogliose popolazioni. Le alloctone come la robinia sono pioniere adattate a suoli poveri e primitivi; a crescita veloce e vita breve, preparano il terreno in attesa che si insedino le specie autoctone che attualmente non possono insediarsi non solo per la loro lenta crescita ma anche perché non troverebbero i suoli profondi di cui necessitano.

Nel frattempo alcuni servizi ecosistemici che non possono essere forniti dalle specie autoctone lo sono dalle alloctone: così la fauna ittica del lago completamente alloctona fornisce una abbondante risorsa trofica per il Martin pescatore (*Alcedo atthis*) una specie protetta dalla Direttiva Uccelli che vi si foraggia; e il Picchio rosso (*Dendrocopos major*) in mancanza di specie più "nobili" nidifica nei tronchi della robinia. Insomma le alloctone non hanno invaso comu-

nità vegetali preesistenti inquinandole, ma si sono sostituite a specie autoctone mancanti svolgendo molte, se non tutte le funzioni ecosistemiche che le autoctone svolgono. L'area ex SNIA offre un osservatorio privilegiato per passare, nella gestione degli ecosistemi, da una visione compositiva delle comunità naturali fin troppo diffusa in ambito naturalistico, a una visione funzionale che tutela le dinamiche spontanee dei processi di rinaturazione.

5. ASPETTI FAUNISTICI

La fauna del Monumento Naturale non è stata finora oggetto di indagini strutturate relative ai diversi gruppi sistematici. Il quadro conoscitivo attuale è pertanto ancora frammentario e largamente incompleto. Ciò nondimeno i dati raccolti, con osservazioni realizzate con continuità a partire dal 2014, evidenziano diversi elementi di forte interesse. Le presenze accertate definiscono infatti una comunità faunistica sorprendentemente ricca tenuto conto delle limitate dimensioni del sito e del grado di frequentazione antropica di alcune sue porzioni.

Questa condizione è da mettere in relazione con alcune precise caratteristiche storiche, ecologiche e geografiche. Innanzitutto il buon grado di eterogeneità ambientale del sito e la distribuzione equilibrata dei principali sistemi ecologici. Includendo nell'analisi anche l'area comprendente i ruderi della fabbrica non inserita nel Monumento Naturale – che tuttavia costituisce a tutti gli effetti un ambiente intrinsecamente importante e in evidente contatto fisico e funzionale con gli ambiti naturali e seminaturali interni al perimetro protetto – si riconoscono 4 unità ecosistemiche di prevalente interesse per la fauna:

- il lago e la vegetazione riparia e igrofila presente lungo le sue sponde che rappresentano, per la salvaguardia di metapopolazioni di specie acquatiche, luoghi preziosi di rifugio, sosta e alimentazione all'interno di ampie distese artificializzate, a bassa o nulla idoneità ecologica (D'Antoni *et al.* 2011; Cimon-Morin *et al.* 2018). L'acqua è il fattore che maggiormente influisce nella struttura della comunità faunistica: oltre ai Pesci e a molti Invertebrati legati alla risorsa idrica per lo svolgimento di parte del loro ciclo vitale (ad esempio gli Odonati), il lago è utilizzato come area di sosta e alimentazione da numerosi Uccelli e Mammiferi Chiroterri;

- le zone prative, il cui peculiare corredo floristico mette a disposizione importanti risorse trofiche, frequentate da numerose specie tipiche degli ambienti aperti tra cui rientrano gli Insetti impollinatori e alcuni Uccelli con popolazioni in regressione in tutta Europa;
- i filari alberati del Parco delle Energie, le boscaglie e gli esemplari ripari lungo le sponde e nell'area dell'ex fabbrica. Questi lembi di vegetazione arborea contribuiscono a diversificare la disponibilità di habitat e risorse: la prossimità di un lago e di alberi maturi è un fattore ecologico importante e non comune nelle aree verdi urbane di Roma e consente la presenza sia di Invertebrati e Uccelli prevalentemente forestali (in particolare sugli antichi pini del Parco delle Energie) sia di numerose specie tipiche degli ambienti ecotonali e di mosaico;
- i resti dell'ex fabbrica, che costituiscono l'habitat d'elezione per alcuni Rettili, per i Chiroterteri, per alcune specie di Uccelli come i rapaci notturni (gli Strigiformi Civetta e Allocco), il Passero solitario e il Falco pellegrino, che su questi ruderi ritrovano alcuni elementi ambientali simili a quelli delle pareti rocciose.

