

ATTI
DELLA
SOCIETÀ DEI NATURALISTI
E MATEMATICI DI MODENA
APS



Vol. CLVII

2026

Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena - APS è una rivista annuale, fondata nel 1866, che pubblica articoli originali riguardanti discipline scientifiche e ambientali (con particolare riguardo alla Regione Emilia-Romagna e all'Italia) e gli atti sociali. La rivista viene distribuita gratuitamente ai Soci e alle Società e Accademie corrispondenti, italiane e straniere, in tutte le parti del mondo. La rivista è indicizzata da: Zoological Record e British Library (Gran Bretagna), Bibliography and Index of Geology (USA), Biological Abstracts (USA), Chemical Abstracts (USA) e Referativnyi Zhurnal (Russia).

Consiglio Direttivo – Comitato di Redazione (2026-2028)

Presidente: Prof.ssa Maria Agnese Sabatini

Consiglieri: Prof. Ivano Ansaloni (Segretario), Prof.ssa Stefania Benvenuti, Prof.ssa Federica Calvi (Tesoriere), Prof.ssa Veronica Padovani, Prof. Cesare Andrea Papazzoni, Prof. Giovanni Tosatti (Direttore rivista "Atti")

Revisori dei Conti: Prof. Fabrizio Buldrini, Prof.ssa Lucrezia Mola; *Membro supplente:* Prof. Luca Forti

Norme per l'accettazione degli articoli

Le comunicazioni sottomesse agli Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena per la pubblicazione, dopo che la Redazione abbia verificato la loro pertinenza con gli ambiti disciplinari della rivista, saranno sottoposte al giudizio di uno o due *referee* esterni, che valuteranno i lavori sia sotto l'aspetto dei contenuti sia sotto quello formale ed esprimeranno il loro parere vincolante circa l'accettabilità dei lavori stessi. Gli articoli presentati in inglese e gli *Abstract* saranno inoltre sottoposti a controllo linguistico da parte di docente madrelingua.

Settori disciplinari e relativi revisori scientifici

Meteorologia, Climatologia: Prof. Dino Zardi (Università di Trento), Dr. Paolo Frontero (ARPA Veneto)

Scienze della Terra: Dr. Alessandro Pasuto (CNR-IRPI, Padova), Prof. Leonidas Stamatopoulos (Università di Patrasso, Grecia), Dr.ssa Giuliana Panieri (Arctic University of Norway, Tromsø, Norvegia)

Botanica, Agraria: Prof.ssa Claudia Angiolini (Università di Siena), Prof.ssa Laura Sadori (Sapienza Università di Roma), Prof. Sandro Lanfranco (L-University of Malta), Dr. Stephen Mifsud (EcoGozo, Ministry for Gozo, Victoria, Malta)

Zoologia, Ecologia, Genetica: Prof.ssa Annamaria Volpi Ghirardini (Ca' Foscari Università di Venezia), Prof. Luca Livraghi (George Washington University, Washington D.C., USA), Dr.ssa Francesca Leasi (University of Tennessee, Chattanooga, USA)

Matematica: Prof. Sergio Invernizzi (già Università di Trieste)

Fisica: Prof.ssa Marisa Michelini (Università di Udine)

Chimica, Scienze Farmaceutiche: Prof. Gabriele Caviglioli (Università di Genova)

Archeologia, Antropologia: Dr. Marco Bettelli (CNR-ICEVO, Roma), Prof. Alessandro Vanzetti (Sapienza Università di Roma), Dr.ssa Monica Ganio (Getty Museum, New York, USA), Dr. Federico Calò (Metropolitan Museum, New York, USA)

Lingua Inglese: Prof.ssa Andrea Mary Lord (già Manchester University, UK)



ISSN 0365 - 7027

Autorizzazione del Tribunale di Modena n. 387 del 10 agosto 1962

Direttore Responsabile: Giovanni Tosatti

Redazione: Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena - APS

Corrispondenza: c/o UNIMORE, Via Università 4, 41121 MODENA

Biblioteca: Via A. Vivaldi 70, 41125 MODENA

Codice Fiscale: 80016770366

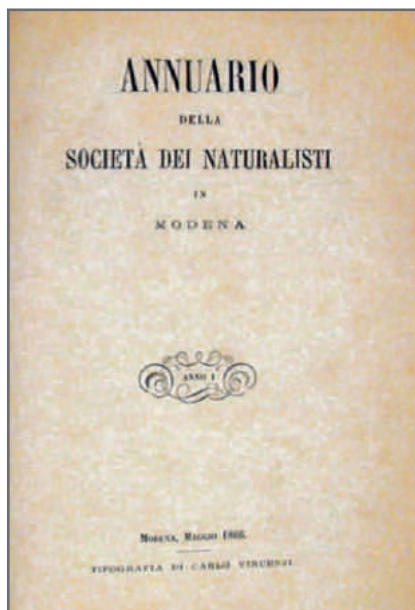
Codice IBAN: IT1000538712900000000009999; Codice BIC-SWIFT: BPMOIT22XXX

Sito web: www.socnatmatmo.unimore.it; e-mail redazione: john.tosatti@gmail.com



1866-2026

**160 anni dalla pubblicazione del primo numero degli
Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena
(già “Annuario della Società dei Naturalisti in Modena”)**



*Frontespizio del n. 1, anno I,
dell'Annuario della Società
dei Naturalisti in Modena, maggio
1866, contenente il primo Statuto
della Società*



*Giovanni Canestrini (1835-1900)
Fondatore e primo Presidente
della Società*





**Luca Lombroso*, Sofia Costanzini*, Francesca Despini*,
Sergio Teggi***

Annuario 2025 dell'Osservatorio Geofisico di Modena

Riassunto

Viene presentato l'Annuario delle osservazioni meteorologiche raccolte presso l'Osservatorio Geofisico di Modena, situato nella torre di levante del Palazzo Ducale in Piazza Roma n. 22. La pubblicazione dell'Annuario ha avuto inizio nel 1896 sotto la direzione del Prof. Ciro Chistoni; inizialmente distribuito come "Pubblicazione dell'Osservatorio Geofisico" e inviato in scambio a numerose istituzioni internazionali, è pubblicato dal 1969 negli Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena. Nel corso del 2025 le osservazioni meteorologiche sono proseguite regolarmente e senza interruzioni, con procedure di validazione e controllo della qualità dei dati. L'annuario riporta i valori medi, cumulati ed estremi dei principali parametri meteorologici, corredati da rappresentazioni grafiche delle variazioni annuali e mensili e dal confronto con le medie climatologiche del trentennio 1991-2020. I dati giornalieri completi sono presentati in forma tabellare. Sono inoltre incluse le tabelle dei "più e meno del 2025", relative agli estremi e ai valori medi osservati sia presso la stazione storica di Piazza Roma sia presso la stazione meteorologica del Campus DIEF del Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari". L'analisi climatica di sintesi evidenzia che il 2025 si colloca al quarto posto tra gli anni più caldi dall'inizio delle osservazioni, con una temperatura media annuale di 16,5 °C (+1,4 °C rispetto al periodo 1991-2020). Le precipitazioni totali annue sono risultate pari a 584,2 mm, con un'anomalia negativa del -15% rispetto alla media climatologica di riferimento.

Abstract

Yearly report of 2025 at the Geophysical Observatory of Modena (Italy). The annual report of meteorological observations collected at the Geophysical Observatory of Modena, located at the Dukes' Palace in Piazza Roma no. 22, is presented. The publication of the Yearbook began in 1896 under the direction of Professor Ciro Chistoni. Initially the report was distributed as a "Publication of the Geophysical Observatory" and circulated through international exchanges with numerous international meteorological institutions. Since 1969, it has been published in the Proceedings of the Società dei Naturalisti e Matematici di Modena. Throughout 2025, meteorological observations were carried out continuously and without interruption, with thorough data validation. This yearbook provides a summary of mean, cumulative, and extreme values of the main meteorological parameters,

* Osservatorio Geofisico, Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari", Università di Modena e Reggio Emilia, Via P. Vivarelli 10, 41125 MODENA; e-mail: ossgeo@unimore.it.

along with graphical representations of annual and monthly variability compared with the 1991-2020 climatological reference period. Complete daily data are also presented in tabular form. Also included are the “highs and lows of 2025” tables, showing extreme and mean values at both the historical Piazza Roma observatory and at the DIF Campus meteorological gauge of the Department of Engineering “Enzo Ferrari”. Climate synthesis analysis shows that 2025 ranks as the fourth warmest year since the beginning of observations, with a annual mean temperature of 16.5 °C (+1.4 °C higher than the 1991-2020 average). Total annual precipitation was 584.2 mm, with a negative anomaly of -15% compared with the 1991-2020 climatological average.

Parole chiave: Meteorologia, climatologia, ambiente, Modena

Keywords: Meteorology, Climatology, Environment, Modena, Italy

1. Introduzione

L'Osservatorio Geofisico di Modena ha tuttora sede nel torrione di levante del Palazzo Ducale, che ospita sin dalle origini la struttura. Fondato nel 1826 per volontà del duca Francesco IV d'Este come Osservatorio Astronomico, l'istituto ha avviato fin dai primi anni anche attività di osservazione meteorologica e climatica, sotto la guida del Prof. Giuseppe Bianchi. A partire dal 1830, l'Osservatorio raccoglie in modo continuo dati meteorologici, dando origine a una serie storica di straordinario valore scientifico, riconosciuta a livello internazionale. Gli strumenti e le metodologie adottate sono conformi agli standard dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO), che nel 2020 ha conferito all'Osservatorio il riconoscimento di “Stazione di Osservazione Centenaria” (Lombroso *et al.*, 2021).

Nel 1896, sotto la direzione del Prof. Ciro Chistoni, l'Osservatorio iniziò a pubblicare con continuità i dati giornalieri sotto forma di annuario. In origine, gli “Annuari dell'Osservatorio Geofisico” erano stampati e distribuiti in scambio a numerose istituzioni scientifiche internazionali; dal 1969 i dati sono confluiti negli Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena (Vol. CI, 1970 e seguenti), mantenendo il carattere sintetico e sistematico delle pubblicazioni storiche.

Nel corso del 2025, le attività dell'Osservatorio si sono svolte regolarmente, affiancando all'attività osservativa anche iniziative di divulgazione scientifica, incontri pubblici e aperture straordinarie della sede, restaurata nel biennio 2018-2019.

Nel presente articolo viene proposta una panoramica dei dati meteoclimatici rilevati presso la stazione storica di Piazza Roma, proseguendo la tradizione di documentazione e diffusione delle osservazioni. Sono presentate analisi statistiche annuali relative a temperatura, precipitazioni e neve, oltre ad approfondimenti sui parametri di ventosità e radiazione solare. I dati giornalieri e

mensili delle temperature minime, massime e medie, così come delle precipitazioni liquide e nevose, sono rappresentati anche in forma grafica e confrontati con le medie climatologiche del periodo 1991-2020. I valori giornalieri completi sono inoltre riportati nelle tabelle in appendice.

Nel corso del 2025, le osservazioni sono proseguite anche nelle altre stazioni della rete meteorologica locale (Tab. 1). Tale rete comprende le stazioni del Campus universitario DIEF di Modena e del Campus di Reggio Emilia, oltre a diverse stazioni sperimentali: presso l'Ospedale Policlinico di Modena, attiva dal 2015 per il monitoraggio di un impianto di trigenerazione (referente Prof.ssa Grazia Ghermandi); presso Via Caruso a Modena, nell'ambito di una sperimentazione su materiali riflettenti (*cool roof*) coordinata dal Prof. Alberto Muscio; a Gaiato di Pavullo, nell'ambito di un progetto di monitoraggio di una frana (referente Prof. Mauro Soldati); a Campogalliano, gestita nell'ambito della rete Emilia-Romagna Meteo APS.

La rete si estende anche a livello internazionale grazie alla stazione meteorologica "Karen Mogensen - Costa Rica", gestita in collaborazione con l'associazione Foreste per Sempre - GEV Modena e integrata nel sistema dell'Osservatorio. Negli archivi dell'Osservatorio confluiscono inoltre i dati acquisiti presso la stazione meteorologica del Comune di Spilamberto.

Stazione	Ubicazione	Comune	Latitudine	Longitudine
Osservatorio Geofisico	Torre di levante, Palazzo Ducale	Modena	44°38'50,76" N	10°55'45,50" E
Policlinico	Tetto del Policlinico di Modena	Modena	44°38'10" N	10°56'34" E
Campus DIEF	DIEF Unimore	Modena	44°37'41,76" N	10°57'1,86" E
Reggio Emilia	Campus San Lazzaro, edificio Boccia	Reggio Emilia	44°41'24" N	10°40'12" E
Stazione EELab - DIEF (progetto di ricerca)	Via E. Caruso	Modena	44°40'17,47" N	10°58'56,70" E
Karen Costa Rica (Foreste per Sempre OdV)	Riserva Naturale Karen Mogensen	San Ramón de Río Blanco - Jicaral (Costa Rica)	9°52'16" N	85°3'26" W
Spilamberto (MO) (convenzione con Comune)	Torrione medioevale	Spilamberto (MO)	44°31'59,9" N	11°1'22,8" E
Campogalliano (MO) (Sig. F. Benetti - ERmeteo)	Piazza della Bilancia	Campogalliano (MO)	44°41'30" N	10°30'28" E
Gaiato di Pavullo (MO) (progetto di ricerca)	Torre di Gaiato	Pavullo (MO)	44°17'29,57" N	10°50'24,28" E

Tab. 1 – Stazioni della rete meteorologica dell'Osservatorio Geofisico.

Tutti i dati provenienti dalle diverse stazioni vengono regolarmente salvati, sottoposti a controlli di qualità, validati e archiviati con sistemi di *backup* per garantirne la sicurezza. Maggiori informazioni sulla rete e sull'accesso ai dati sono disponibili sul sito ufficiale dell'Osservatorio Geofisico: www.ossgeo.unimore.it.

2. Riepilogo delle osservazioni dell'anno 2025

Nella Tab. 2 sono riportati i principali dati meteoroclimatici dell'anno 2025 rilevati presso la storica stazione di riferimento dell'Osservatorio Geofisico.

Nel corso del 2025, la temperatura media annuale è risultata pari a 16,5 °C, calcolata come media delle temperature minime e massime giornaliere. Il valore evidenzia un'anomalia positiva di +1,4 °C rispetto alla media climatica del periodo 1991-2020. Considerando la lunga serie storica delle temperature, raccolta in modo omogeneo dal 1860 ad oggi, il 2025 si colloca al quarto posto tra gli anni più caldi. Il record resta il 2023 (16,9 °C), seguito dal 2022 (16,8 °C), mentre l'anno più freddo della serie è il 1881 (11,8 °C).

La temperatura minima media annuale è stata di 13,1 °C, mentre la temperatura massima media ha raggiunto 19,8 °C, con anomalie rispettivamente di +1,5 °C e +1,2 °C rispetto al clima di riferimento.

Nel dettaglio degli estremi, il giorno più freddo dell'anno è stato il 30 dicembre, con una minima di -2,0 °C. Il valore minimo assoluto della serie resta quello dell'11 gennaio 1985 (-15,5 °C). Il giorno più caldo del 2025 è stato invece il 26 giugno, con una temperatura massima di 36,3 °C, valore comunque inferiore al record storico di 38,5 °C, registrato il 29 luglio 1983.

Dal punto di vista pluviometrico, il 2025 è risultato complessivamente meno piovoso della media, con un accumulo annuo di 584,2 mm, pari a circa il 15% in meno rispetto alla media 1991-2020 (691,4 mm).

Nel corso dell'anno sono stati registrati 116 giorni con precipitazioni misurabili, di cui 70 classificabili come "giorni piovosi" (≥ 1 mm in 24 ore).

Non si sono registrati episodi di neve con accumulo al suolo. Nel contesto recente, la media annua della neve fresca accumulata in 24 ore è pari a 5,4 cm, rendendo il periodo 2016-2025 il più povero di neve dell'intera serie storica dell'Osservatorio, disponibile dal 1830.

Per quanto riguarda il vento, la raffica massima registrata nel 2025 è stata di 86,8 km/h, il 14 giugno, valore inferiore al record assoluto di 112 km/h del 24 luglio 2004.

Infine, presso la stazione meteorologica del Campus DIEF di Modena, la temperatura media annuale è risultata pari a 15,4 °C, mentre le precipitazioni totali hanno raggiunto 575,6 mm, in linea con la media climatica di riferimento.

	2025	Min storico	Max storico	Med. 1991-2020
Temperatura media annua (°C)	16,5	11,8 (1881)	16,9 (2023)	15,1
Media temperature minime (°C)	13,1	7,1 (1879)	13,4 (2023-2024)	11,7
Media temperature massime (°C)	19,8	15,9 (1861)	20,5 (2023)	18,6
Giorno più caldo (massimo di temperatura massima) (°C)	36,3 (26/06/2025)	30,6 (14/07/1912)	38,5 (29/07/1983)	-
Giorno più freddo (minimo di temperatura minima) (°C)	-2,0 (30/12/2025)	-15,5 (11/01/1985)	-1,0 (24/12/2008)	-
Precipitazioni totali (mm)	584,2	305,4 (1834)	1153,3 (1839)	691,4
Giorno più piovoso dell'anno (mm)	57,1 (24/12/2025)	21,1 (16/11/1837)	165,4 (05/10/1990)	-
Numero di giorni con precipitazioni misurabili (prec.>0 mm)	116	57 (1847)	160 (1960)	114
cm neve fresca (2025)	0	0 (2022) ⁽¹⁾	252 (1844)	29,5
cm neve fresca (2024/25)	0	0 (2021/22) ⁽¹⁾	242 (1844/45)	29,4
Numero giorni con neve misurabile (2025)	0	0 (2007) ⁽¹⁾	23 (1895)	5
Numero di giorni con neve misurabile (inverno 2024/25)	0	0 (2006/07) ⁽¹⁾	25 (1894/95)	5
Max neve giornaliera in cm (2025)	0	0 (vari)	89 (14/12/1844)	-
Vento: max velocità in km/h	88 (14/06/2025)	-	112 (24/07/2004)	-
⁽¹⁾ Vari anni: è indicato l'ultimo				

Tab. 2 – Riepilogo dei principali dati meteoroclimatici del 2025 registrati presso l'Osservatorio Geofisico posto nel torrione del Palazzo Ducale di Modena.

3. Andamento meteoroclimatico dettagliato dell'anno 2025

Il 2025 ha mostrato un andamento meteorologico molto variabile, ma nel complesso ben diverso dal 2024: meno piogge distribuite nel corso dell'anno, una lunga e intensa fase calda fra tarda primavera ed estate e un finale d'anno molto piovoso ma senza veri episodi invernali di rilievo.

Gennaio si è aperto con caratteristiche invernali piuttosto modeste, spesso grigie e umide ma senza freddo severo. Dopo una prima decade mite e nuvolosa, a metà mese si è avuta una fase più fresca con minime in calo fino a 0,4 °C il 14 gennaio, mentre verso fine mese si è registrato un episodio insolitamente mite, culminato con una massima di 17,2 °C il 28 gennaio. Le precipitazioni sono rimaste modeste e distribuite in episodi deboli, senza neve.

Febbraio ha mantenuto un profilo generalmente mite, con pochi spunti invernali. Dopo alcuni giorni più freddi a metà mese, con minime fino a 1,1 °C il 16 febbraio, nella terza decade il tempo è tornato più umido e spesso nuvoloso. Il mese si è distinto soprattutto per le precipitazioni della parte finale, con un episodio più importante il 26 febbraio, quando sono caduti 21,4 mm, mentre le temperature, pur senza eccessi, si sono mantenute spesso sopra i valori tipici delle fasi più fredde dell'inverno.

Marzo ha segnato un deciso passaggio verso condizioni primaverili. La prima decade è stata molto soleggiata e mite, con massime in progressivo aumento fino a 16,1 °C il 6 marzo. A metà mese si sono avuti diversi episodi piovosi, tra cui spiccano i 17,1 mm del 14 marzo e i 16,7 mm del 15 marzo, seguiti però da una breve irruzione più fresca che ha riportato le temperature su valori quasi invernali tra il 18 e il 20 marzo. Nell'ultima parte del mese il tempo è tornato di nuovo mite, con una massima di 19,1 °C il 30 marzo.

Aprile ha avuto un andamento tipicamente dinamico. Nella prima metà del mese si sono alternate giornate luminose e miti, con temperature in aumento fino a 23,4 °C l'11 aprile, seguite da una fase più umida e instabile con piogge significative: in particolare il 14 aprile sono caduti 20,7 mm. La seconda metà del mese ha visto il ritorno di condizioni più calde e spesso soleggiate, culminate con 25,4 °C il 30 aprile, segnale precoce di una stagione calda che si sarebbe poi pienamente affermata nelle settimane successive.