Anche la localizzazione del sito contribuisce alla diversità faunistica. Si colloca in corrispondenza di direttrici di spostamento molto frequentate dagli Uccelli, non troppo distanti da altre aree umide, sia lentiche che lotiche, quali il fiume Aniene e l'area della Cervelletta, e rappresenta uno dei pochi ambiti di naturalità all'interno di una vasta zona della città a fortissima urbanizzazione. Questi elementi, unitamente alla preziosa presenza di uno specchio d'acqua – di piccole dimensioni ma poco disturbato – presumibilmente attribuiscono a quest'area una funzione di *stepping stone* per numerose specie che la frequentano come luogo di sosta e alimentazione (Battisti *et al.* 2017). A questo sembrano essere legate le osservazioni, anche per brevi periodi, di Uccelli migratori acquatici.

Il complesso di questi fattori fa sì che il Monumento Naturale ospiti una comunità faunistica articolata, costituita da specie a diversa sensibilità ecologica, che lo frequentano per funzioni trofiche, riproduttive o per esigenze legate alle dinamiche dispersive. Tra queste ve ne sono anche alcune di interesse conservazionistico a livello comunitario e altre con popolazioni in regressione in tutta Europa e con uno stato di conservazione sfavorevole alla scala nazionale.

ODONATI E CHIROTTERI

Per quanto concerne gli Invertebrati, un'attività periodica di osservazione ha riguardato gli Odonati, insetti legati agli ambienti acquatici, sovente utilizzati come bioindicatori, fornendo risposte rispetto all'integrità e alla eterogeneità degli habitat, alla struttura della vegetazione e al regime idrologico dei siti riproduttivi (Golfieri *et al.* 2016).

Al momento è stata censita la presenza di 22 specie, pari al 23,1% di quelle note per il territorio nazionale. Tutte le specie osservate sono contraddistinte in Italia da uno stato di conservazione che non desta particolari preoccupazioni (Riservato *et al.* 2014).

Per quanto riguarda i Vertebrati, si ritrovano rappresentanti di tutte le Classi, dai Pesci – specie alloctone oggetto di svariate immissioni negli anni scorsi, con popolazioni che continuano a riprodursi – ai Mammiferi. Per quest'ultima Classe si segnala la presenza sporadica della Volpe (*Vulpes vulpes*) e quella assidua di almeno 4 specie di Chiroterteri (Pipistrello di Savi *Hypsugo savii*; Pipistrello albolimbato *Pipistrellus kuhlii*; Pipistrello nano *Pipistrellus pipistrellus*; Pipistrello pigmeo *Pipistrellus pygmaeus*), accertata nel corso di una *survey* preliminare. Le prime tre specie sono spiccatamente antropofile, con una distribuzione ampia in Italia e con uno stato di conservazione soddisfacente. Il Pipistrello pigmeo è invece più selettivo relativamente alle preferenze di habitat e ha uno stato di conservazione ancora non bene conosciuto sul territorio nazionale (Rondinini *et al.* 2013).

GLI UCCELLI

Le conoscenze più approfondite si hanno riguardo agli Uccelli. Per questa Classe è stata realizzata un'indagine standardizzata tra novembre 2014 e maggio 2015, utilizzando il metodo E.F.P. (Bibby *et al.* 2000), a raggio fisso (50 m), registrando tutti gli individui di ogni specie direttamente osservati e/o ascoltati in 3 stazioni di campionamento (tempo standard pari a 15 minuti), 2 delle quali collocate lungo il lago e la terza nel Parco delle Energie. Sono state realizzate 107 sessioni di osservazione. Altri dati qualitativi sono stati raccolti dal 2015 al 2020 con metodi non standardizzati, realizzando sessioni di campionamento da punti fissi e percorrendo transesti attorno al lago, per totali 150 ore.

Nel complesso sono state osservate 89 specie, di cui 9 incluse nell'Allegato I della Direttiva 2009/147/CE (Mignattaio *Plegadis falcinellus*; Tarabusino

Ixobrychus minutus; Nitticora *Nycticorax nycticorax*; Sgarza ciuffetto *Ardeola ralloides*; Airone rosso *Ardea purpurea*; Garzetta *Egretta garzetta*; Falco di palude *Circus aeruginosus*; Martin pescatore *Alcedo atthis*; Falco pellegrino *Falco peregrinus*).

Si tratta in larga misura (75,3%) di Uccelli il cui stato di conservazione non desta particolari preoccupazioni a livello nazionale ma il Monumento Naturale è frequentato anche da specie da ritenere *In pericolo* o *Vulnerabili*, secondo le valutazioni incluse nella più recente Lista Rossa degli Uccelli nidificanti in Italia (Gustin *et al.* 2019).

COMUNITÀ E CARATTERISTICHE ECOLOGICHE

Sotto l'aspetto ecologico si possono distinguere alcune categorie (*guilds*) che in prima analisi possono essere caratterizzate in funzione dell'ambiente di massima idoneità. Un gruppo di rilevante interesse è rappresentato da molte specie di uccelli acquatici (anatidi, podicoidi, rallidi, ardeidi, caradradi, motacillidi, un accipitrade, il Falco di palude e, come singoli rappresentanti di famiglie tassonomiche, Mignattaio, Cormorano, Martin pescatore, Cannaiola, Usignolo di fiume): il lago Bullicante rappresenta quindi una struttura ecosistemica 'chiave' (*key structure*; Tews *et al.* 2004) con funzione di *stop-over* migratorio e *stepping stone* di connettività alla scala di paesaggio. Indirettamente il lago è funzionale anche alla presenza di un'altra *guild* non strettamente legata all'acqua ma da essa dipendente, i 'foraggiatori aerei' (*aerial foragers*) soprattutto per il trofismo (Rondone e i randinidi che cacciano insetti anche presso le raccolte d'acqua) e, secondariamente, come sito di raccolta di materiale per la costruzione del nido (come nel caso del Balestruccio). Per la sua collocazione in un contesto fortemente urbanizzato, l'area ospita molte specie sinantropiche (Tortora dal collare, passeriformi corvidi, fringillidi e passeridi), incluse due specie alloctone (i due psittacidi). La presenza di ambienti agricoli, prevalentemente incolti e orti, spiega la presenza della *guild* delle specie degli agroecosistemi (un'alloctona, il Fagiano, e tra le autoctone: Tortora selvatica, Barbagianni e altri rapaci notturni, silvidi, muscipadi, ecc.) e degli ambienti forestali e ecotonali di transizione (picidi, paridi, ecc.). Le piccole dimensioni dell'area comunque consentono solo a un gruppo ristretto tra queste di nidificare o di sostare per tempi lunghi durante il passo migrato-

rio o lo svernamento. In tal senso può essere interessante conoscere le similitudini di questa avifauna con quella di aree verdi limitrofe intercluse agli ambienti antropicamente trasformati.