Maggio ha mostrato un volto contrastato. I primi giorni sono stati quasi estivi, con massime fino a 28,3 °C il 2 e 3 maggio, ma dal 6 in poi si sono inserite alcune fasi instabili, con piogge e rovesci tra il 6 maggio (11,8 mm), il 15 maggio (8,6 mm) e il 27 maggio (8,2 mm). Nonostante questi episodi, il mese è stato nel complesso piuttosto caldo e progressivamente più secco, soprattutto nella seconda parte, con temperature diurne ormai stabilmente elevate.

Giugno ha inaugurato la parte più calda dell'anno e ha rappresentato il primo vero episodio di lunga ondata di calore. Dopo un inizio già molto caldo, fra il 7 e il 15 giugno le temperature massime hanno superato spesso i 31-35 °C, con 35,0 °C il 14 giugno. A metà mese una fase instabile ha temporaneamente interrotto il caldo, con 31,5 mm di pioggia il 16 giugno, ma subito dopo la calura è tornata in modo ancora più intenso. Nella terza decade il mese è diventato pienamente estivo, fino a raggiungere il 26 giugno la massima annua di 36,3 °C, accompagnata anche da una temperatura media giornaliera eccezionalmente elevata.

Luglio si è confermato molto caldo, soprattutto nella prima metà. Nei primi giorni del mese le temperature medie giornaliere hanno superato più volte i 30 °C, con massime fino a 36,0 °C il 4 luglio. Successivamente si sono avute alcune pause più fresche e instabili, con rovesci modesti ma localmente apprezzabili, ad esempio 9,5 mm l'8 luglio e 9,0 mm il 28 luglio, senza tuttavia

compromettere il carattere complessivamente caldo del mese. L'afa e l'umidità hanno accentuato il disagio, soprattutto durante le fasi con minime molto elevate.

Agosto ha proseguito sulla stessa linea, con una lunga persistenza di caldo estivo marcato. Nella prima metà del mese le massime hanno raggiunto o superato spesso i 34-35 °C, con 36,0 °C il 10 agosto e valori molto elevati anche nei giorni successivi. Solo dopo Ferragosto il mese ha mostrato qualche segnale di attenuazione, accompagnato da alcuni temporali o rovesci sparsi, come i 12,2 mm del 17 agosto, i 12,6 mm del 20 agosto e gli 11,1 mm del 28 agosto. Nel complesso però agosto è rimasto prevalentemente caldo e secco.

Settembre ha segnato una transizione più graduale verso l'autunno rispetto al 2024. La prima metà del mese è stata ancora spesso mite o moderatamente calda, con massime comprese in genere tra 26 e 30 °C, ma senza eccessi. Nella seconda metà si è osservato un progressivo ridimensionamento termico, più sensibile negli ultimi giorni del mese, quando le massime sono scese fino a 20-23 °C e le minime hanno raggiunto valori intorno ai 14-15 °C. Le precipitazioni sono rimaste generalmente modeste, con solo deboli episodi piovosi.

Ottobre ha mostrato un andamento più autunnale ma ancora relativamente mite nella prima metà. Dopo un inizio variabile, le temperature sono risalite fino a 22,4 °C il 10 ottobre, prima di avviarsi lentamente verso valori più stagionali. Le piogge, pur senza eventi estremi, si sono concentrate in alcuni episodi tra inizio e fine mese, con 6,2 mm il 1° ottobre, 9,9 mm il 23 ottobre e 7,8 mm il 30 ottobre. L'autunno è entrato quindi senza strappi, ma con gradualità.

Novembre ha segnato il vero cambio di stagione. Dopo una prima parte ancora relativamente mite, nella seconda decade si sono avuti i fenomeni più significativi del mese, con 11,8 mm di pioggia il 16 novembre e soprattutto 26,9 mm il 17 novembre. Subito dopo si è verificato un netto raffreddamento: tra il 19 e il 24 novembre le temperature sono calate sensibilmente, con massime spesso inferiori ai 10 °C e minime scese fino a 2,8 °C il 23 novembre. È stata una delle fasi più fredde dell'autunno, ma senza neve o gelo rilevante.

Dicembre ha chiuso l'anno con un andamento molto umido e a tratti perturbato, ma ancora una volta senza veri episodi nevosi. La prima metà del mese è stata spesso grigia, umida e relativamente mite; poi, nella fase natalizia, sono arrivate le precipitazioni più abbondanti dell'intero anno: il 24 dicembre sono caduti 57,1 mm, seguiti da altri 20,7 mm il 25 dicembre, evento di notevole rilievo per il periodo. Solo negli ultimissimi giorni si è avuto un temporaneo raffreddamento più deciso, con la minima annua di -2,0 °C il 30 dicembre, comunque senza accumuli nevosi.

Nel complesso, il 2025 si è distinto per un'estate lunga, molto calda e spesso secca, culminata con valori elevatissimi fra giugno, luglio e agosto, e per un finale d'anno molto piovoso, specie nel periodo natalizio. L'inverno è rimasto

ancora una volta modesto, con poche gelate e nessun episodio nevoso significativo, mentre la primavera ha mostrato forti oscillazioni ma con una chiara tendenza verso un precoce avvio della stagione calda.

4. I più e i meno del 2025: riepilogo dei valori estremi a Modena

Temperatura dell'aria	Modena Osservatorio (confronto climatico)	Modena Campus
Tmed annua	16,5 °C (Media 1991-2020: 15,1 °C)	15,4 °C
Media di Tmin	13,1 °C (Media 1991-2020: 11,6 °C)	10,0 °C
Media di Tmax	19,8 °C (Media 1991-2020: 18,6 °C)	20,7 °C
Tmin assoluta (notte più fredda)	-2,0 °C il 30/12/2025 (-15,5 °C il 11/01/1985)	-4,6 °C (13/01/2025)
Tmax assoluta (pomeriggio più caldo)	36,3 °C il 26/06/2025 (38,5 °C il 29/07/1983)	37,8 °C (10/08/2025)
Tmax più bassa (pomeriggio più freddo)	+4,8 °C il 04/01/2025 (-7,4 °C il 13/02/1929)	+3,8 °C (04/01/2025)
Tmin più alta (notte più calda)	27,6 °C il 26/06/2025 (+28,4 il 27/07/2006)	+24,1 °C (02/07/2025)
Tmed più alta (Giorno più caldo)	32,0 °C il 26/06/2025 (+33,0 °C il 06/08/2003)	30,6 °C (26/06/2025)
Tmed più bassa (giorno più freddo)	+1,7 °C il 30/12/2025 (-10,6 °C l'11/01/1985)	+0,7 °C (30/12/2025)
Minore escursione termica (giorno meno variabile)	0,8 °C il 04-12-2025 e il 25-12-2025 (0,1 °C il 18/01/1867)	1,1 °C (25/12/2025)
Maggiore escursione termica (giorno più variabile)	13,4 °C il 16/06/2025 (19,1 °C il 17/04/1991)	19,7 °C (11/04/2025)
N. gg con Tmin < 0 °C (giorni di gelo)	1 (27 giorni)	35
N. gg con Tmax < 0 °C (giorni di gelo senza disgelo)	0 (2 giorni)	0
N. gg con Tmin ≥ 20 °C (notti tropicali)	84	40
N. gg con Tmax ≥ 30 °C (giorni caldi)	62	81
N. gg con Tmax ≥ 35 °C (giorni roventi)	10	23

Tab. 3 – Riepilogo degli estremi e delle statistiche della temperatura atmosferica. Tmed, Tmin, Tmax: temperature media, minima e massima.

Precipitazioni	Modena Osservatorio (confronto climatico 1991-2020)	Modena Campus
Precipitazioni totali	584,2 mm (691,4 mm)	575,6 mm
Giorno più piovoso	57,1 mm il 24/12/2025	46,2 mm il 24/12/2025
Giorni piovosi ($P_{mm}>1\text{ mm}$)	70	76
Giorni bagnati ($P_{mm}>0\text{ mm}$)	116	164
Giorni con almeno 50 mm	1	0
Totale di neve fresca	0 cm	-
Numero di giorni con neve misurabile	0	-
Giorno più nevoso	0 (89 cm il 14/12/1844)	-

Tab. 4 – Riepilogo delle statistiche e degli estremi delle precipitazioni idriche. P_{mm} : precipitazione in mm.

Umidità relativa	Modena Osservatorio ⁽¹⁾ (confronto climatico 1991-2020)	Modena Campus ⁽²⁾
Umidità media annuale	61% (64 %)	76%
Giorno più secco (R_h media più bassa)	29% il 11/07/2025	47% il 16/08/2025
Giorno più umido (R_h media più alta)	100% il 14/04/2025	97% il 16/11/2025

⁽¹⁾ Medie calcolate su 8, 14,19; ⁽²⁾ medie calcolate su tutti i dati giornalieri.

Tab. 5 – Riepilogo delle statistiche e degli estremi dell'umidità relativa. R_h : umidità relativa.

Velocità del vento	Modena Osservatorio ⁽¹⁾ (confronto climatico)	Modena Campus ⁽²⁾
Velocità media del vento	10,0 km/h	-
Giorno più ventoso ($V_{med\ max}$)	24 km/h il 28/01/2025	-
Giorno con raffica più forte (V_{max} più alta)	86,8 km/h il 14/06/2025	-

⁽¹⁾ Medie calcolate su 8, 14,19; ⁽²⁾ medie calcolate su tutti i dati giornalieri.

Tab. 6 – Riepilogo statistiche ed estremi della velocità del vento. V_{med} , V_{max} : velocità del vento media e massima.

Soleggiamento	Modena Osservatorio (confronto climatico)	Modena Campus ⁽¹⁾
Radiazione solare totale	5127,2 MJ/m ²	4676,4 MJ/m ²
Radiazione giornal. più alta	30,2 MJ/m ² il 09/07/2025	27,8 MJ/m ² il 09/07/2025
Radiazione giornal. più bassa	0,4 MJ/m ² il 24/12/2025	0,0 MJ/m ² il 04/01/2025
Eliofania totale annua	2226,0 ore	-
Giorno con più ore sole	13,9 il 09/07/2025	-
Numero di giorni senza sole	59	-
Radiazione UV totale	-	3599,5 MEDs
Giorno con radiazione UV più elevata	-	24,3 MEDs il 30/06/2025

⁽¹⁾ Dati mancanti a gennaio, febbraio, marzo.

Tab. 7 – Riepilogo delle statistiche di radiazione solare ed eliofania.

5. Classifiche storiche dei parametri principali per l'Osservatorio Piazza Roma

Parametro	Valore 2025	Scarto da 1991-2020	Posizione	Anno più e meno	Inizio serie
Temperatura media annuale	16,5 °C	+1,4 °C	4° più caldo 163° più freddo	2023 (16,9 °C) 1881 (11,8 °C)	1860
Precipitazioni nell'anno	584,2 mm	-15 %	136° più piovoso 72° più secco	1839 (1153,3 mm) 1834 (305,4 mm)	1830
N. gg piovosi con Pmm >1 mm	70	-4	132° con più gg 68° con meno gg	1960 (108) 1945 (50)	1830
Neve fresca nell'anno	0	-29,5 cm	180° più nevoso 1° meno nevoso	1844 (252 cm) Vari con 0 cm	1830

Tab. 8 – Riepilogo delle statistiche storiche di temperatura, precipitazioni e altezza neve fresca.

6. Andamento dei principali dati meteorologici nell'anno 2025

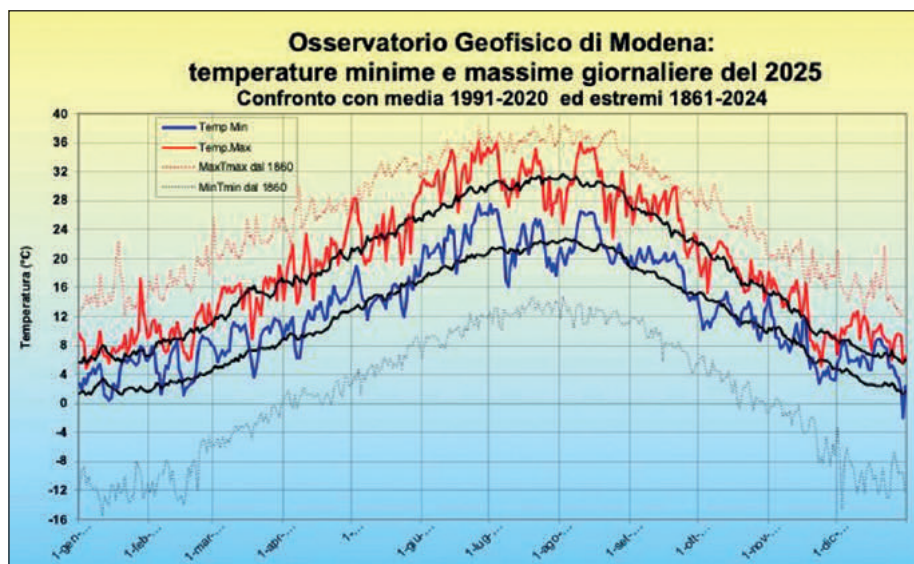


Fig. 1 – Andamento annuale delle temperature minime e massime giornaliere nel 2025 e confronto con i valori medi giornalieri (periodo 1991-2020).

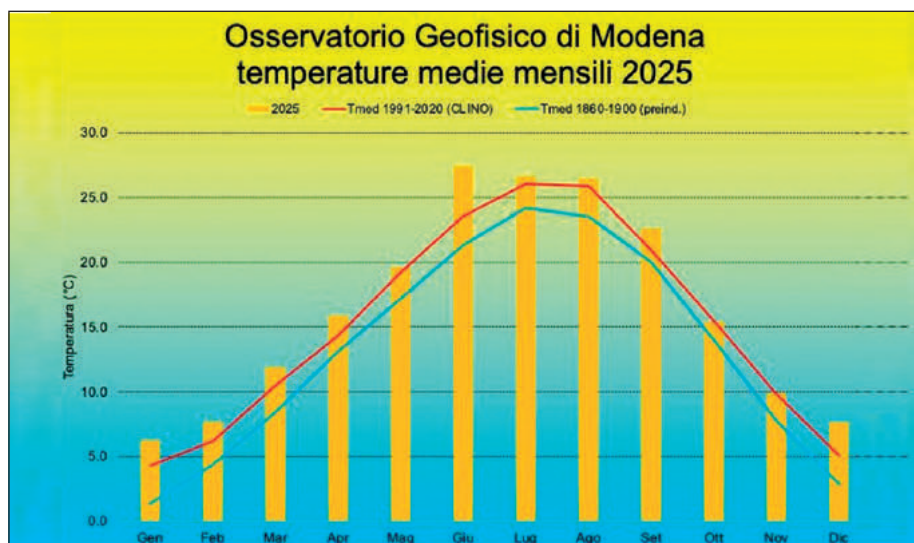


Fig. 2 – Temperature medie mensili del 2025 a confronto con la media climatologica “preindustriale” (1871-1900) e con la più recente media trentennale 1991-2020.

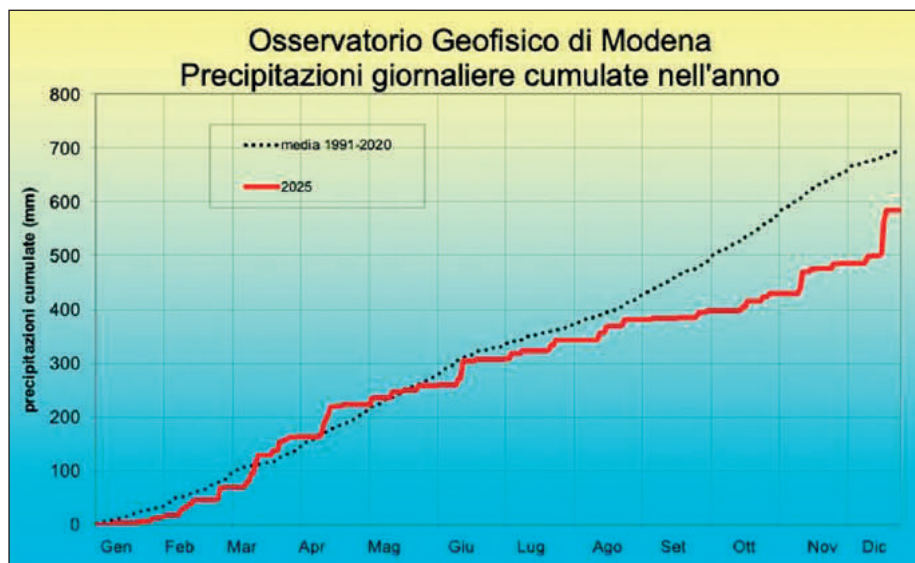


Fig. 3 – Precipitazioni giornaliere cumulate nel corso del 2025 confrontate con l'andamento annuale climatologico 1991-2020.

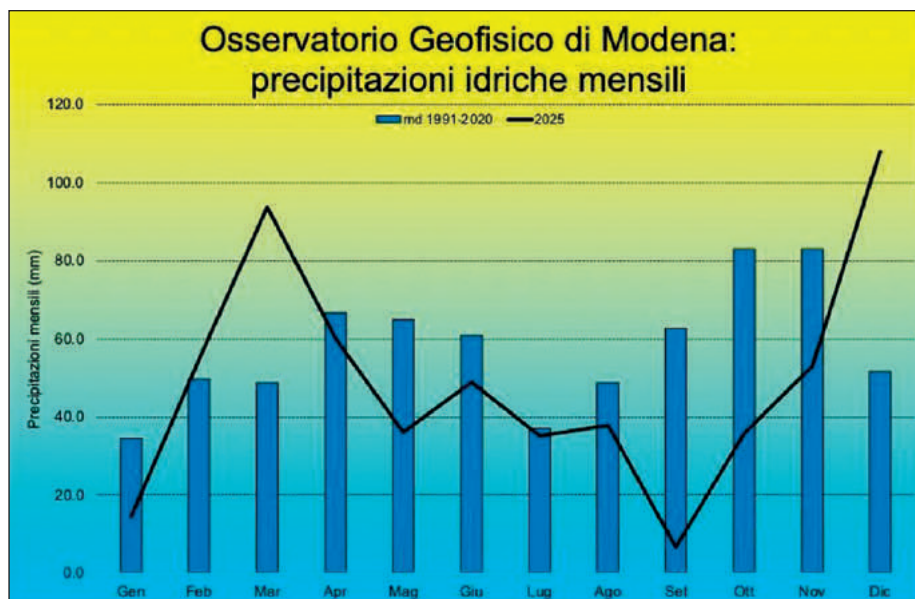


Fig. 4 – Precipitazioni mensili del 2025 confrontate con il valore medio del periodo 1991-2020.

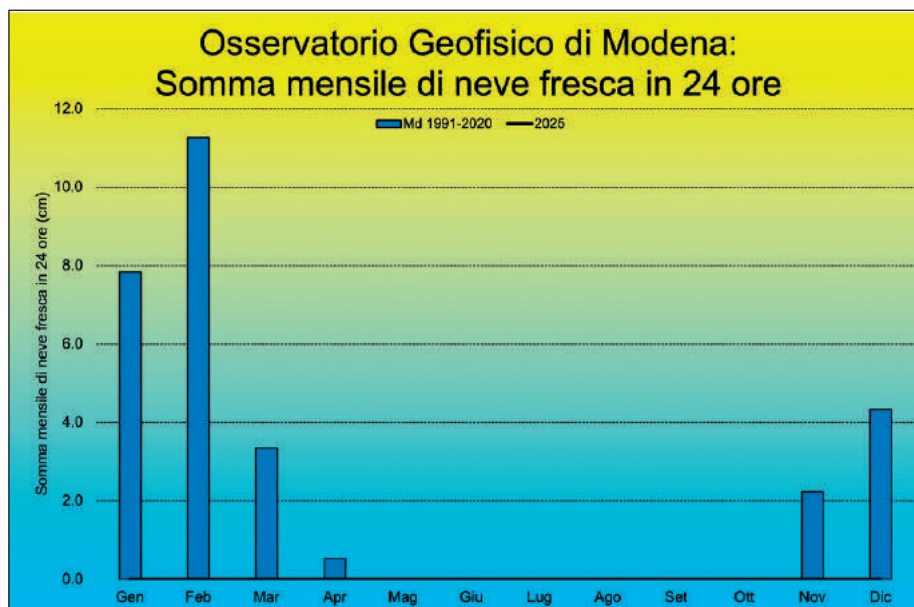


Fig. 5 – Precipitazioni nevose mensili del 2025 (0 cm) confrontate con il valore medio 1991-2020.

Osservatorio Geofisico di Modena – riepilogo mensile dei dati del 2025															
Unità SI	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Media/somma	Data estremo	
Min Tmin	°C	0,4	1,1	3,6	6,2	11,6	17,9	16,1	19,1	14,2	8,6	2,8	-2	-2,0	
Max Tmax	°C	17,2	13,8	19,1	25,4	28,9	36,3	36	36	30,2	22,4	18,1	12,7	36,3	
Med Tmin	°C	4,2	5,6	8,8	12,1	15,3	22,8	22,2	22,3	18,9	12,2	7,4	5,8	13,2	
Med Tmax	°C	8,3	9,8	15,0	19,7	24,0	32,0	31,1	30,6	26,4	18,6	12,4	9,6	19,8	
Med Tmed	°C	6,3	7,7	11,9	15,9	19,7	27,4	26,6	26,4	22,6	15,4	9,9	7,7	16,5	
N. gg Tmax<0 °C	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
N. gg Tmin<0 °C	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,0	
Somma Pmm	mm	14,4	54,7	93,7	60,1	36,1	48,9	35,1	37,8	6,6	35,8	53	108	584,2	
Max P mm giorni.	mm	3,9	21,4	17,1	20,7	11,8	31,5	9,5	12,6	2,4	9,9	26,9	57,1	57,1	
N. gg Pmm>0 e Pmm<1	-	8	4	7	3	3	1	4	4	2	2	1	7	46,0	
N. gg Pmm≥ 1mm	-	5	8	11	7	7	4	5	3	3	5	6	6	70,0	
N. gg “pioggia” >0 mm		13	12	18	10	10	5	9	7	5	7	7	13	116,0	
Somma H neve	cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Massimo H neve	cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
N. gg neve	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
Somma GG > 10 °C	-														
Somma GG <20 °C	-														
Media Pressione	hPa	1011,4	1015,5	1007,1	1006,9	1005,5	1009,7	1005,3	1007,0	1009,5	1009,1	1007,6	1012,2		
Radiazione solare	MJ/m²	141,1	180,4	382,5	539,4	658,8	788,7	706,6	632,9	466,9	328,0	182,7	119,3	5127,2	
Umidità media	%	77,9	76,1	61,8	56,9	49,1	41,6	44,7	49,8	55,8	64,4	75,2	83,2	61,4	
Vento Max	km/h	79,9	70,6	63,4	63,7	61,2	86,8	71,3	73,4	45,0	46,1	46,1	54,7	86,8	
Eliofania	ore	81,5	72,4	153,0	194,4	256,2	326,0	297,5	266,9	186,1	175,7	120,4	95,9	2226,0	
N. giorni ≥30 °C		0	0	0	0	0	0	25	16	1	0	0	0	62	

Tab. 9 – Aggiornamento delle principali tabelle del libro “L'Osservatorio di Modena. 180 anni di misure meteorologiche”: riepiloghi mensili dell'anno 2025

Osservatorio Geofisico di Modena – riepilogo dei dati climatologici del periodo 1991-2020															
	Unità SI	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Media/somma	Data estremo
Min Tmin (*)	°C	-15,5	-14	-6,1	-0,7	1,1	6,1	10,2	10,4	4,1	-1,4	-8,5	-14,6	-15,5	11/01/1985
Max Tmax	°C	22,4	21,9	25,8	30	34	38,2	38,5	38,4	34,6	30,4	22,8	21,8	38,5	29/07/1983
Med Tmin	°C	2,0	3,2	6,7	10,3	15,0	19,2	21,6	21,6	17,0	12,5	7,7	3,0	11,6	
Med Tmax	°C	6,6	9,2	14,3	18,3	23,4	28,0	30,5	30,2	24,8	18,5	12,0	7,2	18,6	
Med Tmed	°C	4,3	6,2	10,5	14,3	19,2	23,6	26,1	25,9	20,9	15,5	9,8	5,1	15,1	
N. gg Tmax≤0 °C	-	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	
N. gg Tmin≤0 °C	-	6,1	3,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	4,1	15,4	
Somma Pmm	mm	34,5	49,7	48,7	66,6	64,9	60,9	37,1	48,8	62,7	83,0	82,9	51,5	691,4	
Max Pmm giorn. (*)	mm	44,2	79	80,2	66,8	69,1	84,7	77,7	99,6	78,7	165,4	72,6	81,1	165,4	05/10/1990
N. gg Pmm>0 e Pmm<1	-	4,2	3,0	2,9	3,4	3,3	2,4	2,5	2,2	2,1	3,8	4,8	5,4	40,0	
N. gg Pmm≥1mm	-	5,6	5,5	6,0	8,1	7,6	5,9	3,5	4,0	6,1	7,3	8,0	6,4	74,1	
N. gg “pioggia” >0 mm		9,8	8,5	8,9	11,5	11,0	8,3	6,0	6,2	8,2	11,2	12,8	11,9	114,0	
Somma H neve	cm	7,8	11,3	3,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	4,3	29,5	
Massimo H neve	cm	80	43	40	15	10	0	0	0	0	0	26	89	89	14/12/1844
N. gg neve	-	1,6	1,5	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	5,1	
Somma GG > 10 °C	-	0,6	3,9	52,0	133,9	284,6	407,0	498,2	492,1	326,9	173,5	38,8	1,1	2412,5	
Somma GG<20 °C	-	486,7	390,5	294,1	172,1	52,5	7,9	0,2	0,9	23,6	143,1	304,7	462,4	2338,7	
Media Pressione	hPa	1011,6	1010,0	1007,9	1005,6	1006,6	1007,2	1007,2	1007,0	1008,6	1009,8	1009,0	1010,3	1008,4	
Radiazione solare	MJ/m²	120,1	168,8	287,3	357,4	518,7	534,5	594,2	493,4	328,1	229,2	126	109,9	3713,1	
Umidità media	%	78,9	68,1	60,9	59,8	54,8	53,4	48,3	51,8	58,5	72,3	78,9	78,5	64,2	
Vento Max	km/h	100	96	106	95	93	105	112	106	100,4	76	90	79	112	
Eliofania	ore	94,8	122,1	169	206,8	252	291,9	336,2	309,1	223,3	161,6	95,2	80,2	2328,8	
N. gg ≥30 °C		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	

Tab. 10 – Riepilogo delle medie ed estremi delle principali tabelle del libro "L'Osservatorio di Modena. 180 anni di misure meteorologiche" (gli estremi sono riferiti all'intera serie 1830-2016).

Bibliografia

- LOMBROSO L., QUATTROCCHI S., 2008 – *L'Osservatorio di Modena: 180 anni di misure meteoclimatiche*. Edizioni SMS/SMI - Società Meteorologica Italiana, 312 pp.
- LOMBROSO L., COSTANZINI S., DESPINI F., TEGGI S., 2021 – *Annuario 2020 dell'Osservatorio Geofisico di Modena: le osservazioni continuano e l'Osservatorio è nominato "Centennial Observing Station WMO"*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **152**, pp. 5-35.
- LOMBROSO L., COSTANZINI S., DESPINI F., TEGGI S., 2022 – *Annuario 2021 dell'Osservatorio Geofisico di Modena*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **153**, pp. 5-32.
- LOMBROSO L., COSTANZINI S., DESPINI F., TEGGI S., 2023 – *Annuario 2022 dell'Osservatorio Geofisico di Modena*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **154**, pp. 5-32.
- LOMBROSO L., COSTANZINI S., DESPINI F., TEGGI S., 2024 – *Annuario 2023 dell'Osservatorio Geofisico di Modena*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **155**, pp. 5-30.
- LOMBROSO L., COSTANZINI S., DESPINI F., TEGGI S., 2025 – *Annuario 2024 dell'Osservatorio Geofisico di Modena*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **156**, pp. 5-33.

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"												
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico												
Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
gennaio 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	Press Med (hPa)	Umid med (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVentM ed (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentM ax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/01/25	2,8	9,6	6,2	1021,8	74,0	0,0	0,0	7,9	0	14,4	7,8	7,020
02/01/25	2	8,8	5,4	1012,1	79,0	0,0	0,0	7,4	0	20,5	4,1	5,820
03/01/25	3,5	8,6	6,1	1006,8	81,7	0,0	0,0	10,3	0	24,5	2,8	3,490
04/01/25	2,7	4,8	3,8	1013,4	89,0	0,1	0,0	3,5	0	13,7	0,0	1,700
05/01/25	4,1	6	5,1	1009,2	82,0	0,0	0,0	6,6	0	14,0	0,0	2,010
06/01/25	4	5,9	5,0	1003,7	93,0	0,0	0,0	10,0	0	19,8	0,0	1,370
07/01/25	4,9	7,3	6,1	1000,7	86,7	0,1	0,0	8,6	0	25,9	0,1	2,940
08/01/25	4,1	6,7	5,4	1006,2	91,0	0,1	0,0	7,3	0	17,6	0,0	2,540
09/01/25	5,1	8	6,6	1001,3	91,3	2,7	0,0	11,5	0	35,6	0,1	2,660
10/01/25	5,4	10	7,7	1005,8	79,0	0,0	0,0	16,4	0	34,2	3,9	6,320
11/01/25	3,3	7,2	5,3	1009,2	64,7	0,0	0,0	6,6	0	21,2	2,2	4,520
12/01/25	1,1	6,5	3,8	1016,8	59,3	0,0	0,0	9,4	0	19,1	8,1	8,310
13/01/25	0,8	6,6	3,7	1023,2	58,7	0,0	0,0	17,3	0	54,7	7,9	8,380
14/01/25	0,4	5,5	3,0	1024,2	57,3	0,0	0,0	7,6	0	23,0	7,0	7,380
15/01/25	0,8	7,1	4,0	1016,2	51,3	0,0	0,0	8,0	0	21,6	7,2	8,730
16/01/25	2,7	7,7	5,2	1025,0	65,0	0,0	0,0	12,8	0	24,1	1,8	4,500
17/01/25	2,3	7	4,7	1027,3	66,0	0,0	0,0	8,5	0	18,4	3,8	6,500
18/01/25	2,2	7,2	4,7	1020,3	61,0	0,2	0,0	13,7	0	22,3	0,3	3,250
19/01/25	4,8	7,9	6,4	1016,2	70,7	0,5	0,0	7,8	0	23,0	0,1	2,750
20/01/25	6,1	7,6	6,9	1013,7	85,3	2,1	0,0	4,8	0	11,9	0,0	1,390
21/01/25	6,1	9,4	7,8	1009,9	85,7	0,0	0,0	7,8	0	20,9	2,0	4,430
22/01/25	5,6	6,9	6,3	1008,7	94,7	0,6	0,0	8,8	0	13,3	0,0	1,490
23/01/25	6,2	7,8	7,0	1004,6	95,0	0,5	0,0	8,0	0	19,1	0,0	1,390
24/01/25	6	10,3	8,2	1010,9	89,3	0,0	0,0	8,5	0	21,2	3,2	7,260
25/01/25	5,6	8,2	6,9	1012,5	94,0	0,1	0,0	5,5	0	17,6	0,0	1,790
26/01/25	5,3	8,9	7,1	1006,0	93,7	3,9	0,0	16,1	0	37,4	0,0	2,480
27/01/25	5,7	10	7,9	1002,4	93,0	0,0	0,0	8,5	0	24,5	0,3	2,600
28/01/25	7,9	17,2	12,6	992,2	56,7	1,3	0,0	23,6	0	79,9	7,3	9,290
29/01/25	7,6	12,7	10,2	1005,6	66,0	0,0	0,0	8,2	0	20,9	7,9	9,660
30/01/25	6,1	10,9	8,5	1011,7	73,7	0,0	0,0	8,8	0	17,3	3,6	6,940
31/01/25	5,9	9	7,5	1016,7	87,0	2,2	0,0	9,5	0	20,9	0,0	2,160
1° decade	3,9	7,6	5,7	1008,1	84,7	3,0	0,0	9,0		35,6	18,8	35,9
2° decade	2,5	7,0	4,7	1019,2	63,9	2,8	0,0	9,6		54,7	38,4	55,7
3° decade	6,2	10,1	8,2	1007,4	84,4	8,6	0,0	10,3		79,9	24,3	49,5
MESE	4,2	8,3	6,3	1011,4	77,9	14,4	0,0	9,7		79,9	81,5	141,1
Min	0,4	4,8	3,0	992,2	51,3	0,0	0,0	3,5		11,9	0,0	1,4
Max	7,9	17,2	12,6	1027,3	95,0	3,9	0,0	23,6		79,9	8,1	9,7
Dev.St.	2,0	2,4	2,0	8,1	13,8	1,0	0,0	4,1		13,3	3,1	2,7

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
febbraio 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m ²
01/02/25	6,7	9,4	8,1	1017,3	93,3	3,5	0,0	11,0	0	31,7	0,0	0,830
02/02/25	7,9	11,3	9,6	1012,2	83,0	0,0	0,0	8,0	0	18,4	0,0	3,920
03/02/25	7	11,6	9,3	1014,6	74,3	0,0	0,0	10,4	0	20,9	7,7	10,000
04/02/25	4,3	9,8	7,1	1020,0	61,7	0,0	0,0	5,6	0	20,5	8,0	10,790
05/02/25	4,1	10,9	7,5	1024,0	67,0	0,0	0,0	7,7	0	18,4	7,8	10,580
06/02/25	1,3	9,1	5,2	1023,2	73,0	0,0	0,0	8,2	0	17,3	7,6	10,660
07/02/25	3,2	7,5	5,4	1022,1	67,3	0,0	0,0	5,0	0	13,3	0,0	4,120
08/02/25	5,2	7	6,1	1020,6	75,0	7,4	0,0	6,6	0	17,6	0,0	1,930
09/02/25	4,8	7,4	6,1	1019,6	88,3	5,5	0,0	12,1	0	24,5	0,0	2,200
10/02/25	6,6	9,9	8,3	1017,4	86,7	0,0	0,0	6,6	0	16,6	0,0	2,770
11/02/25	7,4	10,4	8,9	1015,9	88,7	4,5	0,0	7,1	0	19,8	0,0	4,190
12/02/25	7,8	9,2	8,5	1013,0	98,7	2,5	0,0	5,2	0	15,1	0,0	1,630
13/02/25	8,7	11,2	10,0	1008,7	89,0	0,1	0,0	4,9	0	11,9	0,0	2,970
14/02/25	4,6	10,1	7,4	1003,2	92,7	8,4	0,0	18,1	0	70,6	0,1	1,710
15/02/25	3,7	8,4	6,1	1010,2	65,3	0,0	0,0	10,6	0	20,5	7,6	11,800
16/02/25	1,1	7,1	4,1	1007,1	66,3	0,0	0,0	10,7	0	22,7	8,0	12,450
17/02/25	2,2	6,9	4,6	1011,7	61,3	0,0	0,0	9,2	0	21,2	0,0	5,480
18/02/25	2,3	6	4,2	1014,6	65,7	0,0	0,0	12,0	0	29,2	0,2	7,420
19/02/25	2,8	6,2	4,5	1020,6	58,3	0,0	0,0	8,9	0	25,6	0,2	4,880
20/02/25	2,9	8,3	5,6	1022,0	55,0	0,0	0,0	8,2	0	18,7	8,2	12,790
21/02/25	3,3	11,4	7,4	1021,7	58,3	0,0	0,0	6,2	0	15,5	7,9	12,500
22/02/25	6,5	12,3	9,4	1019,0	67,7	0,0	0,0	6,0	0	18,4	1,4	9,330
23/02/25	8,5	12,6	10,6	1021,5	73,0	0,1	0,0	5,6	0	15,8	0,9	6,640
24/02/25	9,3	13,7	11,5	1018,5	81,3	0,0	0,0	5,0	0	16,6	0,0	5,600
25/02/25	9	11,5	10,3	1010,3	99,0	1,1	0,0	12,7	0	24,5	0,0	2,200
26/02/25	9	11	10,0	1005,3	97,0	21,4	0,0	7,4	0	23,4	0,0	2,730
27/02/25	8,8	13,8	11,3	1008,3	68,7	0,1	0,0	9,4	0	21,2	6,5	12,120
28/02/25	8,1	11,5	9,8	1011,0	75,0	0,1	0,0	8,9	0	17,3	0,3	6,120
1° decade	5,1	9,4	7,3	1019,1	77,0	16,4	0,0	8,1		31,7	31,1	57,8
2° decade	4,4	8,4	6,4	1012,7	74,1	15,5	0,0	9,5		70,6	24,3	65,3
3° decade	7,8	12,2	10,0	1014,4	77,5	22,8	0,0	7,7		24,5	17,0	57,2
MESE	5,6	9,8	7,7	1015,5	76,1	54,7	0,0	8,5		70,6	72,4	180,4
Min	1,1	6,0	4,1	1003,2	55,0	0,0	0,0	4,9		11,9	0,0	0,8
Max	9,3	13,8	11,5	1024,0	99,0	21,4	0,0	18,1		70,6	8,2	12,8
Dev.St.	2,6	2,2	2,3	5,9	13,4	4,5	0,0	3,0		10,6	3,6	4,1

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"												
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico												
Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
marzo 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/03/25	7,9	10,6	9,3	1015,1	81,0	0,7	0,0	7,4	0	18,7	0,0	3,000
02/03/25	7	12	9,5	1020,4	57,7	0,0	0,0	11,3	0	25,6	8,0	14,680
03/03/25	5,7	13,2	9,5	1019,3	48,0	0,0	0,0	8,9	0	22,7	9,5	16,130
04/03/25	6,7	14,6	10,7	1017,3	44,3	0,0	0,0	7,4	0	17,3	9,4	16,090
05/03/25	7,3	15,9	11,6	1018,8	40,7	0,0	0,0	11,2	0	24,8	9,4	16,150
06/03/25	6,6	16,1	11,4	1017,6	43,0	0,0	0,0	8,9	0	20,2	9,4	16,330
07/03/25	7,2	15,3	11,3	1012,5	44,0	0,0	0,0	9,0	0	23,0	9,5	16,370
08/03/25	7,2	16	11,6	1007,5	46,3	0,0	0,0	5,2	0	16,2	9,2	14,890
09/03/25	10,4	15,3	12,9	1003,0	55,3	0,4	0,0	12,8	0	35,3	0,0	7,920
10/03/25	11,2	15,5	13,4	998,4	78,3	8,2	0,0	8,4	0	53,3	3,6	12,270
11/03/25	10,7	16,2	13,5	997,3	71,7	1,4	0,0	6,7	0	19,8	3,6	11,590
12/03/25	10,8	16,3	13,6	989,7	86,0	14,2	0,0	13,8	0	31,0	1,6	5,980
13/03/25	10	16,6	13,3	988,9	59,3	0,9	0,0	11,5	0	38,9	3,5	10,610
14/03/25	10,6	13	11,8	991,6	89,0	17,1	0,0	9,6	0	35,6	0,1	5,000
15/03/25	10,9	14,8	12,9	997,5	95,3	16,7	0,0	11,5	0	33,1	0,2	5,620
16/03/25	9,1	15,9	12,5	1004,0	50,7	0,1	0,0	16,1	0	40,3	7,6	15,400
17/03/25	7,6	15,3	11,5	1008,0	54,0	0,0	0,0	15,4	0	58,0	6,5	16,290
18/03/25	5,3	8,9	7,1	1020,9	42,7	0,0	0,0	17,5	0	45,4	10,1	19,830
19/03/25	3,6	11,4	7,5	1023,3	41,3	0,0	0,0	8,3	0	26,6	10,2	20,000
20/03/25	5	14,6	9,8	1021,7	42,0	0,0	0,0	9,7	0	22,3	8,7	18,940
21/03/25	7,5	13,2	10,4	1016,3	67,0	0,0	0,0	6,2	0	26,3	0,0	6,790
22/03/25	9,4	12,1	10,8	1005,3	95,7	8,7	0,0	10,7	0	34,2	0,0	3,110
23/03/25	10,1	16,5	13,3	1000,9	79,3	0,1	0,0	8,9	0	32,0	4,5	14,780
24/03/25	10,3	17,4	13,9	1004,6	62,0	0,5	0,0	7,7	0	20,9	5,6	15,020
25/03/25	10,7	15,8	13,3	1008,3	72,3	16,0	0,0	7,1	0	26,6	0,4	8,170
26/03/25	9,7	17,4	13,6	1005,4	66,3	0,0	0,0	10,0	0	40,3	5,7	14,410
27/03/25	10,9	16,8	13,9	1002,5	58,3	1,9	0,0	16,1	0	47,9	0,0	6,690
28/03/25	11,7	17,2	14,5	997,6	55,7	1,2	0,0	9,0	0	30,6	2,2	8,860
29/03/25	11,4	14,2	12,8	997,0	79,3	4,5	0,0	11,6	0	32,4	0,0	4,680
30/03/25	11,5	19,1	15,3	1003,4	55,3	0,1	0,0	10,4	0	21,6	7,2	17,500
31/03/25	10,1	17,8	14,0	1004,5	54,7	1,0	0,0	10,6	0	63,4	7,3	19,420
1° decade	7,7	14,5	11,1	1013,0	53,9	9,3	0,0	9,0		53,3	68,0	133,8
2° decade	8,4	14,3	11,3	1004,3	63,2	50,4	0,0	12,0		58,0	52,1	129,3
3° decade	10,3	16,1	13,2	1004,2	67,8	34,0	0,0	9,8		63,4	32,9	119,4
MESE	8,8	15,0	11,9	1007,1	61,8	93,7	0,0	10,3		63,4	153,0	382,5
Min	3,6	8,9	7,1	988,9	40,7	0,0	0,0	5,2		16,2	0,0	3,0
Max	11,7	19,1	15,3	1023,3	95,7	17,1	0,0	17,5		63,4	10,2	20,0
Dev.St.	2,2	2,3	2,0	10,0	16,9	5,5	0,0	3,0		12,1	3,9	5,3