6. SERVIZI ECOSISTEMICI

Le caratteristiche qualitative delle acque e la ricchezza di biodiversità fanno del lago e dell'area in cui esso è inserito un ecosistema prezioso per il territorio romano e un geosito dalle valenze equivalenti agli altri già presenti nel territorio di Roma (Fabbri M., Lanzini M. *et al* 2014). Dirimenti a questo proposito sono da ritenersi le conclusioni dello studio condotto dall'INGV che evidenziano la qualità delle acque del bacino e legano inequivocabilmente l'origine delle sue acque alla falda idrica sotterranea. Eventuali e verosimili afflussi di contaminanti dalla rete di smaltimento delle acque reflue sono pertanto da ritenersi una componente minoritaria ed in tale contesto il lago deve essere considerato un ecosistema in grado di auto-rigenerarsi. Le analisi e gli studi circa le caratteristiche idrologiche e fisiche che il bacino ha mantenuto dalla sua formazione nel 1992 - qualità e composizione fisico-chimica delle acque, livello del lago coerente con quello della falda superficiale dell'acquifero vulcanico, sostanziale indipendenza dei volumi invasati dagli apporti di pioggia e viceversa dipendenza diretta dalla falda che lo alimenta - certificano inoltre la natura permanente del lago.

La multifunzionalità ecologica dell'area ex SNIA risiede nella diversità e ricchezza degli ambienti che la caratterizzano e nel ruolo che assume in qualità di corridoio ecosistemico tra aree centrali e periferiche del settore est di Roma, tra la Valle dell'Aniene e il parco dell'Appia, quindi verso e oltre il GRA. L'avifauna migratoria e nidificante avvistata nell'area indica altresì come il mix di specie selezionate dalla ricolonizzazione spontanea abbia acquisito un rango cruciale nei servizi ambientali che la rete ecologica reca alla città.

Nel complesso, l'ecosistema Bullicante ex Snia svolge una serie di funzioni ecosistemiche quali l'assorbimento di anidride carbonica attraverso il processo di respirazione fotosintetica, l'azione filtro con conseguente mitigazione dell'inquinamento atmosferico, e attraverso l'evapotraspirazione e l'ombreggiatura assicura un'isola di contenimento delle temperature, ricircolo dell'aria e ventilazione cruciale all'interno della città compatta nella regolazione del micro-clima urbano.

GESTIONE INTEGRATA DEI RISCHI DI ALLAGAMENTO

Il territorio del bacino del Fosso dell'Acqua Bullicante (TEV-420-080E; AdB.Tevere 2009) ricopre un'area di circa 21.5 km² e ricade in uno dei settori più intensamente urbanizzati della città. Un'eventuale urbanizzazione dell'area del lago Bullicante, che è uno dei pochi spazi aperti ancora naturali all'interno del bacino, contribuirebbe a incrementare sostanzialmente il livello di rischio idraulico di tutto il bacino.

Costruire all'interno di aree a rischio esondazione o allagamento contrasta con il principio di "adattamento di trasformazione", che consiste nell'integrare l'adattamento di una zona al clima che cambia, insieme all'adozione di misure di mitigazione (EEA 2020). Il mantenimento delle condizioni naturali del lago e delle aree circostanti le sue sponde costituisce, al contrario, una misura strategica di supporto al contenimento della vulnerabilità ai rischi durante intensi nubifragi, secondo i principi della gestione integrata dei sottobacini urbani che mira, a questa scala, alla definizione di soluzioni puntuali sempre più "nature based" (NbS: IWater UE 2014), così come indicate da IUCN, l'International Union for Conservation of Nature, e orientate a coinvolgere la partecipazione, attiva e deliberante, delle comunità residenti. L'area del lago Bullicante ex Snia rappresenta da questo punto di vista uno straordinario laboratorio per la città di Roma.

7. CONCLUSIONI

Il futuro di tutela dell'ecosistema formatosi attorno al lago Bullicante rimane incerto. L'Agenzia del Demanio non ha infatti ancora inteso acquisire l'area del bacino lacuale al patrimonio delle acque pubbliche cui appartiene il lago per il solo fatto di esistere (ex art.144, TU 152/06), in un ormai pluriennale rimpallo di competenze sulle procedure di perimetrazione. Questo impedisce di fatto che il lago sia assoggettato ai vincoli *ex lege* previsti dal Codice BB.CC. AA. 42/2004 per tale categoria di beni con l'apposizione delle relative fasce di salvaguardia, nonostante la sua presenza sia ormai certificata dalla Cartografia tecnica regionale a partire dal 2005.