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
aprile 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	Press Med (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/04/25	8,9	14,3	11,6	1006,1	50,3	0,0	0,0	14,8	0	55,8	0,4	8,670
02/04/25	10,9	17,1	14,0	1008,6	58,3	0,7	0,0	9,1	0	23,0	5,6	14,050
03/04/25	10,1	19,2	14,7	1013,2	48,3	0,0	0,0	7,7	0	22,7	9,2	21,360
04/04/25	11,4	20,4	15,9	1009,4	45,7	0,0	0,0	11,3	0	29,2	9,9	21,950
05/04/25	11,9	21,9	16,9	1001,7	40,0	0,0	0,0	7,4	0	20,9	9,2	22,130
06/04/25	7,5	16,8	12,2	1002,8	48,0	0,0	0,0	22,8	0	63,7	4,7	14,170
07/04/25	6,2	13,8	10,0	1012,1	43,7	0,0	0,0	15,1	0	35,3	10,1	22,560
08/04/25	6,2	14,8	10,5	1016,3	45,0	0,0	0,0	13,0	0	31,7	8,7	22,470
09/04/25	8,1	17,6	12,9	1012,0	44,0	0,0	0,0	7,0	0	24,5	8,5	22,560
10/04/25	10,9	19,7	15,3	1012,1	47,7	0,0	0,0	9,6	0	21,6	9,8	22,370
11/04/25	11,6	23,4	17,5	1008,1	42,7	0,0	0,0	6,4	0	22,0	10,0	22,950
12/04/25	12,8	20,8	16,8	1007,2	51,0	0,0	0,0	7,6	0	23,4	5,4	17,670
13/04/25	11,7	18,3	15,0	1006,7	75,7	4,5	0,0	10,2	0	27,0	0,0	5,690
14/04/25	11,6	14,3	13,0	1003,4	100,0	20,7	0,0	15,6	0	32,0	0,0	2,390
15/04/25	13,4	19,9	16,7	998,1	85,0	7,4	0,0	7,8	0	22,0	3,3	12,680
16/04/25	13	19	16,0	1001,4	96,7	8,7	0,0	21,6	0	43,9	2,5	10,740
17/04/25	14	19,5	16,8	995,2	66,0	13,1	0,0	22,6	0	52,9	3,8	15,340
18/04/25	12,8	18,4	15,6	1003,7	70,3	1,8	0,0	8,9	0	18,7	2,2	11,920
19/04/25	11,5	19,8	15,7	1005,1	55,7	0,0	0,0	14,8	0	33,1	7,3	22,190
20/04/25	11,8	21,6	16,7	1003,4	64,7	0,5	0,0	9,1	0	31,3	2,2	12,790
21/04/25	14,8	19,4	17,1	1004,6	65,7	0,0	0,0	11,8	0	24,5	2,8	14,660
22/04/25	13,6	22,8	18,2	1006,0	49,7	0,0	0,0	8,0	0	21,2	9,0	24,610
23/04/25	16,2	21,9	19,1	1004,4	67,0	2,5	0,0	7,0	0	23,0	4,8	14,860
24/04/25	15,2	22,2	18,7	1002,0	55,3	0,0	0,0	10,4	0	31,0	8,1	21,540
25/04/25	14,5	19,1	16,8	1003,6	54,0	0,0	0,0	13,3	0	33,8	9,8	23,100
26/04/25	13,8	20,8	17,3	1006,9	46,7	0,0	0,0	10,0	0	28,8	6,2	18,840
27/04/25	14,5	21,2	17,9	1012,1	57,7	0,2	0,0	9,6	0	35,6	4,7	18,390
28/04/25	14,3	22,5	18,4	1014,8	51,3	0,0	0,0	11,5	0	24,1	11,5	25,020
29/04/25	15,1	24,3	19,7	1013,7	43,0	0,0	0,0	9,0	0	21,6	12,1	25,600
30/04/25	15,7	25,4	20,6	1012,1	39,3	0,0	0,0	10,3	0	22,3	12,6	26,160
1° decade	9,2	17,6	13,4	1009,4	47,1	0,7	0,0	11,8		63,7	76,1	192,3
2° decade	12,4	19,5	16,0	1003,2	70,8	56,7	0,0	12,4		52,9	36,7	134,4
3° decade	14,8	22,0	18,4	1008,0	53,0	2,7	0,0	10,1		35,6	81,6	212,8
MESE	12,1	19,7	15,9	1006,9	56,9	60,1	0,0	11,4		63,7	194,4	539,4
Min	6,2	13,8	10,0	995,2	39,3	0,0	0,0	6,4		18,7	0,0	2,4
Max	16,2	25,4	20,6	1016,3	100,0	20,7	0,0	22,8		63,7	12,6	26,2
Dev.St.	2,7	2,9	2,6	5,1	15,8	4,7	0,0	4,5		11,0	3,7	6,2

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"												
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico												
Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
maggio 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/05/25	16,5	27	21,8	1011,1	34,3	0,0	0,0	8,8		24,1	13,2	26,650
02/05/25	17,7	28,3	23,0	1010,3	34,0	0,0	0,0	8,4		23,8	12,2	26,240
03/05/25	19	28,3	23,7	1006,1	32,3	0,0	0,0	10,9		43,9	5,0	18,110
04/05/25	17,9	25,3	21,6	999,3	46,0	0,2	0,0	8,2		23,4	7,0	19,830
05/05/25	15,5	24,2	19,9	994,3	51,0	0,2	0,0	8,0		39,6	1,3	10,880
06/05/25	14,3	20,5	17,4	999,9	79,3	11,8	0,0	17,6		39,6	1,3	11,720
07/05/25	14	19,2	16,6	1003,0	68,0	1,5	0,0	9,8		27,7	0,9	9,300
08/05/25	11,6	19,8	15,7	1002,5	55,0	0,0	0,0	8,2		23,4	5,1	18,050
09/05/25	13,2	19,7	16,5	1006,3	62,3	0,0	0,0	10,9		36,0	4,6	16,640
10/05/25	13,7	21,3	17,5	1009,6	55,7	0,0	0,0	10,2		23,8	8,2	21,630
11/05/25	14,2	23,3	18,8	1004,9	48,3	0,0	0,0	9,4		24,5	9,4	23,430
12/05/25	14,6	24,6	19,6	1001,9	44,0	0,0	0,0	9,4		46,8	9,0	22,800
13/05/25	14,8	21,8	18,3	1006,5	65,0	0,0	0,0	14,4		29,2	4,8	17,890
14/05/25	14,4	23,9	19,2	1006,8	43,0	0,0	0,0	8,6		28,8	11,6	25,280
15/05/25	13,9	26,1	20,0	999,3	41,3	8,6	0,0	11,2		61,2	13,0	27,430
16/05/25	13,1	19,7	16,4	1004,0	42,7	1,3	0,0	12,2		41,4	12,3	27,600
17/05/25	15,1	22,9	19,0	1005,1	37,0	0,0	0,0	14,4		38,9	12,6	25,170
18/05/25	14,5	25,4	20,0	1006,1	36,3	0,0	0,0	14,8		33,8	11,4	25,490
19/05/25	16,2	27,1	21,7	1007,7	41,0	0,0	0,0	10,2		24,8	10,5	24,720
20/05/25	16,5	23	19,8	1006,5	58,0	3,0	0,0	15,0		43,6	1,7	12,880
21/05/25	16	23,7	19,9	1003,2	64,3	1,1	0,0	13,2		28,1	5,3	17,970
22/05/25	16,2	23,3	19,8	998,0	54,7	0,0	0,0	12,2		34,2	2,6	9,450
23/05/25	13,5	19,2	16,4	1004,3	53,7	0,2	0,0	20,4		36,0	6,1	19,810
24/05/25	11,9	21,2	16,6	1007,8	43,7	0,0	0,0	13,9		30,2	12,3	27,010
25/05/25	13,9	24,5	19,2	1007,7	39,0	0,0	0,0	9,6		25,9	13,3	28,070
26/05/25	17,5	26,1	21,8	1006,7	45,7	0,0	0,0	10,2		25,9	10,6	25,160
27/05/25	16,3	20,7	18,5	1010,3	75,0	8,2	0,0	10,0		39,2	1,9	10,920
28/05/25	15,7	27,3	21,5	1008,6	49,0	0,0	0,0	5,3		20,9	9,7	24,020
29/05/25	19	28,1	23,6	1008,8	36,7	0,0	0,0	9,2		21,2	12,0	27,050
30/05/25	17,5	28,8	23,2	1012,3	42,0	0,0	0,0	11,9		25,9	13,6	29,210
31/05/25	17,6	28,9	23,3	1011,5	43,3	0,0	0,0	10,9		24,8	13,7	28,350
1° decade	15,3	23,4	19,4	1004,2	51,8	13,7	0,0	10,1		43,9	58,8	179,1
2° decade	14,7	23,8	19,3	1004,9	45,7	12,9	0,0	12,0		61,2	96,3	232,7
3° decade	15,9	24,7	20,3	1007,2	49,7	9,5	0,0	11,5		39,2	101,1	247,0
MESE	15,3	24,0	19,7	1005,5	49,1	36,1	0,0	11,2		61,2	256,2	658,8
Min	11,6	19,2	15,7	994,3	32,3	0,0	0,0	5,3		20,9	0,9	9,3
Max	19,0	28,9	23,7	1012,3	79,3	11,8	0,0	20,4		61,2	13,7	29,2
Dev.St.	1,9	3,1	2,4	4,3	12,2	2,9	0,0	3,1		9,3	4,4	6,3

Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e dell'Ambiente Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
giugno 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/06/25	20	30,6	25,3	1008,7	46,7	0,0	0,0	10,4		30,6	11,4	26,620
02/06/25	21,8	31	26,4	1008,3	38,0	0,0	0,0	13,0		32,0	9,9	25,760
03/06/25	21,7	30,1	25,9	1007,8	39,0	0,0	0,0	10,7		29,9	11,4	26,500
04/06/25	20,2	30,4	25,3	1007,5	42,3	0,0	0,0	9,8		29,2	8,7	22,640
05/06/25	20,7	29,9	25,3	1007,6	47,0	1,2	0,0	12,4		29,5	8,7	22,940
06/06/25	20,9	30	25,5	1009,8	38,3	0,0	0,0	7,4		20,9	8,6	23,680
07/06/25	21,4	31,6	26,5	1006,5	37,3	0,0	0,0	9,5		25,6	12,1	28,420
08/06/25	22	32,2	27,1	1004,8	34,7	0,0	0,0	9,7		31,3	11,9	27,930
09/06/25	21,2	27,6	24,4	1012,0	52,0	0,0	0,0	19,4		42,8	6,7	20,610
10/06/25	19,4	29,5	24,5	1010,9	44,7	0,0	0,0	9,7		21,2	11,2	27,340
11/06/25	22,8	32	27,4	1007,6	40,3	0,0	0,0	12,6		29,9	11,5	26,830
12/06/25	22,5	32,7	27,6	1009,4	39,3	0,0	0,0	6,5		24,1	10,9	27,320
13/06/25	24,5	33,5	29,0	1012,1	40,0	0,0	0,0	14,4		32,4	10,7	27,060
14/06/25	23,4	35	29,2	1011,3	40,3	11,5	0,0	10,6		86,8	11,9	26,570
15/06/25	23,9	34,3	29,1	1009,4	44,3	0,0	0,0	11,2		22,7	9,5	22,920
16/06/25	17,9	31,3	24,6	1008,8	55,7	31,5	0,0	20,8		69,8	6,2	19,270
17/06/25	20	26,4	23,2	1013,4	52,7	0,2	0,0	14,0	90	31,0	6,8	21,860
18/06/25	20,5	29,8	25,2	1013,8	41,0	0,0	0,0	7,9	280	23,4	12,7	28,980
19/06/25	22,4	32,3	27,4	1011,1	39,0	0,0	0,0	8,8	90	20,9	13,3	29,070
20/06/25	24,7	33	28,9	1010,2	44,7	0,0	0,0	14,0	90	29,9	10,2	27,600
21/06/25	23,1	30,4	26,8	1012,2	47,0	0,0	0,0	22,3	90	42,5	9,8	26,690
22/06/25	22	30,8	26,4	1012,8	46,7	4,5	0,0	8,0	225	29,2	11,7	28,200
23/06/25	24,5	34,7	29,6	1008,0	34,7	0,0	0,0	11,4	225	28,8	12,7	28,610
24/06/25	25	33,3	29,2	1007,3	38,7	0,0	0,0	9,5	360	21,2	12,1	28,200
25/06/25	26,4	34,7	30,6	1007,8	41,7	0,0	0,0	9,7	280	22,0	11,6	26,030
26/06/25	27,6	36,3	32,0	1006,5	37,7	0,0	0,0	14,0	280	36,0	11,3	27,060
27/06/25	26	33,1	29,6	1011,7	37,7	0,0	0,0	13,3	90	27,0	12,0	27,620
28/06/25	26,2	34,6	30,4	1013,3	32,7	0,0	0,0	13,7	90	24,8	13,9	28,980
29/06/25	26,3	34,1	30,2	1012,5	39,0	0,0	0,0	15,4	90	33,8	13,7	28,650
30/06/25	26	35,3	30,7	1009,2	35,0	0,0	0,0	14,9	90	39,2	12,9	28,750
1° decade	20,9	30,3	25,6		42,0	1,2	0,0	11,2		42,8	100,6	252,4
2° decade	22,3	32,0	27,1		43,7	43,2	0,0	12,1		86,8	103,7	257,5
3° decade	25,3	33,7	29,5		39,1	4,5	0,0	13,2		42,5	121,7	278,8
MESE	22,8	32,0	27,4	1009,7	41,6	48,9	0,0	12,2		86,8	326,0	788,7
Min	17,9	26,4	23,2		32,7	0,0	0,0	6,5		20,9	6,2	19,3
Max	27,6	36,3	32,0		55,7	31,5	0,0	22,3		86,8	13,9	29,1
Dev.St.	2,5	2,4	2,3		5,6	6,1	0,0	3,8		14,0	2,0	2,7

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"												
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico												
Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
luglio 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. Solare MJ/m²
01/07/25	27,5	34,5	31,0	1008,6	38,0	0,0	0,0	13,4	90	34,9	11,3	26,1
02/07/25	26,2	34,8	30,5	1009,6	41,3	0,0	0,0	13,8	280	31,7	10,0	25,9
03/07/25	26,8	35,5	31,2	1010,6	41,7	0,0	0,0	12,8	225	46,1	10,6	25,7
04/07/25	26,8	36	31,4	1010,1	35,3	0,0	0,0	10,1	325	22,0	11,0	26,3
05/07/25	24,9	31,9	28,4	1009,4	61,3	0,4	0,0	16,6	90	57,2	4,1	17,2
06/07/25	23,6	29,5	26,6	1002,5	56,0	0,0	0,0	9,8	225	33,1	2,0	10,2
07/07/25	22,1	30,9	26,5	996,1	51,3	0,2	0,0	14,0	225	56,5	8,2	21,9
08/07/25	17	28,8	22,9	999,5	47,0	9,5	0,0	14,2	280	71,3	9,4	23,4
09/07/25	16,1	27,2	21,7	1008,7	29,7	0,0	0,0	8,3	225	24,8	13,9	30,2
10/07/25	19	28,7	23,9	1009,3	29,7	0,0	0,0	9,8	225	25,2	13,3	29,3
11/07/25	20,9	31	26,0	1006,4	29,3	0,0	0,0	9,1	90	35,6	11,9	27,2
12/07/25	18,9	30,3	24,6	1005,9	48,0	0,0	0,0	7,1	90	28,4	8,6	24,8
13/07/25	21,9	28,5	25,2	1008,0	61,7	4,7	0,0	10,0	90	60,5	6,6	16,4
14/07/25	21,9	31,7	26,8	1009,9	45,7	0,0	0,0	10,7	280	25,2	13,3	27,6
15/07/25	24,4	33,7	29,1	1007,8	38,3	0,0	0,0	9,5	280	20,2	13,3	27,1
16/07/25	24,8	32,5	28,7	1004,1	48,3	0,0	0,0	14,8	90	36,7	10,7	25,5
17/07/25	22,4	31,4	26,9	1004,1	47,3	0,0	0,0	13,9	90	38,9	10,6	25,6
18/07/25	20,6	32,3	26,5	1005,1	39,0	0,0	0,0	14,6	90	33,8	12,5	26,9
19/07/25	22,5	31,7	27,1	1004,2	47,0	0,0	0,0	11,4	45	25,2	6,7	18,1
20/07/25	24,5	33,1	28,8	1001,0	42,3	0,0	0,0	9,2	45	19,8	9,3	20,3
21/07/25	25,5	35,1	30,3	999,2	34,0	0,1	0,0	20,4	280	56,2	10,9	24,3
22/07/25	24,4	33	28,7	1002,8	34,0	0,0	0,0	10,3	280	34,9	12,8	28,1
23/07/25	25,3	33,5	29,4	1003,1	36,0	0,0	0,0	11,6	325	34,9	12,3	26,1
24/07/25	24,1	32	28,1	1002,8	41,3	0,0	0,0	10,3	225	32,0	6,1	17,5
25/07/25	21,6	26,6	24,1	1006,9	68,7	2,9	0,0	10,0	45	20,2	0,0	4,7
26/07/25	18,8	26,9	22,9	1003,6	57,7	8,2	0,0	10,3	225	64,1	8,2	20,6
27/07/25	20,1	31,1	25,6	1000,9	38,7	0,0	0,0	9,2	280	32,8	12,1	25,7
28/07/25	18,2	25,9	22,1	1001,2	73,0	9,0	0,0	11,4	280	33,8	0,0	5,9
29/07/25	19,4	27,7	23,6	1005,6	40,3	0,0	0,0	17,8	90	37,4	12,4	27,8
30/07/25	17,7	27,8	22,8	1008,3	45,3	0,0	0,0	9,4	90	38,2	12,4	24,9
31/07/25	20,3	29,6	25,0	1007,9	39,0	0,1	0,0	5,3	225	19,4	13,0	25,6
1° decade	23,0	31,8	27,4	1006,4	43,1	10,1	0,0	12,3		71,3	93,8	236,0
2° decade	22,3	31,6	27,0	1005,6	44,7	4,7	0,0	11,0		60,5	103,5	239,3
3° decade	21,4	29,9	25,7	1003,8	46,2	20,3	0,0	11,5		64,1	100,2	231,3
MESE	22,2	31,1	26,6	1005,3	44,7	35,1	0,0	11,6		71,3	297,5	706,6
Min	16,1	25,9	21,7	996,1	29,3	0,0	0,0	5,3		19,4	0,0	4,7
Max	27,5	36,0	31,4	1010,6	73,0	9,5	0,0	20,4		71,3	13,9	30,2
Dev.St.	3,1	2,8	2,9	3,8	11,0	2,8	0,0	3,2		14,0	3,8	6,4

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"												
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico												
Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
agosto 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. Solare MJ/m ²
01/08/25	21,5	29,4	25,5	1004,7	47,3	0,0	0,0	10,9	90	40,3	10,8	23,6
02/08/25	20,2	24,8	22,5	1002,2	69,0	0,4	0,0	11,3	45	39,2	3,6	11,2
03/08/25	19,1	27,1	23,1	1007,6	44,3	0,0	0,0	13,0	90	29,9	10,6	23,5
04/08/25	20,3	29,6	25,0	1011,3	37,7	0,0	0,0	7,3	225	24,1	10,9	22,8
05/08/25	21,5	30,5	26,0	1010,9	40,3	0,0	0,0	13,2	90	28,1	13,2	26,4
06/08/25	20,7	30,1	25,4	1011,9	51,0	0,0	0,0	16,1	90	38,9	7,8	21,8
07/08/25	21,4	30,9	26,2	1012,4	47,3	0,0	0,0	8,0	90	27,0	12,8	25,1
08/08/25	23,4	33,4	28,4	1012,3	42,0	0,0	0,0	8,2	45	23,0	13,2	25,5
09/08/25	25,5	34,9	30,2	1012,1	42,0	0,0	0,0	8,6	45	22,0	13,1	25,2
10/08/25	26,5	36	31,3	1011,0	36,0	0,0	0,0	9,8	280	23,0	12,6	25,0
11/08/25	26,4	34,6	30,5	1010,5	41,3	0,0	0,0	13,3	90	33,1	12,2	24,5
12/08/25	26	34,5	30,3	1009,2	39,3	0,0	0,0	12,5	90	24,5	11,8	24,6
13/08/25	26,1	35,1	30,6	1008,8	37,3	0,0	0,0	10,0	90	22,3	10,8	23,4
14/08/25	26,4	34,8	30,6	1008,4	36,7	0,0	0,0	6,8	280	25,2	7,3	20,3
15/08/25	26,3	35,2	30,8	1009,7	34,3	0,0	0,0	11,8	280	34,6	9,9	23,0
16/08/25	26,1	35,2	30,7	1006,8	33,0	0,0	0,0	13,2	280	27,4	8,9	23,1
17/08/25	24,1	33	28,6	1004,4	39,3	12,2	0,0	10,2	45	38,5	10,2	23,6
18/08/25	24,2	31,3	27,8	1007,2	49,0	0,0	0,0	14,5	90	35,6	9,7	22,8
19/08/25	22,1	32,2	27,2	1005,6	48,3	0,0	0,0	8,3	90	52,2	7,5	20,1
20/08/25	21,5	28,6	25,1	1002,4	71,7	12,6	0,0	12,0	280	38,5	2,5	10,9
21/08/25	21,4	25	23,2	998,8	68,7	0,4	0,0	10,3	280	28,4	2,7	10,8
22/08/25	20,6	28,4	24,5	1003,5	51,0	0,0	0,0	14,2	90	28,1	9,5	22,5
23/08/25	19,5	28,9	24,2	1005,2	62,7	0,0	0,0	10,2	90	31,0	6,9	19,7
24/08/25	19,3	22,8	21,1	1009,7	77,7	0,7	0,0	14,3	90	31,7	0,9	7,9
25/08/25	19,9	26,9	23,4	1010,3	62,0	0,0	0,0	8,5	90	19,8	3,3	15,0
26/08/25	21,2	29,5	25,4	1007,8	51,3	0,0	0,0	9,4	90	23,0	8,7	22,2
27/08/25	22	28,6	25,3	1007,3	68,0	0,0	0,0	5,6	360	16,2	2,3	11,2
28/08/25	20,5	32	26,3	1000,7	63,0	11,1	0,0	12,7	45	73,4	3,4	12,3
29/08/25	19,7	29,9	24,8	998,5	53,7	0,0	0,0	8,6	225	45,0	9,4	22,1
30/08/25	19,4	25,8	22,6	1001,1	56,7	0,4	0,0	16,2	280	34,9	9,2	20,2
31/08/25	19,2	28,5	23,9	1005,8	42,3	0,0	0,0	9,0	225	21,6	11,2	23,0
1° decade	22,0	30,7	26,3	1009,7	45,7	0,4	0,0	10,6		40,3	108,6	230,0
2° decade	24,9	33,5	29,2	1007,3	43,0	24,8	0,0	11,3		52,2	90,8	216,2
3° decade	20,2	27,8	24,0	1004,4	59,7	12,6	0,0	10,8		73,4	67,5	186,7
MESE	22,3	30,6	26,4	1007,0	49,8	37,8	0,0	10,9		73,4	266,9	632,9
Min	19,1	22,8	21,1	998,5	33,0	0,0	0,0	5,6		16,2	0,9	7,9
Max	26,5	36,0	31,3	1012,4	77,7	12,6	0,0	16,2		73,4	13,2	26,4
Dev.St.	2,6	3,5	3,0	4,1	12,5	3,6	0,0	2,7		11,2	3,7	5,3

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
settembre 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMe d (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentM ax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/09/25	20,3	28,4	24,4	1004,4	45,0	0,0	0,0	8,8	280	45,0	6,6	18,880
02/09/25	19,1	24,7	21,9	1003,4	69,3	0,6	0,0	8,3	45	25,2	2,2	11,730
03/09/25	19,1	27,2	23,2	1008,3	49,7	0,0	0,0	8,6	225	27,0	10,1	21,130
04/09/25	20,4	29	24,7	1008,0	47,3	0,0	0,0	10,7	280	20,5	10,1	21,680
05/09/25	21,4	30,2	25,8	1008,7	42,7	0,0	0,0	10,0	280	34,6	8,6	19,500
06/09/25	20,1	27,8	24,0	1013,4	39,7	0,0	0,0	9,4	280	23,8	10,2	21,780
07/09/25	19,5	28,1	23,8	1011,4	43,3	0,0	0,0	7,9	45	21,2	7,6	19,090
08/09/25	20,1	28,1	24,1	1007,7	50,7	0,0	0,0	7,9	360	17,3	4,4	14,500
09/09/25	21,7	26,3	24,0	1005,5	72,0	0,0	0,0	9,8	325	24,8	2,1	11,890
10/09/25	20,7	25,2	23,0	1000,6	75,0	1,8	0,0	7,6	45	21,2	0,9	7,800
11/09/25	19,3	28,8	24,1	1005,0	46,7	0,0	0,0	10,7	225	30,2	7,8	20,010
12/09/25	19,7	28,4	24,1	1009,9	46,3	0,0	0,0	10,4	225	24,8	7,8	19,050
13/09/25	19,4	26,1	22,8	1011,6	54,3	0,0	0,0	8,0	325	25,2	3,7	13,140
14/09/25	19,8	27,9	23,9	1009,5	53,0	0,0	0,0	8,0	280	20,2	5,4	14,030
15/09/25	19,9	28,2	24,1	1012,2	49,3	0,0	0,0	7,8	225	18,0	5,8	16,540
16/09/25	20,8	29,4	25,1	1009,0	46,7	0,0	0,0	8,8	280	22,3	5,9	16,610
17/09/25	19,6	26,1	22,9	1013,9	56,3	0,0	0,0	6,1	45	23,8	6,4	14,320
18/09/25	19,8	28	23,9	1018,1	49,0	0,0	0,0	10,6	90	24,5	9,4	19,010
19/09/25	19,9	29,1	24,5	1019,6	49,3	0,0	0,0	6,4	280	21,6	9,6	18,850
20/09/25	20,9	29,9	25,4	1015,5	51,3	0,0	0,0	7,7	280	19,8	9,6	18,370
21/09/25	19,9	29,8	24,9	1008,8	59,7	0,0	0,0	12,8	90	38,2	8,5	17,810
22/09/25	18,9	25,2	22,1	1004,4	76,0	1,2	0,0	8,3	90	31,7	2,9	7,500
23/09/25	19	25,5	22,3	1005,7	73,7	0,0	0,0	8,2	45	34,6	0,5	8,100
24/09/25	18,1	23,8	21,0	1005,2	60,0	0,6	0,0	13,0	45	31,7	6,8	14,010
25/09/25	15,5	21,2	18,4	1009,7	57,7	0,0	0,0	10,8	360	34,9	4,8	12,190
26/09/25	14,8	20,2	17,5	1011,7	69,7	0,0	0,0	11,2	90	22,0	2,0	10,260
27/09/25	14,2	21,3	17,8	1012,1	64,0	0,0	0,0	8,5	325	22,3	2,0	10,910
28/09/25	14,8	21,7	18,3	1010,8	59,0	0,0	0,0	12,1	280	30,6	7,4	15,090
29/09/25	14,4	23,5	19,0	1010,6	50,7	0,0	0,0	10,8	90	21,6	9,9	17,330
30/09/25	15,2	22,7	19,0	1011,6	65,3	2,4	0,0	12,8	45	37,4	7,1	15,800
1° decade	20,2	27,5	23,9	1007,1	53,5	2,4	0,0	8,9		45,0	62,8	168,0
2° decade	19,9	28,2	24,1	1012,4	50,2	0,0	0,0	8,4		30,2	71,4	169,9
3° decade	16,5	23,5	20,0	1009,1	63,6	4,2	0,0	10,8		38,2	51,9	129,0
MESE	18,9	26,4	22,6	1009,5	55,8	6,6	0,0	9,4		45,0	186,1	466,9
Min	14,2	20,2	17,5	1000,6	39,7	0,0	0,0	6,1		17,3	0,5	7,5
Max	21,7	30,2	25,8	1019,6	76,0	2,4	0,0	13,0		45,0	10,2	21,8
Dev.St.	2,2	2,9	2,5	4,3	10,5	0,6	0,0	1,9		6,8	3,0	4,2

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
ottobre 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/10/25	13,6	19,6	16,6	1014,1	68,0	6,2	0,0	11,2		35,3	2,8	8,260
02/10/25	11,9	17,5	14,7	1016,0	49,7	0,0	0,0	10,4		36,0	7,3	13,310
03/10/25	10,2	18,6	14,4	1013,4	48,7	0,0	0,0	5,5		18,4	9,1	15,760
04/10/25	11,2	20,1	15,7	1006,8	56,7	0,0	0,0	7,4		24,8	7,9	14,450
05/10/25	11,5	15,3	13,4	1006,7	78,0	4,5	0,0	12,6		41,8	1,6	5,960
06/10/25	10,5	19,3	14,9	1012,6	51,0	0,0	0,0	5,3		27,4	9,2	16,830
07/10/25	11,6	20,9	16,3	1013,6	46,3	0,0	0,0	8,9		19,8	9,8	16,070
08/10/25	11,9	20,8	16,4	1012,5	59,7	0,0	0,0	8,0		19,8	9,2	15,200
09/10/25	13,3	21,6	17,5	1013,0	65,0	0,0	0,0	10,9		25,9	8,7	14,590
10/10/25	13,7	22,4	18,1	1019,1	62,0	0,0	0,0	6,5		16,9	9,0	14,470
11/10/25	14,3	22,2	18,3	1020,4	63,3	0,0	0,0	8,5		18,7	8,4	13,730
12/10/25	14,3	21,6	18,0	1017,3	65,7	0,0	0,0	8,5		22,7	8,6	13,940
13/10/25	15,4	21,5	18,5	1013,9	66,0	0,0	0,0	8,6		21,6	7,0	12,810
14/10/25	13,9	20,3	17,1	1013,4	66,3	0,0	0,0	4,7		17,6	4,9	12,000
15/10/25	13,4	20,2	16,8	1013,8	63,7	0,0	0,0	10,3		26,3	6,8	12,680
16/10/25	12,2	19,1	15,7	1012,6	60,3	0,0	0,0	13,1		22,7	7,7	12,350
17/10/25	11,7	18,5	15,1	1011,7	51,7	0,0	0,0	10,3		22,3	8,8	13,940
18/10/25	11,1	18,7	14,9	1014,6	50,0	0,0	0,0	8,2		17,6	8,7	13,710
19/10/25	10,7	17,7	14,2	1013,3	55,7	0,0	0,0	6,6		18,4	4,6	10,830
20/10/25	12,5	16,8	14,7	1005,0	75,0	0,7	0,0	5,6		17,6	0,6	5,240
21/10/25	13,2	15,4	14,3	999,9	84,7	6,3	0,0	8,6		22,3	0,0	2,780
22/10/25	13,1	15,6	14,4	1000,1	84,3	0,0	0,0	4,3		10,8	0,0	2,270
23/10/25	14	15,6	14,8	989,4	90,3	9,9	0,0	15,2		46,1	0,0	0,920
24/10/25	13,1	19,7	16,4	999,0	39,0	0,0	0,0	16,1		41,0	8,8	13,520
25/10/25	10,4	17,1	13,8	999,9	76,0	0,0	0,0	9,4		21,2	2,6	8,090
26/10/25	12	17,5	14,8	997,0	66,0	0,0	0,0	6,5		32,0	4,9	10,210
27/10/25	9,4	16,6	13,0	999,9	45,0	0,0	0,0	7,7		28,1	7,0	9,990
28/10/25	8,6	18,3	13,5	1007,5	57,3	0,0	0,0	6,5		17,3	8,6	12,240
29/10/25	10	17,7	13,9	1008,9	73,0	0,0	0,0	6,0		19,1	3,1	8,380
30/10/25	12,6	14,1	13,4	1006,3	88,7	7,8	0,0	10,3		25,2	0,0	1,450
31/10/25	13,6	16,1	14,9	1011,2	89,7	0,4	0,0	7,1		20,9	0,0	2,040
1° decade	11,9	19,6	15,8	1012,8	58,5	10,7	0,0	8,7		41,8	74,6	134,9
2° decade	13,0	19,7	16,3	1013,6	61,8	0,7	0,0	8,4		26,3	66,1	121,2
3° decade	11,8	16,7	14,3	1001,7	72,2	24,4	0,0	8,9		46,1	35,0	71,9
MESE	12,2	18,6	15,4	1009,1	64,4	35,8	0,0	8,7		46,1	175,7	328,0
Min	8,6	14,1	13,0	989,4	39,0	0,0	0,0	4,3		10,8	0,0	0,9
Max	15,4	22,4	18,5	1020,4	90,3	9,9	0,0	16,1		46,1	9,8	16,8
Dev.St.	1,6	2,3	1,6	7,3	13,9	2,7	0,0	2,9		8,2	3,5	4,8

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"												
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico												
Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
novembre 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/11/25	15	18,1	16,6	1012,3	85,0	0,0	0,0	4,1		14,0	0,0	3,970
02/11/25	12,1	15,9	14,0	1005,7	93,0	6,5	0,0	8,5		46,1	0,0	2,050
03/11/25	11,7	17,2	14,5	1012,1	71,0	0,0	0,0	9,5		24,5	8,2	11,300
04/11/25	9,1	16,1	12,6	1018,6	71,7	0,0	0,0	6,5		18,0	8,5	11,010
05/11/25	9	15,1	12,1	1015,3	71,7	0,0	0,0	6,0		17,6	7,1	10,480
06/11/25	7,6	14,8	11,2	1008,3	68,3	0,0	0,0	6,2		20,2	7,6	10,480
07/11/25	7,9	13,2	10,6	1005,8	74,7	0,0	0,0	6,4		15,8	4,7	7,820
08/11/25	8,6	13,9	11,3	1005,6	68,3	0,0	0,0	7,7		21,2	7,0	9,490
09/11/25	8,1	13,4	10,8	1009,4	68,0	0,0	0,0	6,6		18,0	3,2	6,980
10/11/25	7,1	14,9	11,0	1007,8	69,0	0,0	0,0	8,3		25,6	8,1	9,910
11/11/25	8,1	16,1	12,1	1010,5	64,7	0,0	0,0	8,2		18,0	8,1	9,700
12/11/25	9,4	15,5	12,5	1014,8	75,0	0,0	0,0	6,7		14,8	5,0	7,680
13/11/25	11	17	14,0	1016,2	70,3	0,0	0,0	6,8		17,3	7,5	8,990
14/11/25	9,4	15,4	12,4	1013,3	79,7	0,0	0,0	5,5		16,2	5,8	8,110
15/11/25	8,1	12	10,1	1008,7	92,7	0,1	0,0	5,0		17,6	0,0	1,560
16/11/25	11,6	13	12,3	1003,5	93,7	11,8	0,0	8,4		23,8	0,0	1,520
17/11/25	11,4	16,5	14,0	996,6	84,0	26,9	0,0	10,1		33,8	6,8	8,240
18/11/25	7	13,1	10,1	1008,4	76,3	1,8	0,0	12,7		46,1	0,1	4,310
19/11/25	4,8	8,7	6,8	1005,0	73,7	0,0	0,0	9,0		21,6	3,9	5,920
20/11/25	6,3	8,5	7,4	999,7	78,3	0,0	0,0	5,6		21,2	0,0	2,890
21/11/25	5,3	7,4	6,4	1001,6	86,0	4,8	0,0	10,1		24,5	0,0	1,070
22/11/25	4,6	8,2	6,4	1009,1	68,0	0,0	0,0	6,4		28,1	0,1	2,970
23/11/25	2,8	7,2	5,0	1009,6	64,7	0,0	0,0	7,1		20,2	4,2	6,030
24/11/25	3,5	5,2	4,4	999,8	87,7	1,1	0,0	7,9		20,9	0,0	0,900
25/11/25	4,4	8	6,2	992,3	79,7	0,0	0,0	19,0				
26/11/25	3,8	9,9	6,9	1000,9	73,3	0,0	0,0				6,0	7,630
27/11/25	5	10	7,5	1010,2	69,7	0,0	0,0					
28/11/25	3,5	9,2	6,4	1011,0	70,0	0,0	0,0	10,2		19,8	8,0	8,050
29/11/25	3,3	8,9	6,1	1007,3	63,7	0,0	0,0	8,2		20,5	7,9	8,150
30/11/25	3,2	9,5	6,4	1007,7	64,7	0,0	0,0	6,7		16,6	2,6	5,500
1° decade	9,6	15,3	12,4	1010,1	74,1	6,5	0,0	7,0		46,1	54,4	83,5
2° decade	8,7	13,6	11,1	1007,7	78,8	40,6	0,0	7,8		46,1	37,2	58,9
3° decade	3,9	8,4	6,1	1004,9	72,7	5,9	0,0	9,4		28,1	28,8	40,3
MESE	7,4	12,4	9,9	1007,6	75,2	53,0	0,0	8,0		46,1	120,4	182,7
Min	2,8	5,2	4,4	992,3	63,7	0,0	0,0	4,1		14,0	0,0	0,9
Max	15,0	18,1	16,6	1018,6	93,7	26,9	0,0	19,0		46,1	8,5	11,3
Dev.St.	3,2	3,7	3,3	5,9	8,9	5,4	0,0	2,8		8,1	3,4	3,3

Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"												
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia												
Osservatorio Geofisico												
Piazza Roma 22, Modena - lat. N 44° 38' 50,76" - long. E 10° 55' 45,50"												
dicembre 2025												
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmed (°C)	PressMed (hPa)	Umed (%)	Prec Tot (mm)	Neve Fresca cm	VelVent Med (km/h)	Direz. Vento domin.	VelVentMax (km/h)	Ore di sole (h)	Radiaz. solare MJ/m²
01/12/25	5,5	6,8	6,2	1012,0	88,0	8,4	0,0	8,2		20,5	0,0	1,210
02/12/25	6,4	9	7,7	1009,4	88,0	0,1	0,0	13,2		22,7	0,0	1,500
03/12/25	7,9	10,4	9,2	1006,4	87,0	0,0	0,0	7,1		16,6	0,0	2,770
04/12/25	8,7	9,5	9,1	1000,5	91,0	0,3	0,0	11,3		20,9	0,0	1,010
05/12/25	7,6	10,6	9,1	1001,3	88,3	0,0	0,0	6,7		20,9	0,3	2,050
06/12/25	5,6	10,7	8,2	1006,2	82,0	0,0	0,0	8,5		22,3	5,1	6,370
07/12/25	6	10,8	8,4	1008,9	80,7	0,0	0,0	8,9		20,9	3,4	5,210
08/12/25	5,8	12,4	9,1	1014,2	73,3	0,0	0,0	5,4		17,6	7,7	6,980
09/12/25	5,9	11,9	8,9	1016,7	76,7	0,0	0,0	7,1		16,6	7,5	7,110
10/12/25	6,3	12,7	9,5	1016,7	76,7	0,0	0,0	3,7		14,8	7,7	6,980
11/12/25	5,1	8,9	7,0	1016,6	85,3	0,0	0,0	3,0		19,8	0,7	3,600
12/12/25	6,7	11,4	9,1	1016,7	82,3	0,0	0,0	10,4		24,1	7,5	6,770
13/12/25	6,4	12,1	9,3	1018,7	75,7	0,0	0,0	9,0		20,9	7,7	7,160
14/12/25	5,8	11,2	8,5	1018,8	71,7	0,0	0,0	6,7		18,0	7,7	7,160
15/12/25	4,6	9,4	7,0	1018,0	79,7	0,0	0,0	4,7		14,0	4,5	5,420
16/12/25	4,6	7,4	6,0	1013,1	89,7	9,1	0,0	7,0		20,5	0,0	0,440
17/12/25	7,1	10	8,6	1015,3	90,0	4,8	0,0	10,8		24,1	0,0	1,970
18/12/25	8,6	9,9	9,3	1021,3	87,0	0,2	0,0	5,8		14,8	0,0	1,130
19/12/25	8,9	10,2	9,6	1019,0	90,0	0,8	0,0	5,6		10,8	0,0	0,980
20/12/25	8,9	10,9	9,9	1011,8	87,7	0,1	0,0	5,4		11,2	0,0	1,290
21/12/25	8,1	9,4	8,8	1008,2	89,3	0,0	0,0	6,7		14,4	0,0	1,010
22/12/25	7,7	9,1	8,4	1007,2	84,7	0,7	0,0	6,0		16,2	0,0	1,480
23/12/25	7,6	8,5	8,1	1003,7	91,0	5,5	0,0	11,0		24,5	0,0	0,530
24/12/25	4,9	8,6	6,8	1001,9	90,3	57,1	0,0	21,0		54,7	0,0	0,400
25/12/25	5,3	6,1	5,7	1014,5	89,0	20,7	0,0	10,6		26,6	0,0	0,540
26/12/25	4,8	8,4	6,6	1019,6	75,7	0,0	0,0	7,2		16,2	5,2	5,930
27/12/25	3,7	9,5	6,6	1019,1	77,3	0,0	0,0	15,5		31,0	7,8	7,350
28/12/25	3,5	9,6	6,6	1012,6	76,7	0,0	0,0	9,0		20,9	7,8	7,500
29/12/25	1,9	9,3	5,6	1010,9	76,7	0,2	0,0	7,9		16,9	7,5	7,250
30/12/25	-2	5,4	1,7	1007,0	83,0	0,0	0,0	9,1		22,7	0,4	3,050
31/12/25	2,4	6,5	4,5	1012,3	74,0	0,0	0,0	6,4		16,9	7,4	7,130
1° decade	6,6	10,5	8,5	1009,2	83,2	8,8	0,0	8,0		22,7	31,7	41,2
2° decade	6,7	10,1	8,4	1016,9	83,9	15,0	0,0	6,8		24,1	28,1	35,9
3° decade	4,4	8,2	6,3	1010,6	82,5	84,2	0,0	10,0		54,7	36,1	42,2
MESE	5,8	9,6	7,7	1012,2	83,2	108,0	0,0	8,3		54,7	95,9	119,3
Min	-2,0	5,4	1,7	1000,5	71,7	0,0	0,0	3,0		10,8	0,0	0,4
Max	8,9	12,7	9,9	1021,3	91,0	57,1	0,0	21,0		54,7	7,8	7,5
Dev.St.	2,3	1,8	1,8	5,9	6,2	10,8	0,0	3,6		7,8	3,5	2,8



Massimiliano Vigarani*

Quadro demografico della Provincia di Modena nel 2025

Riassunto

L'articolo riporta i dati relativi alle dinamiche demografiche nella provincia di Modena per il 2025 e i dati di stock aggiornati al 1° gennaio 2026. Sono presi in considerazione la popolazione italiana residente, la densità abitativa, i flussi naturali e quelli migratori e la popolazione straniera residente nella nostra provincia. Viene infine illustrato, sulla base di dati statistici ISTAT e Regione Emilia-Romagna, il quadro di sviluppo demografico "più probabile" fino al 2045, definito come "Scenario di riferimento".