L'area del Monumento Naturale, come accennato, comprende le zone non edificate del comprensorio della vecchia fabbrica SNIA-Viscosa ma non la porzione dei ruderi, nei quali pur è accertata la presenza di caratteristiche ecologiche di pari rilevanza di quelle osservate at-

torno al lago, che con esso sviluppano relazioni di continuità fisica e funzionale, e rivestono un ruolo-tampone, rispetto alla città compatta, fondamentale per la difesa delle fragili dinamiche di ricolonizzazione flora-faunistica. In seguito agli espropri eseguiti tra il 2000 e il 2014 su buona parte del comparto ex SNIA, la zona dei ruderi di archeologia industriale è quindi rimasta privata, quasi che il tema dei parchi pubblici al Pigneto Prenestino non si misurasse in fabbisogni pregressi di standard a verde, oggi inferiori ai 4 metri quadri di verde ad abitante: un divario incolmabile nel tessuto ormai saturo del quartiere che soltanto la tutela della biodiversità residua, la valorizzazione di quella potenziale e la salvaguardia concreta dei territori liberi e dismessi in cui è ramificata la rete ecologica possono mirare a compensare.

Nonostante ciò l'evoluzione recente degli spazi della ex SNIA costituisce un'esperienza virtuosa di ripristino e conservazione di un'area verde, paradossalmente generata da un'iniziativa di speculazione edilizia, peraltro paradigmatica di una certa maniera di procedere in ambito edilizio quanto a mancata osservanza della documentazione storica progettuale: se si fosse tenuto conto delle informazioni contenute nel progetto originario dell'impianto industriale, si sarebbe evitato di prevedere un parcheggio sotterraneo tanto profondo e di intercettare la falda acquifera.

Fondamentale per il buon esito dell'esperienza è stato l'intervento della cittadinanza che, attraverso il Forum Territoriale Permanente "Parco delle Energie", ha impedito in tutti questi anni la distruzione di un'area verde tanto preziosa e ne ha promosso la riconversione ecologica; è grazie al Forum se oggi è fruibile il Parco delle Energie e se, nel 2020, si è compiuto anche il primo importante passo per la tutela dell'ecosistema lacuale con l'istituzione del Monumento Naturale. Molta strada resta da fare ma il ruolo attivo e costruttivo dei movimenti territoriali è stato in grado di incidere sulle trasformazioni urbane e costituire un'argine reale ai processi speculativi, al degrado e al consumo di suolo. Lungi dal poter essere derubricata a mera opposizione passiva ai processi di modernizzazione della metropoli, la vicenda del lago Bullicante merita di essere studiata quale ispiratrice di una potente modalità di rapporto con i luoghi. Un ruolo altrettanto importante è rivestito dall'insieme di portatori di conoscenze tecnico-scientifiche in grado di costitui-

re un supporto alle istanze promosse dai movimenti territoriali. Il rapporto che si configura è vicendevolmente proficuo, dato che offre l'opportunità a professionisti dell'ambiente (naturalisti, geologi, ingegneri ambientali ecc.) di sottrarsi, almeno parzialmente, alle dinamiche routinarie sperimentando campi di ricerca innovativi e multidisciplinari.

Grazie alla convergenza di intenti della cittadinanza e delle istituzioni, ora il lago è una realtà consolidata nel panorama urbanistico romano. Per rafforzare la salvaguardia, gli studi florofaunistici evidenziano l'opportunità di rendere i monitoraggi sistematici e comprendere nel perimetro di tutela, i ruderi della ex fabbrica, mentre dalle recenti analisi dell'INGV è emersa la necessità di approfondire le stagionalità cicliche del lago; al fine di comprendere a pieno sia eventuali fenomeni di degassamento endogeno, sia il grado di eutrofizzazione del lago e quindi il suo stato di salute per le opportune misure di tutela.

Con la finalità di gestire adeguatamente una risorsa preziosa, conquistata grazie all'impegno di tanti, è necessario ora promuovere tutti gli strumenti di pianificazione territoriale che permettano di andare incontro alle strategie nazionali, europee e internazionali in favore della biodiversità e per l'adattamento della città ai cambiamenti climatici.