Abstract

Demographic situation of the Province of Modena in 2025. This article focuses on data related to population shift dynamics in the Province of Modena as of 1st January 2026. The resident native Italian population, population density, natural and migratory flows and foreign nationals living in our province are taken into account. Finally, the "most likely" demographic evolution scenario up to the year 2045, defined as "Reference Scenario", is described, based on statistical data from ISTAT and Emilia-Romagna Region.

Parole chiave: *Dinamiche demografiche, Densità abitativa, Flussi naturali e migratori, Provincia di Modena.*

Keywords: *Population shift dynamics, Population density, Natural and migratory flows, Province of Modena, Italy.*

1. Introduzione

La provincia di Modena è caratterizzata da una buona qualità di vita e da un sistema economico-produttivo e dei servizi sviluppato. Fattori che, pur con intensità ridotta rispetto al passato, continuano a rappresentare elementi di attrattività per i flussi migratori provenienti dall'estero e da altre aree del Paese.

* Unità Operativa Statistica, Provincia di Modena, Viale Martiri della Libertà 34, 41121 MODENA; e-mail: vigarani.m@provincia.modena.it.

La consistente crescita della popolazione verificatasi a partire dai primi anni '90 del secolo scorso è infatti fondamentalmente dovuta ai movimenti migratori, i quali rappresentano “il motore” delle dinamiche demografiche provinciali. Movimenti la cui intensità risulta fortemente correlata all’evoluzione dei processi legati alla componente straniera, con le spinte propulsive date dai vari provvedimenti normativi in materia di regolarizzazione delle presenze ma anche condizionati dalla sostenuta propensione alla mobilità in uscita in corrispondenza di determinate fasi congiunturali negative.

Gli effetti della crisi economica mondiale del 2008-2009, degli eventi climatici estremi e delle calamità ambientali che hanno colpito la provincia di Modena a partire da maggio 2012 ad oggi, della crisi sanitaria pandemica da Covid-19 – iniziata nel gennaio 2020 e dei conseguenti effetti sulla mortalità e la limitazione alla mobilità sul territorio – ed infine l’impatto del caro-vita, degli esiti sull’economia mondiale del conflitto russo-ucraino e dell’attuale incerta situazione internazionale hanno inciso e incidono in modo significativo sul complesso degli indicatori rilevati per la provincia di Modena.

2. Discussione dei dati

L’anticipazione dei primi dati 2026 mostra delle evidenze statistiche significative. Al 1° gennaio 2026 la popolazione residente in provincia di Modena risulta pari a 711.502 unità, evidenziando una crescita rispetto al 1° gennaio 2025 pari a +3.162 cittadini residenti (+0,4%). Negli ultimi venti anni, dal 2006 al 2026, la popolazione provinciale è incrementata del 6,9% (+46.230 residenti).



Fig. 1 – Popolazione residente in provincia di Modena (al 1° gennaio degli anni 2012-2026). Valori assoluti (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

Il quadro demografico rilevato al primo gennaio 2026 (Fig. 1) evidenzia che quasi il 77% della popolazione modenese complessiva risiede nell'area metropolitana (544.429 residenti). In tale area si trovano quasi tutti i comuni della provincia che superano i 20.000 abitanti: Modena, Carpi, Sassuolo, Formigine, Castelfranco Emilia e Vignola. L'analisi di lungo periodo (2006-2026) evidenzia un incremento della popolazione residente nell'area metropolitana di poco inferiore alle 40.000 unità (+7,8%). Oltre agli incrementi assoluti consistenti registrati nei centri maggiori si possono notare variazioni positive significative in altri comuni, nei quali contribuiscono ad attrarre nuova popolazione il minore costo della vita, la maggiore accessibilità al mercato abitativo e la disponibilità di alloggi, la vicinanza ai centri urbani maggiori ed alle principali vie di comunicazione. Concentrando l'analisi al breve periodo, nel complesso la popolazione residente nell'area metropolitana è incrementata di 1.548 unità (+0,3%) rispetto al 1° gennaio 2025.

La numerosità dei residenti nei comuni della bassa pianura (97.496 unità ad inizio 2026), i più colpiti dagli eventi sismici del maggio 2012, è incrementata di 1.279 unità in un anno (+1,3%). Nel ventennio 2006-2026 tale contingente è incrementato del 4% (+3.718 unità).

Nel corso del 2025, la zona collinare-montana, che registra 69.577 residenti a inizio 2026, ha visto incrementare la propria popolazione di 335 unità. A livello del singolo comune, la vicinanza all'area metropolitana rappresenta il fattore discriminante che determina un andamento demografico positivo.

Il rapporto di mascolinità provinciale è pari al 98,5%. Al 1° gennaio 2026 le famiglie residenti sono stimabili in 318.242 unità (mediamente 2,2 componenti per nucleo).

L'estensione del territorio provinciale è di 2688 km², con un numero medio di abitanti per km², a inizio 2026, pari a 265 unità. La densità abitativa maggiore si registra a Vignola (1.151 ab./km²), quella più contenuta a Riolunato (15 ab./km²), così come negli altri comuni delle zone montane (Tab. 1; Figg. 2, 3, 4).

Aree territoriali	Valori assoluti al 1 gennaio			Variazioni 2026/2025		Variazioni 2026/2006		Famiglie residenti al 1 gennaio 2026 (cifre)		Stranieri residenti al 1 gennaio 2026	
	2026	2025	2006	Ass.	%	Ass.	%	N.	N. medio comp	N.	Inc. % sulla popolazione totale
Bastiglia	4.244	4.231	3.655	13	0,3	589	16,1	1.858	2,3	98	14,1
Bonporto	10.398	10.285	8.589	113	1,1	1.809	21,1	4.307	2,4	1.165	11,2
Campogalliano	8.516	8.542	8.064	-26	-0,3	452	5,6	3.743	2,3	954	11,2
Camporotondo	3.397	3.338	3.039	59	1,8	358	11,8	1.383	2,4	693	20,4
Carpi	74.041	73.297	64.517	744	1,0	9.504	14,8	33.840	2,2	11.924	16,1
Castelfranco Emilia	33.625	33.354	27.981	271	0,8	5.694	20,4	14.223	2,3	4.439	13,2
Castelmagno Rangone	15.116	15.059	12.980	57	0,4	2.136	16,5	6.421	2,3	1.725	11,4
Castelvetro di Modena	10.960	11.052	10.390	-92	-0,8	570	5,5	4.669	2,3	1.200	10,9
Cavezzo	7.236	7.191	7.090	45	0,6	146	2,1	3.132	2,3	1.102	15,2
Concordia s. Secchia	8.541	8.443	8.763	98	1,2	-222	-2,5	3.766	2,3	1.381	16,2
Fanano	2.984	2.979	3.008	5	0,2	-24	-0,8	1.637	1,8	295	9,9
Finale Emilia	15.570	15.343	15.415	227	1,5	155	1,0	6.963	2,2	2.654	17,0
Fiorano Modenese	16.610	16.723	16.568	-113	-0,7	42	0,3	7.016	2,4	1.317	7,9
Fiumalbo	1.177	1.191	1.304	-14	-1,2	-127	-9,7	635	1,9	54	4,6
Formigine	34.496	34.464	31.402	32	0,1	3.094	9,9	14.878	2,3	2.176	6,3
Frassinoro	1.697	1.721	2.096	-24	-1,4	-399	-19,0	904	1,8	81	4,8
Guiglia	4.356	4.229	4.030	127	3,0	326	8,1	1.972	2,2	592	13,6
Lama Mocogno	2.679	2.645	3.007	34	1,3	-328	-10,9	1.371	2,0	221	8,2
Marmello	17.360	17.299	16.393	61	0,4	967	5,9	7.363	2,3	1.237	7,1
Marano sul Panaro	5.319	5.289	3.960	30	0,6	1.359	34,3	2.274	2,3	666	12,3
Medolla	6.531	6.473	5.964	58	0,9	567	9,5	2.879	2,3	714	10,9
Mirandola	24.921	24.623	23.037	298	1,2	1.884	8,2	11.117	2,2	3.980	16,0
Modena	184.361	184.074	180.469	287	0,2	3.892	2,2	85.967	2,1	28.933	15,7
Montecreto	951	966	935	-15	-1,6	16	1,7	528	1,8	102	10,7
Montefiorino	2.119	2.122	2.318	-3	-0,1	-199	-8,6	1.045	2,0	191	9,0
Montese	3.374	3.370	3.303	4	0,1	71	2,1	1.754	1,9	521	15,4
Nonantola	16.186	16.155	13.867	31	0,2	2.319	16,7	7.047	2,3	1.594	9,8
Novi di Modena	10.413	10.264	10.977	149	1,5	-564	-5,1	4.398	2,3	1.751	16,8
Palagiano	2.034	2.041	2.439	-7	-0,3	-405	-16,6	1.035	2,0	200	9,8
Pavullo nel Frignano	18.405	18.360	16.242	45	0,2	2.163	13,3	8.062	2,3	2.692	14,6
Pievepelago	2.096	2.149	2.230	-53	-2,5	-134	-6,0	1.098	1,9	262	12,5
Polinigo	1.604	1.577	1.830	27	1,7	-226	-12,3	809	2,0	178	11,1
Prignano sulla Secchia	3.898	3.826	3.593	72	1,9	305	8,5	1.718	2,3	292	7,5
Rovarno	6.388	6.311	6.004	77	1,2	384	6,4	2.670	2,4	902	14,1
Richinato	657	646	733	11	1,7	-76	-10,4	326	2,0	46	7,0
San Cesario s. Panaro	6.676	6.613	5.673	63	1,0	1.003	17,7	2.984	2,2	654	9,8
San Felice sul Panaro	11.049	10.864	10.538	185	1,7	511	4,8	4.702	2,3	1.944	17,6
San Possidonio	3.577	3.536	3.783	41	1,2	-206	-5,4	1.545	2,3	629	17,6
San Prospero	6.261	6.142	5.172	119	1,9	1.089	21,1	2.634	2,4	860	13,7
Sassuolo	41.123	41.116	41.641	7	0,0	-518	-1,2	18.265	2,2	5.886	14,3
Savignano sul Panaro	9.591	9.608	8.831	-17	-0,2	760	8,6	3.998	2,4	1.481	15,4
Serramazzoni	8.980	8.884	7.796	96	1,1	1.184	15,2	4.198	2,1	1.135	12,6
Setola	2.401	2.428	2.637	-27	-1,1	-236	-8,9	1.373	1,7	204	8,5
Soliera	15.460	15.549	14.161	-89	-0,6	1.299	9,2	6.625	2,3	1.473	9,5
Spilamberto	12.968	12.979	11.442	-11	-0,1	1.526	13,3	5.501	2,4	2.376	18,3
Vignola	26.310	26.170	22.683	140	0,5	3.627	16,0	11.140	2,3	4.899	18,6
Zocca	4.846	4.819	4.773	27	0,6	73	1,5	2.469	2,0	788	16,3
Bassa Pianura	97.496	96.217	93.778	1.279	1,3	3.718	4,0	42.519	2,3	15.708	16,1
Area metropolitana	544.429	542.881	505.260	1.548	0,3	39.169	7,8	242.515	2,2	74.933	13,8
Collina e montagna	69.577	69.242	66.234	335	0,5	3.343	5,0	33.208	2,1	8.510	12,2
Totale	711.502	708.340	665.272	3.162	0,4	46.230	6,9	318.242	2,2	99.151	13,9

Tab. 1 – Popolazione residente, famiglie, stranieri residenti, incidenza % degli stranieri residenti sulla popolazione in provincia di Modena al 1.1.2026. Variazioni % della popolazione rispetto ai dati al 1.1.2006 e 2025 (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

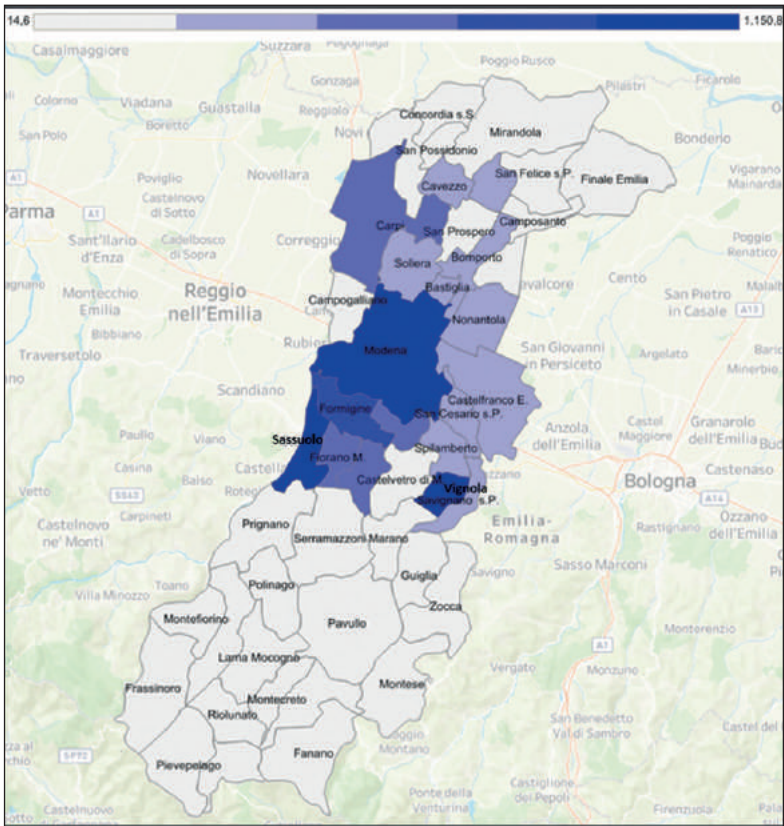


Fig. 2 – Densità abitativa (ab./km²) in provincia di Modena al 1/1/2026 (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

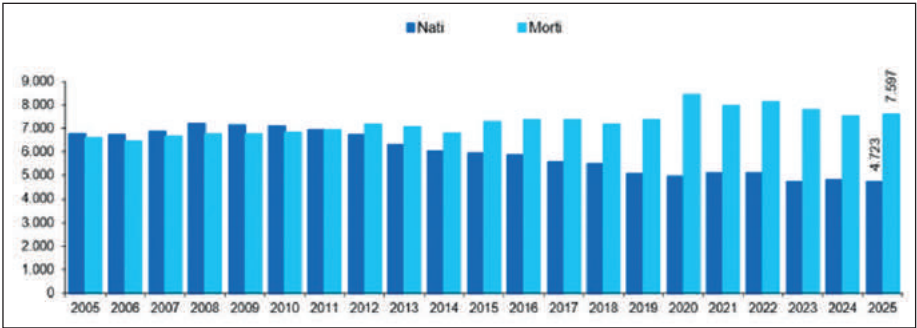


Fig. 3 – Flussi naturali (nati, morti e saldo naturale) nel periodo 2005-2025 in provincia di Modena. Valori assoluti (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

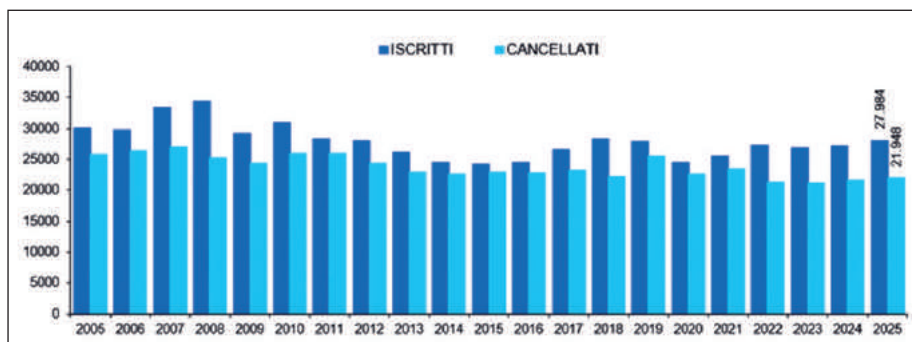


Fig. 4 – Flussi migratori (iscritti, cancellati, saldo migratorio) nel periodo 2005-2025 in provincia di Modena. Valori assoluti (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

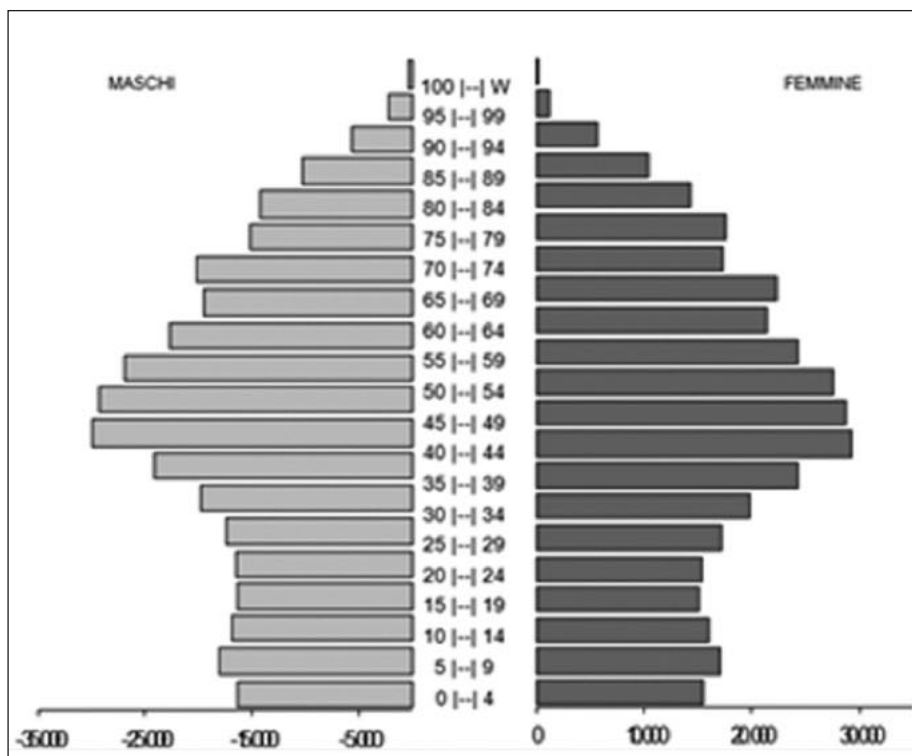


Fig. 5 – Piramide dell'età - provincia di Modena al 01/01/2026 (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

Al termine dell'anno 2025 il saldo naturale (nati-morti) è di segno negativo e pari a -2.874 unità. La dimensione effettiva dei movimenti migratori che coinvolgono la provincia di Modena è fornita dalla consistenza del saldo migratorio, indicatore ottenuto dalla differenza fra le iscrizioni e le cancellazioni anagrafiche pari a +6.036 iscrizioni anagrafiche nette nel 2025.

La struttura per età della popolazione modenese è caratterizzata dall'elevata consistenza numerica delle classi centrali di età (età lavorative), le quali raccolgono i nati nel periodo del cosiddetto *baby-boom* (1946-1965) e buona parte dei contingenti migratori successivi. Il decremento dei livelli di natalità, verificatosi dalla seconda metà degli anni '70 del secolo scorso, ha determinato una contrazione dei contingenti relativi alle età più giovani (cfr. Fig. 5).

In generale, la riduzione dei livelli di mortalità, ha contribuito all'incremento dei contingenti di popolazione in età anziana.

All'inizio del 2026, in provincia di Modena ci sono 185 persone di 65 anni ed oltre ogni 100 giovani in età inferiore ai 15 anni. L'indice di vecchiaia raggiunge i suoi valori massimi nelle zone collinari e montane dove si raggiungono punte prossime a tre/quattro anziani ogni giovane in età inferiore ai 15 anni.

La componente straniera rappresenta una delle principali leve di crescita numerica della popolazione, sia per l'apporto dei flussi migratori sia per i più elevati livelli di fecondità. Tale contingente, costituisce inoltre una parte importante delle forze di lavoro attive. Questo aspetto è di particolare rilevanza in una realtà produttiva come quella modenese, pur a fronte di un andamento strettamente correlato agli effetti di fattori esogeni sia di natura locale che globale. In particolare la pandemia da COVID-19 e, ancor prima, la crisi economica mondiale e le articolate conseguenze degli eventi sismici che hanno colpito le province di Modena, di Bologna e di Ferrara nel 2012. Da questa data, infatti, si registra una contrazione numerica del contingente straniero con dinamiche che tornano di segno positivo a partire dal secondo semestre del 2017 (oltre 97.000 residenti a luglio 2012, 90.212 unità a inizio 2017, 91.250 unità al 1° gennaio 2018, 95.539 residenti a inizio 2021, 92.239 unità nel 2022, 94.132 residenti a gennaio 2023, 95.314 unità nel 2024 e, a inizio 2025, si ritorna ai livelli registrati nel 2012 (97.787 unità). La consistenza del contingente straniero residente in provincia di Modena al 1° gennaio 2026, secondo l'Istat, ammonta complessivamente a 99.151 unità. La consistenza di cittadini stranieri residenti in provincia di Modena determina un'incidenza, sul complesso dei residenti, pari al 13,9%. Oltre un quinto delle nascite complessive registrate in provincia di Modena nel 2024 è riferito alla componente straniera residente (Figg. 6 e 7; Tab. 2).



Fig. 6 – Cittadini stranieri residenti in provincia di Modena e nel capoluogo al 1.1 degli anni 2005-2026. Valori assoluti e composizioni percentuali (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

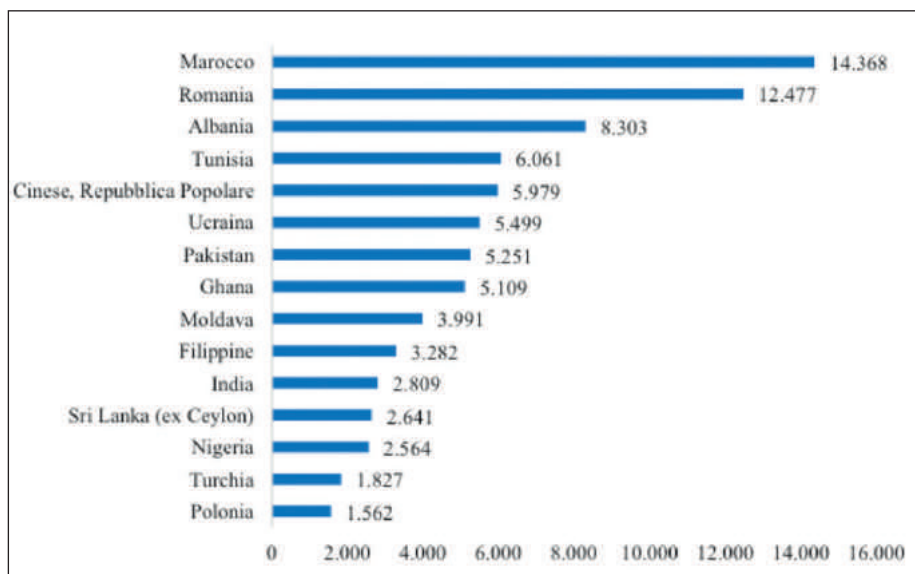


Fig. 7 – Cittadini stranieri residenti in provincia di Modena, principali comunità al 1.1.2025. Valori assoluti (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

Classi di età	Stranieri			% sul totale stranieri			% stranieri sul totale popolazione		
	M	F	T	M	F	T	M	F	T
0 - 2	1.578	1.487	3.065	3,2	3,0	3,1	21,2	21,2	21,2
3 - 5	1.635	1.564	3.199	3,3	3,2	3,2	19,8	20,9	20,3
6 - 10	3.076	2.800	5.876	6,2	5,7	5,9	20,5	19,9	20,2
11 - 13	1.747	1.598	3.345	3,5	3,2	3,4	17,3	16,8	17,0
14 - 18	2.783	2.419	5.202	5,6	4,9	5,2	14,9	14,1	14,5
19 - 29	8.677	5.818	14.495	17,4	11,8	14,6	19,9	15,2	17,7
30 - 49	20.168	18.725	38.893	40,4	38,1	39,2	22,5	22,0	22,3
50 - 64	8.111	9.978	18.089	16,2	20,3	18,2	9,7	11,8	10,8
65 e oltre	2.185	4.802	6.987	4,4	9,8	7,0	2,8	5,0	4,1
Totale	49.960	49.191	99.151	100,0	100,0	100,0	14,1	13,7	13,9

Tab. 2 – Popolazione straniera residente in provincia di Modena per sesso e classi di età al 1.1.2026 - Valori assoluti e composizione % sui corrispondenti contingenti di popolazione residente totale (fonte: Provincia di Modena - elaborazione su dati Istat).

Infine uno “sguardo al futuro” attraverso le proiezioni demografiche elaborate dalla Regione Emilia-Romagna su dati Istat e RER. Il quadro di sviluppo demografico “più probabile” viene indicato come *Scenario di riferimento* (Fig. 8)¹.

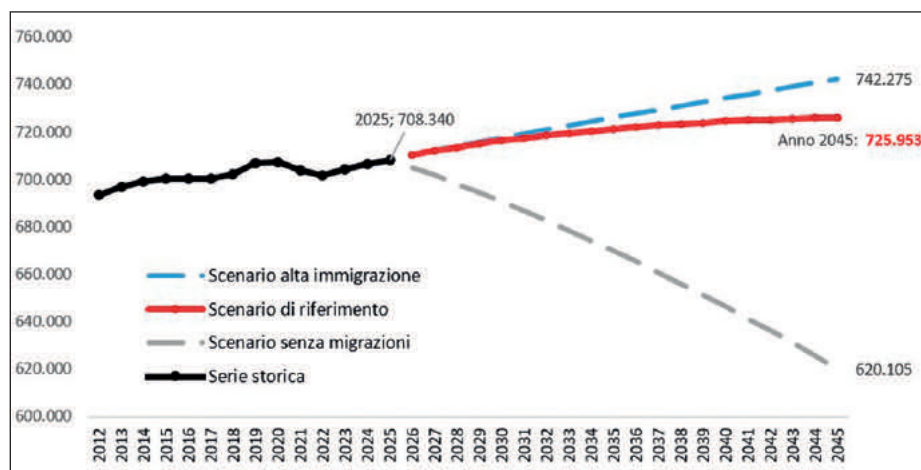


Fig. 8 – Popolazione residente storica e scenari predittivi al 1.1. del periodo 2026-2045, in provincia di Modena (base:1.1.2025). Valori assoluti.

¹ Per un'analisi dettagliata delle proiezioni si rimanda alla pagina web <https://statistica.regione.emilia-romagna.it/dati/rappresentazioni-grafiche-dati/visualizzazione-proiezioni-demografiche-emilia-romagna>.

Glossario Aree di Sistema

Aree di sistema	Comuni
Bassa pianura	Camposanto, Cavezzo, Concordia s/S, Finale Emilia, Medolla, Mirandola, Novi di Modena, San Felice s/P, San Possidonio, San Prospero.
Area metropolitana	Bastiglia, Bomporto, Campogalliano, Carpi, Castelfranco Emilia, Castelnuovo Rangone, Castelvetro di Modena, Fiorano Modenese, Formigine, Maranello, Modena, Nonantola, Ravarino, San Cesario s/P, Sassuolo, Savignano s/P, Soliera, Spilamberto, Vignola.
Collina e montagna	Fanano, Fiumalbo, Frassinoro, Guiglia, Lama Mocogno, Marano s/P, Montecreto, Montefiorino, Montese, Palagano, Pavullo nel Frignano, Pievepelago, Polinago, Prignano s/S, Riolunato, Serramazzone, Sestola, Zocca.

Opera consultata

AA.Vv., 2025 – *Osservatorio demografico della provincia di Modena: Scenari demografici predittivi 1.1.2025-1.1.2042*. Provincia di Modena, 136 pp.



Riccardo Rondelli*

***Cataceramus* cfr. *subcircularis* (Meek, 1876) nel Cretaceo (Campaniano-Maastrichtiano) di Serramazzoni (Appennino modenese)**

Riassunto

Negli anni '80 del Novecento fu trovato nel Comune di Serramazzoni un frammento di inoceramide, oggi conservato presso il Museo Civico di Vignola. L'area di Serramazzoni, così come quella dell'Appennino emiliano in generale, non è nuova a questo genere di ritrovamenti, già segnalati, seppur sporadicamente, sin dalla seconda metà dell'Ottocento. Lo scopo della corrente nota è descrivere questo raro reperto per l'Appennino modenese, oltre che presentare un quadro aggiornato sugli inoceramidi trovati nelle formazioni mesozoiche dell'Emilia. Il campione analizzato è stato associato a *Cataceramus* cfr. *subcircularis*, risultando il primo inoceramide di questa specie mai segnalato in Appennino emiliano. Nel Flysch di Monte Cassio di Serramazzoni viene segnalato anche *Cataceramus balticus*. Tale associazione, probabilmente risultato di meccanismi di trasporto operato dalle correnti di torbida, conferma la datazione del Flysch di Monte Cassio al Campaniano-Maastrichtiano.

Abstract

***Cataceramus* cfr. *subcircularis* (Meek, 1876) in the Cretaceous (Campanian-Maastrichtian) of Serramazzoni (Northern Apennines).** In the 1980s, a fragment of inoceramid was found in the municipality of Serramazzoni (Northern Apennines, Italy), which is now preserved at the Civic Museum of Vignola. The Serramazzoni area, as well as the Emilia Apennines in general, is not new to this type of finding, already reported, albeit sporadically, since the second half of the nineteenth century. The aim of the current note is to describe this rare find for the Modena Apennines, as well as to present an updated list of the inoceramids found in the Mesozoic formations of Emilia. The sample analysed was classified as *Cataceramus* cfr. *subcircularis*, resulting in the first inoceramid of this species ever reported in the Emilia Apennines. *Cataceramus balticus* is also reported for the Monte Cassio Flysch of Serramazzoni. This association, probably the result of transport caused by turbidity currents, confirms the dating of the Monte Cassio Flysch to the Campanian-Maastrichtian.

* Società Reggiana di Scienze Naturali C. Iacchetti, c/o Via F.P. Tosti 1, 42124 REGGIO EMILIA; "Al Palèsi Amici del Museo", Museo Civico di Vignola "Augusta Redorici Roffi", Via J. Cantelli 4, 41058 VIGNOLA (MO); e-mail: alpalesi.vignola@libero.it.

Parole chiave: *Inoceramus*, Cretaceo, Appennino settentrionale, Italia

Keywords: *Inoceramus*, Cretaceous, Northern Apennines, Italy

1. Introduzione

Negli anni '80 del Novecento i Sigg. A. Rilei e L. Tagliavini trovarono durante i lavori di ampliamento della strada che dalla Via Nuova Estense porta ad Ospitaletto, nei pressi di San Dalmazio (Serramazzoni MO), la traccia fossile lasciata da un inoceramide, all'interno delle torbiditi cretacee del Flysch di Monte Cassio, oggi conservata al Museo Civico di Vignola (MCV583) (*com. pers.* di F. Simonini, Museo Civico di Vignola).

Gli inoceramidi sono organismi, appartenenti al gruppo dei bivalvi, diffusamente presenti nei depositi di età compresa tra il Giurassico inferiore e il Cretaceo superiore (Dhondt, 1983; Tröger *et al.*, 1996; Walaszczyk *et al.*, 2009; Docev & Metodiev, 2020). Gli inoceramidi si mostrano particolarmente sviluppati, nel registro fossile del Cretaceo superiore, con due momenti di grande abbondanza specifica ravvicinati tra loro, probabilmente correlati a un importante cambiamento nelle condizioni ambientali durante il Maastrichtiano medio (Chauris *et al.*, 1998). Gli inoceramidi si estinsero poi in modo diacrono a livello globale nel Cretaceo superiore, con le ultime tracce che in Italia derivano da rocce che precedono di circa 3,5 milioni di anni il limite Cretaceo-Paleocene (Chauris *et al.*, 1998). La buona ricorrenza, oltre che la distribuzione stratigrafica, del gruppo ha reso gli inoceramidi ottimi indicatori biostratigrafici per datare le rocce, in particolare del Cretaceo superiore (Jolkičev, 1962, 1984, 1989; Tzankov, 1968, 1981; Walaszczyk *et al.*, 2001, 2002, 2004, 2009). In Italia questo gruppo di bivalvi fossili è conosciuto, con un limitato numero di ritrovamenti e pubblicazioni, principalmente in formazioni cretacee di Trentino Alto Adige, Veneto, Toscana, Umbria e Marche (Parea, 1964; Siliotti, 1971; Dhondt & Dieni, 1996; Chauris *et al.*, 1998; Schneider *et al.*, 2013; Zorzin, 2016; Barsotti *et al.*, 2019).

Seppur raramente, tracce di inoceramidi derivanti principalmente dai cosiddetti flysch ad elmintoidi del Cretaceo superiore sono state trovate anche nelle Liguridi dell'Appennino emiliano (vedi Cap. 3). Essi fanno parte di tutti quei rarissimi fossili che nel tempo sono stati reperiti all'interno delle formazioni cretacee dell'Emilia. Tra questi si possono ricordare: ammoniti (De Mortillet, 1863; Stoppani, 1875; Mantovani, 1875, 1877; Sacco, 1893, 1905, 1924; Anelli, 1935, 1938; Pelosio & Pinna, 1964; Patteri, 1975; Papazzoni, 2007; Sarti, 2014, 2023; Rondelli & Papazzoni, 2025); belemniti (Marsigli, 2023); denti di elasmobranchi (Doderlein, 1862; Pantanelli, 1883; Capellini, 1884; Mazzetti,

1889a, 1890; Sacco, 1905, Canestrelli, 1910; De Stefano, 1912; Cervi & Zanicchelli, 1978; Patteri *et al.*, 1980, 2024; Rondelli, 2025); rostri di pesce (Serafini *et al.*, 2025); legni silicizzati (Capellini, 1890; Capellini & Solms-Laubach, 1892; Sacco, 1893; Ward, 1896; Capellini, 1909; Francavilla, 1967; Clerici, 1902; Principi, 1940; Bertolani-Marchetti, 1963; Bertolani & Bertolani-Marchetti, 1967; Borghi *et al.*, 2023), crostacei polichelidi (Garassino *et al.*, 2012); resti di vertebrati marini mesozoici (Uzielli, 1887; Pantanelli, 1889; Simonelli, 1897, 1910; Capellini, 1884, 1890; Rompianesi, 1975; Sirotti, 1990; Battista, 1993; Rompianesi & Sirotti, 1995; Sirotti & Papazzoni, 2002; Papazzoni, 2003, 2007; Serafini *et al.*, 2017, 2019, 2022, 2023; Freschi *et al.*, 2023) ed un gran numero di tracce fossili (Serpagli, 2005; Baucon *et al.*, 2023). Data la grande scarsità di resti di inoceramidi, lo scopo della corrente nota è quello di descrivere il reperto conservato presso il Museo Civico di Vignola, oltre a fornire una sintesi aggiornata di tutti i ritrovamenti di inoceramidi provenienti dal Cretaceo dell'Appennino emiliano.

2. Inquadramento geologico e geografico di Serramazzoni

San Dalmazio è un piccolo borgo facente parte del Comune di Serramazzoni nell'Appennino modenese (Fig. 1). Il toponimo di quest'area "Serra", che significa sbarramento o catena montuosa, è dovuto alla quota dominante, sul paesaggio calanchivo circostante, delle alture di Cornazzano, Ravaglia, Monfestino e Faeto. Primo vero rilievo dell'Appennino modenese, anticamente conosciuta come "Serra de Ligorzano" (Bortolamasi & Tosatti, 2021), il toponimo è intimamente legato alla sua connotazione geologica. La zona di Serramazzoni è infatti formata da una scaglia tettonica costituita da uno dei flysch ad elmintoidi del Dominio Ligure (Bettelli *et al.*, 1989a; 1989b). Si tratta del Flysch di Monte Cassio costituito dalla ritmica ripetizione di strati torbiditici calcareo-marnosi tabulari, di spessore da metrico a ultra-decamentrico. A tali torbiditi calcareo-marnosi si intercalano pacchi di strati più sottili di torbiditi arenaceo-pelitici (Sequenza di Bouma prevalente di tipo Tc-Te: Gasperi *et al.*, 2005). Tutti questi sedimenti torbiditici si sono depositati nel Cretaceo superiore nella piana abissale di una vasta area oceanica al di sotto del limite di compensazione dei carbonati (CCD) (Montanaro Gallitelli, 1955; Parea, 1961; Cerrina Ferroni *et al.*, 1990, 1992; Gasperi *et al.*, 2005). Queste rocce appartenenti al Flysch di Monte Cassio risultano particolarmente resistenti alla degradazione meteorica e per tale ragione ora costituiscono una zona più rilevata rispetto alle aree circostanti dominate dalla presenza di rocce di pertinenza ligure, prevalentemente argillitiche e facilmente erodibili, grigie o variamente colorate e spesso caratterizzate da incisioni vallive con tipiche zone calanchive ("Complessi di base"). Molte di queste rocce argillitiche, ora quasi ovunque

prive dell'originaria stratificazione e ridotte alla scala dell'affioramento ad una massa argillosa che ingloba vario pezzame litoide, appartengono a ciò che si era sedimentato prima del Flysch di M. Cassio nello stesso bacino oceanico (Oceano Ligure-Piemontese) tra il Cretaceo inferiore e il Campaniano. Queste formazioni argillose smembrate (Argille a Palombini, Argille Varicolori di Cassio, e Arenarie di Scabiazza; cfr. Bettelli *et al.*, 2002), rientravano in quell'insieme che veniva anticamente denominato con il termine di "Argille Scagliose". Nel Campaniano superiore ebbe poi inizio, in conseguenza dell'inizio della convergenza tra la placca continentale europea (Iberia e blocco Sardo-Corso) e quella africana (microplacca Adria), la chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese con la deposizione dei flysch ad elmintoidi. Il Flysch di Monte Cassio, di nostro interesse per aver restituito alcuni dei campioni oggetto specifico della corrente nota (vedi Capp. 3 e 5), costituisce, assieme alle sovrastanti Argille di Viano, la Successione della Val Tresinaro che si estende fino all'Eocene inferiore (Panini *et al.*, 2002; Fioroni *et al.*, 2003).

Nell'Eocene medio le rocce effusive ed intrusive della crosta dell'Oceano Ligure-Piemontese e i sedimenti su di essa depositi vengono coinvolti in una fase orogenica e fortemente deformati. Viene in conseguenza a formarsi una sorta di catena montuosa sottomarina paleo-appenninica, sulla quale prosegue la sedimentazione, in discordanza, di depositi terrigeni clastici di mare profondo (Successione Epiligure).