BIBLIOGRAFIA

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE (2009), *Piano stralcio per il tratto metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla foce - PS5*. Approvato con D.P.C.M. del 3 marzo 2009.

BATTISTI C., DODARO G., FANELLI G. (2017), *Paradoxical environmental conservation: Failure of an unplanned urban development as a driver of passive ecological restoration*. Environmental Development 24: 179-186.

BIBBY C.J., BURGESS N.D., HILL D.A., MUSTOE S. (2000), *Bird census techniques*. Elsevier, London.

BLASI C., TILIA A., ABBATE G. (1990), *The dry pastures in the Monti Ruffi*. Annali di Botanica.

CAMPONESCHI B., NOLASCO F. (1982), *Roma e i Colli Albani*. In: *Le risorse naturali della Regione Lazio*, Vol. 7.

CESCHIN S., CUTINI M., CANEVA G. (2006), *Contributo alla conoscenza della vegetazione delle aree archeologiche romane*. Fitosociologia 43(1): 97-139.

CHIODINI G., FRONDI F. (2001), *Carbon dioxide degassing from the Albani Hills volcanic region, Central Italy*. Chem. Geol. 177: 67-83.

CIMON-MORIN J., POULIN M. (2018), *Setting conservation priorities in cities: appro-*

ches, targets and planning units adapted to wetland biodiversity and ecosystem services. Landscape Ecol. 33, 1975-1995. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0707-z>

CINTI D., TASSI F., PROCESI M., VASELLI O., VOLTATTORNI N. (2017), *Geochemistry of hydrothermal fluids from the eastern sector of the Sabatini Volcanic District*. App. Geoch. 84: 187-201.

CLARK I., FRITZ P. (1997), *Environmental isotopes in hydrogeology*. Lewis Publishers.

CLÉMENT G. (2014), *Éloge des vagabondes: herbes, arbres et fleurs à la conquête du monde*. Laffont.

D'ANTONI S., BATTISTI C., CENNI M., ROSSI G.L. (a cura di) (2011), *Contributi per la tutela della biodiversità delle zone umide*. Rapporti ISPRA 153/11.

DE RITA D., CREMISINI C., CINNIRELLA A., SPAZIANI F. (2011), *Fluorine in the rocks and sediments of volcanic areas in central Italy: Total content, enrichment and leaching processes - a hypothesis on the vulnerability of the related aquifers*. Environmental Monitoring and Assessment 184: 5781-5796.

DI SALVO C., CIOTOLI G., PENNICA F., CAVINATO G.P. (2017), *Pluvial flood hazard in the city of Rome*. Journal of Maps 2017, vol. 13, n. 2: 545-553. DOI: 10.1080/17445647.2017.1333968

DI SALVO C., PENNICA F., CIOTOLI G., CAVINATO G.P. (2018), *A GIS-based procedure for preliminary mapping of pluvial flood risk at metropolitan scale*. Environmental Modelling and Software 107: 64-84. DOI: 10.1016/j.envsoft.2018.05.020

EEA (2020), *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*.

FABRI M., LANZINI M., MANCINELLA D., SUCCHIARELLI C. (a cura di) (2014), *I Geositi del territorio di Roma Capitale*. SIGEA.

FERRANTI C. (2016), *L'evoluzione del reticolo idrografico romano e l'urbanizzazione*. In: Atti del convegno "L'evoluzione del reticolo idrografico romano e l'urbanizzazione nel settore sud-est della Capitale e i Colli Albani, dall'Unità d'Italia ad oggi" Roma, 20 novembre 2015. Geologia dell'Ambiente, Sigea-Società Italiana di Geologia Ambientale, supplemento n. 4/2016.

FICACCI S. (2007), *Tor Pignattara: fascismo e Resistenza di un quartiere romano*. Franco Angeli.

FUNICIELLO R., PRATURLON A., GIORDANO G. (a cura di) (2008), *La Geologia di Roma dal centro storico alla periferia*. Mem. Des. Carta Geol. It. n. LXXX. Dip. Scienze Geol. Roma Tre, Apat- Dip. Difesa Suolo, Comune di Roma-Ufficio Prot. Civile, Regione Lazio.

GAMBARDELLA B., MARINI L., BANESCHI I. (2005), *Dissolved potassium in the shallow groundwaters circulating in the volcanic rocks of central-southern Italy*. App. Geochem. 20: 875-897.

GOLFIERI B., HARDERSEN S., MAIOLINI B., SURIAN N. (2016), *Odonates as indicators of the ecological integrity of the river corridor: development and application of the Odonate River Index (ORI) in northern Italy*. Ecological Indicators 61: 234-247.

GRAPOW L.C., FANELLI G. (1993), *The vanishing landscape of the Campagna Romana*. Landscape and urban planning 24(1-4): 69-76.

GRAPOW L.C., CANEVA G., PACINI A. (2001), *La Flora del Colosseo*. Webbia 56(2): 321-342.

GRAPOW L.C., CAPOTORTI G., DEL VICO E., LATTANZI E., TILIA A., BLASI C. (2013), *The vascular flora of Rome*. Plant Biosystems 147(4): 1059-1087.

GRIME J.P. (2006), *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties*. John Wiley & S.

GUSTIN M., NARDELLI R., BRICHETTI P., BATTISTONI A., RONDININI C., TEOFILI C. (2019), *Lista Rossa IUCN degli uccelli nidificanti in Italia 2019*. Comitato Italiano IUCN e Ministero Ambiente.

IWATER INTERREG BALTIC SEA REGION PROJECT (2014), *IWater: Stormwater Integrated management* <https://www.integratedstormwater.eu/>

JOINT RESEARCH CENTER (2020) *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment*. European Commission.

KOWARIK I. (2011) *Novel urban ecosystems, biodiversity and conservation*. Env. Pollution 159: 1974-83

MATTIOLI W., CHIARABAGLIO P.M., ROSSO L., MELONI R., CORONA P. (2020), *Valutazione speditiva della potenzialità fitodepurativa di boschi ripariali*. Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology 17(1).

MAZZA R., CAPELLI G., LANZINI M. (2008), *Rischio di crollo di cavità nel territorio del VI Municipio del Comune di Roma*. Memorie storiche della Carta geologica 80/08.

PROCESI M., CINTI D., CASENTINI B., CABASSI J., AMALFITANO S., PIZZINO L., CAPECCHIACCI F., BUTTURINI A., FAZI S. (2020), *Geochemical characterization of an urban lake in the centre of Rome (Lake Bullicante, Italy)*. Ital. J. Geosci., 139(3): 436-449.

RISERVATO E., FABRI R., FESTI A., GRIECO C., HARDERSEN S., LANDI F., UTZERI C., RONDININI C., BATTISTONI A., TEOFILI C. (2014), *Lista Rossa IUCN delle libellule italiane*. Comitato italiano IUCN e Ministero Ambiente.

RONDININI C., BATTISTONI A., PERONACE V., TEOFILI C. (2013), *Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani*. Comitato Italiano IUCN e Ministero Ambiente.

SEVERINO C. (2005), *Roma, Mosaico urbano: il Pigneto fuori Porta Maggiore*. Gangemi.

TIEWS J., BROSE U., GRIMM V., TIELBÖRGER K., WICHMANN M.C., SCHWAGER M., JELTSCH F. (2004), *Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures*. Journal of biogeography 31(1): 79-92.

THOMAS C.D. (2017), *Inheritors of the Earth: how nature is thriving in an age of extinction*. Hachette.

WMO-IPCC (2020), *United in Science, the latest climate science information*. https://public.wmo.int/en/resources/united_in_science

ZHANG Y., YANG Z., LI W. (2006), *Analyses of urban ecosystem based on information entropy*. Ecological Modelling 197(1-2): 1-12.