Nell'area di Serramazzoni la scaglia tettonica del Flysch di Monte Cassio, dello spessore stratigrafico di circa 500 m (Serpagli, 1964; Stocchi, 1992), è implicata in una struttura sinclinaloide ad asse longitudinale (WNW-ESE), caratterizzata inoltre dalla presenza di numerose faglie, alcune delle quali mostrano un'attività piuttosto recente (Gasperi *et al.*, 2005). Esse infatti hanno permesso la formazione di bellissimi balzi d'acqua come le Cascate del Bucamante, quelle di Valle e quelle di Rio Pulce a Varana. Il contatto inferiore del Flysch di M. Cassio di Serramazzoni è tipicamente tettonico e si sviluppa su di una particolare unità tettonica (Coscogno-Montepastore) frutto di fasi tettoniche oligoceniche superiori e del Miocene basale nella quale sono implicati, oltre a formazioni dei "Complessi di base" liguri (Argille a Palombini, in prevalenza), anche formazioni ad affinità Subligure del Terziario (Bratica-Petrignacola) e formazioni della porzione inferiore della Successione Epiligure (Monte Piano, Ranzano e Antognola pre-Canossa).

La località di San Dalmazio si trova all'estremità orientale della vasta struttura di Serramazzoni, ma il Flysch di M. Cassio affiora anche poco più ad est nei dintorni di M. Pizzicano. Qui il suo assetto strutturale è molto differente: sono infatti presenti almeno quattro porzioni, giustapposte tra loro da una serie di faglie ad andamento NW-SE caratterizzate da polarità degli strati alternativamente normale e rovesciata (Gasperi *et al.*, 2005). Si tratta probabilmente,

in origine, di una serie di pieghe rovesciate isoclinali, o chiuse, di ordine chilometrico le cui zone di cerniera sono state troncate durante le fasi tettoniche successive connesse alla messa in posto del Flysch di M. Cassio sull'Unità tettonica Coscogno-Montepastore. L'area di Monte Pizzicano è di nostro interesse in quanto il campione oggetto di studio nella corrente nota è stato trovato in uno sbancamento lungo la strada provinciale che dalla Nuova Estense (SS 12) porta a Ospitaletto (Via San Dalmazio-Marano). Tale strada intercetta gli affioramenti del Flysch di M. Cassio sia in corrispondenza del nucleo abitato di San Dalmazio sia lungo le pendici meridionali di M. Pizzicano. A causa della mancanza di ulteriori indicazioni il ritrovamento del campione è indicato in Fig. 1 nelle due posizioni in cui la strada San Dalmazio-Ospitaletto intercetta le bancate del Flysch di Monte Cassio.

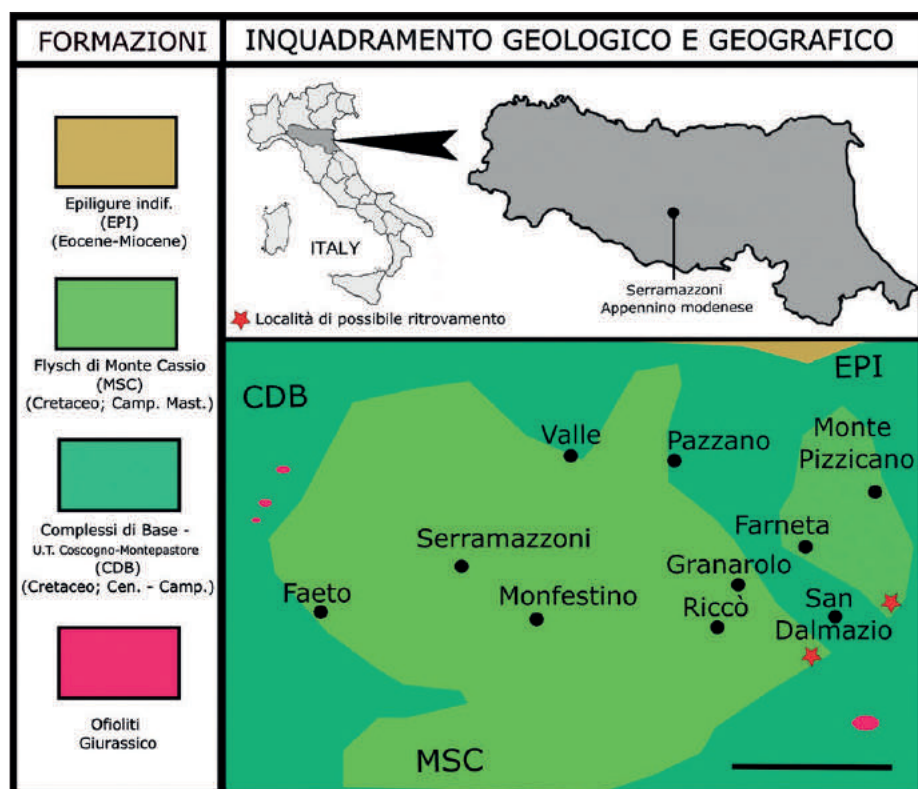


Fig. 1 – La placca ligure di Serramazzone (modificato da Gasperi et al., 2005). Le due stelle rosse indicano le località di possibile ritrovamento.

3. Altri ritrovamenti di inoceramidi in Appennino emiliano

La prima segnalazione di resti di inoceramidi provenienti dalle Liguridi risale al 1863 (De Mortillet, 1863), successivamente ripresa da Capellini (1890) che riportò: «*La prima notizia intorno a fossili cretacei delle Argille scagliose dell'Emilia è dovuta all'ingegnere Gabriele Mortillet il quale, fin dal 1863, faceva conoscere il primo inoceramo trovato nelle Argille scagliose della valle dell'Idice ed il primo Ammonite che l'Ing. Rieumès aveva staccato da un blocco di calcare argilloso (alberese) in mezzo alle Argille scagliose nelle quali è interamente aperta la galleria di Casale, che allora si scavava, presso Porretta nella valle del Reno*». La successiva segnalazione è degli anni '70 dell'Ottocento e si deve al Sig. P. Mantovani, che trovò il resto di un inoceramide, oggi conservato ai Musei Civici di Reggio Emilia, presso la località di Ca' de' Grassi nell'Appennino reggiano (Fig. 3g; MCR-PAL1119).

La prima segnalazione di inoceramidi provenienti dalle Liguridi dell'Appennino modenese si deve all'abate Mazzetti di Montese (Mazzetti, 1889b) che, nell'agosto del 1889, con una lettera all'allora presidente della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena (il veterinario Giovanni Generali) faceva conoscere il primo inoceramide trovato nella frazione di Salto di Montese chiamata Castiglione: «*Rammerà forse anche la S. V. Ill^{ma}, che per prender data, feci già conoscere in una delle prime sedute della nostra Società dell'anno scorso, il ritrovamento di un inoceramo (in posto), fatto da me nei pressi di una località della Parrocchia di Salto, frazione di Montese, detta Castiglione: rinvenimento che ebbi la fortuna di fare fino dall'autunno del 1887. Ora, siccome ho avuto di nuovo la sorte di ritrovarne altri ancora in quest'anno stesso nel medesimo posto, e mi preme pure di prender ugualmente data in proposito, non tanto per importanza grandissima che hanno tali fossili per la determinazione dei terreni di questa località, ma ben anche per essere questi miei gli unici inocerami di quella località medesima, che da quando mi è noto, si sono realmente raccolti in posto*».

Tali resti, come è possibile desumere dalla cartografia geologica regionale (Bettelli *et al.*, 2002), sono riconducibili alla Formazione di Monte Venere datata tra il Campaniano superiore e il Maastrichtiano superiore (Bettelli *et al.*, 2002). In seguito Sacco (1905) riesaminò i campioni segnalati da Mazzetti (1889b) per Montese, oltre a due altri inocerami provenienti dalla Valle del Dordone in provincia di Parma, assegnandoli a *Inoceramus cripsii*. Non vi furono altre segnalazioni di ritrovamenti di inocerami fino al 1962 quando P. Rompianesi segnalò tre resti di inoceramidi trovati nell'ormai abbandonata cava di Valle nel comune di Serramazzoni da P. Rompianesi: «*Nel 1960, trovandomi a Valle di Serramazzoni per collaborare con il Dr. Parea nella raccolta di un'ulteriore campionatura della serie (questa volta per riesaminare dal punto di vista sedimentologico) avemmo l'occasione di rintracciare alla base del livello n° 91 della serie, cioè a metà circa della serie, due frammenti ben conservati attribuibili al genere*

Inoceramus. Un terzo frammento fu rinvenuto dal Dr. Parea a pochi km di distanza, nella stessa formazione, nell'affioramento messo in luce dai lavori di allargamento della statale n. 12, circa 300 m prima di giungere da Modena all'abitato di Serramazzone, sulla destra della strada» (Rompianesi, 1962). Nel suo articolo Rompianesi diede segnalazione anche di altri reperti di inoceramide, da Serramazzone e non solo, oggi conservati presso le collezioni dell'Università di Modena e Reggio Emilia: uno proveniente dalla Vanga del Diavolo presso Faeto, reperito da G.C. Parea, due raccolti da E. Serpagli (uno lungo la strada San Dalmazio-Vignola ed un secondo proveniente da un flysch calcareo indeterminato della Val Tresinaro) ed un ultimo raccolto a sud della Torre della Bastiglia presso Ligorzano di Serramazzone. Degli stessi anni sono alcuni dei frammenti, sempre provenienti dalla cava abbandonata di Valle (Serramazzone), oggi conservati presso il Museo Naturalistico del Frignano "Ferruccio Mighelli", situato nel castello di Montecuccolo a Pavullo nel Frignano (Figg. 3a, b; MMC-nessun numero). Per Serramazzone Rompianesi segnalò *Inoceramus crippsi* nelle torbiditi calcareo-marnose del Flysch di Monte Cassio, datato tra Campaniano e Maastrichtiano (Montanaro Gallitelli, 1955; Parea, 1961; Cerrina Ferroni *et al.*, 1990, 1992; Gasperi *et al.*, 2005). Le attribuzioni storiche ad *Inoceramus crippsi* provenienti da flysch ad elmintoidi del Cretaceo superiore del Dominio Ligure sono da ritenersi oggi problematiche essendo tale specie, attualmente considerata come *Gnesioceramus crippsi* (Wilmsen *et al.*, 2021), tipica del Cenomaniano; dunque più giovane rispetto all'età riconosciuta in bibliografia per il Flysch di Monte Cassio e la Formazione di Monte Venere; la cui deposizione ha inizio nel Campaniano superiore (Bettelli *et al.*, 2002). I reperti figurati da Rompianesi (1965), oltre a quelli oggi conservati presso il Museo Naturalistico del Frignano sono ricondotti a *Cataceramus balticus*; inoceramide ampiamente documentato dal Campaniano inferiore al Campaniano superiore dell'areale Euroamericano (Walszczyk *et al.*, 2009). Dato lo scarso grado di conservazione degli inocerami reperiti nel Flysch di Monte Cassio di Serramazzone (impronte di esemplari frammentari e privi di guscio) è impossibile escludere anche l'occorrenza di *Cataceramus palliseri*, molto simile a *Cataceramus balticus* ma con distribuzione stratigrafica compresa tra Campaniano superiore e Maastrichtiano inferiore (Walszczyk *et al.*, 2009).

Un inoceramide proveniente dalla Vanga del Diavolo (Faeto di Serramazzone) è conservato anche presso il Museo Civico di Vignola (Fig. 3e; MCV857). Anche questo reperto viene associato a *Cataceramus balticus*. Del 1964 è anche la segnalazione di ammoniti svolte ed inocerami trovati nei flysch ad elmintoidi di Monte Vidalto in Provincia di Piacenza (Pelosio & Pinna, 1964). Successivamente, nel 1969, F. Cigala Fulgosi, docente presso l'Università di Parma, trovò nella Formazione del Flysch di Monte Cassio presso Ravarano (PR) un frammento di inoceramide (Fig. 3c; MCR-PAL1070). Negli anni '80 del secolo scorso è stato reperito nel Flysch di Monte Cassio di Serramazzone (vedi Cap. 1) il campione

oggetto specifico della corrente nota, custodito presso il Museo Civico di Vignola (Fig. 4; MCV583). Negli stessi anni venne inoltre ritrovato in Appennino reggiano un inoceramide, oggi conservato presso i Musei Civici di Reggio Emilia (MCR-PAL1072; Fig. 2d), probabilmente proveniente dalla Formazione delle Argille e Calcari di Canetolo (*com. pers.* di P. Patteri, Società Reggiana di Scienze Naturali), appartenente alla Successione sub-Ligure (Plesi *et al.*, 2002), affiorante nei dintorni del Monte Ventasso. Tale reperto è molto simile a campioni ricondotti da Parea (1964) a *Inoceramus regularis*; oggi considerato come *Cataceramus subcircularis* (Walaszczyk *et al.*, 2009). Lo scarso grado di conservazione del campione lascia però notevoli dubbi su tale attribuzione. In seguito S. Chicchi (Musei Civici di Reggio Emilia) annotò la presenza, durante la campagna di rilevamento della Sezione del Cassio in Val Baganza (PR) del 1986, della presenza di inoceramidi presso la base strato delle torbiditi del Flysch di Monte Cassio. Ai Musei Civici di Reggio E. sono conservati inoltre inoceramidi (MCR-PAL1068; Fig. 2, 3f) trovati, sempre da S. Chicchi nei primi anni 2000 sulla strada che da Collagna va verso Valbona e nel fosso Casano, in destra Secchia di fronte a Collagna. Questi resti sono stati rinvenuti (*com. pers.* di S. Chicchi) all'interno del Flysch dell'Abetina Reale datato al Campaniano superiore (Mochi *et al.*, 1996). Tali reperti (MCR-PAL1068) sono associati a *Cataceramus balticus*.



Fig. 2 – Traccia di inoceramide su uno strato del Flysch dell'Abetina Reale presso Collagna (foto S. Chicchi, Musei Civici di Reggio Emilia).

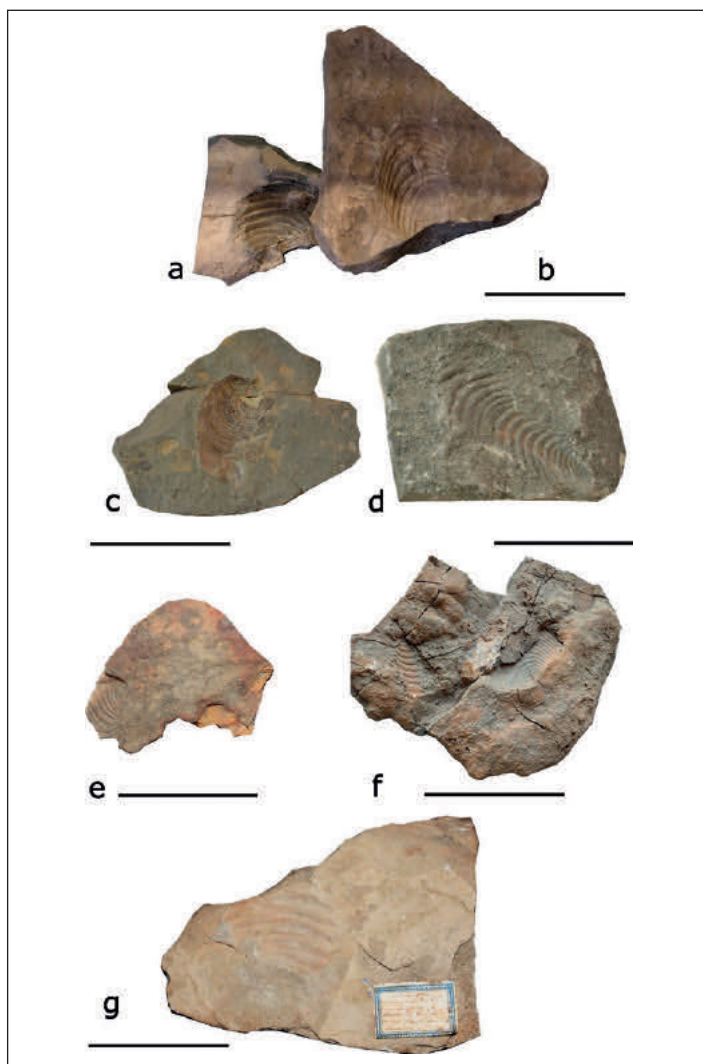


Fig. 3 – a, b) *Inoceramus balticus* provenienti dalla località Valle di Serramazzoni conservati presso il Museo Naturalistico del Frignano “Ferruccio Minghelli”, situato nel castello di Montecuccolo (MMC – nessun numero), scala 4 cm; c) *Inoceramus* indet. conservato presso i Musei Civici di Reggio Emilia (MCR-PAL1070), scala 15 cm; d) *Inoceramus* indet. conservato presso i Musei Civici di Reggio Emilia (MCR-PAL1072), scala 4 cm; e) *Cataceramus balticus* conservato presso il Museo Civico di Vignola (MCV857), scala 8 cm; f) *Cataceramus balticus* conservato presso i Musei Civici di Reggio Emilia (MCR-PAL1068), scala 4 cm; g) *Cataceramus balticus* dalla località Ca’ de Grassi in Appennino reggiano conservato presso i Musei Civici di Reggio Emilia (MCR-PAL1119), scala 6 cm.

Dei primi anni del XXI secolo è anche la segnalazione di Papani *et al.* (2002) di un resto di inoceramide alla base di uno strato torbidoitico del Flysch di Monte Caio presso Cedogno nell'Appennino reggiano. Nel Museo Civico di Vignola è infine conservato un frammento di strato torbidoitico calcareo marnoso, trovato da S. Manzini negli anni 2000, e proveniente da Castelvechio di Prignano in Provincia di Modena, recante sulla sua superficie numerose tracce di bivalvi rimaste al momento indeterminate (MCV621). La datazione dell'affioramento di derivazione di tale campione, noto per aver restituito vari resti di ambra fossile associata a numerosi frustoli vegetali concentrati nell'emipelagite di sottili torbiditi arenacee (Strombel, 1886), è il Cretaceo superiore (Maastrichtiano; Neri *et al.*, 2018), di poco precedente il limite Cretaceo-Terziario. La formazione geologica di appartenenza non è tuttavia un dato ancora chiaro in bibliografia (forse Formazione di Monte Venere o di Monte Cassio).

4. Materiali e metodi

Tutti gli esemplari figurati all'interno di questa nota sono conservati all'interno di istituzioni museali locali. Sono stati esaminati esemplari conservati nelle collezioni del Museo Civico di Vignola, Musei Civici di Reggio Emilia e Museo Naturalistico del Frignano "Ferruccio Minghelli". Le sigle dei numeri di catalogo sono:

MCV: Museo Civico di Vignola;

MCR: Musei Civici di Reggio Emilia;

MMC: Museo Naturalistico del Frignano "Ferruccio Minghelli – castello di Montecuccolo.

La determinazione tassonomica e la valutazione dell'età dei taxa inoceramidi descritti di seguito si basano, così come fatto in note affini alla corrente (Docev & Metodiev, 2020), su generi e specie pubblicati con distribuzione stratigrafica meglio documentata in Europa, Stati Uniti, Sudafrica o nelle aree euro-boreali (Walaszczyk *et al.*, 2001, 2002, 2004, 2009).

5. Analisi paleontologica

Genere: *Cataceramus* Heinz, 1932

Specie: *Cataceramus* cfr. *subcircularis* (Meek, 1876), Fig. 4

Materiale analizzato: 1 campione (MCV583)

La sinonimia segue Docev & Metodiev (2020)

1964 *Inoceramus regularis*, d'Orbigny; Parea, Figg. 1-4.

2009 *Cataceramus subcircularis*, Meek; Walaszczyk, Fig. 28a.

2020 *Cataceramus subcircularis*, Meek; Docev & Metodiev, Figg. 3a-c.

5.1. Distribuzione stratigrafica

In Europa questa specie è presente dalla base del Maastrichtiano al Maastrichtiano superiore.



Fig. 4 – *Cataceramus* cfr. *subcircularis* reperito nel Flysch di Monte Cassio di Serramazzoni (Campaniano sup.-Maastrichtiano sup.) conservato presso il Museo Civico di Vignola (MCV583), scala 5 cm.

5.2. Descrizione campione

Il campione oggetto di studio è costituito da un frammento parziale di grandi dimensioni, dal profilo debolmente rigonfio. La singola valva disponibile per lo studio ha un contorno subcircolare, moderatamente obliquo, con margine arrotondato. La valva presenta una ornamentazione costituita da 13 pliche regolarmente distanziate; con spazi interstiziali crescenti verso il ventre. Nonostante la scarsa conservazione dell'esemplare oggetto di studio le

caratteristiche sopra elencate permettono di ricondurre, in coerenza con quanto definito da Walaszczyk *et al.* (2001), l'esemplare a *Cataceramus subcircularis* del Maastrichtiano. Il contorno e l'ornamentazione della conchiglia di *Cataceramus subcircularis* sono molto comuni tra gli inoceramidi e, a causa ciò, la sua attribuzione è stata spesso confusa con altre specie. Ad esempio *Cataceramus palliseri* (Douglas, 1942) presenta un contorno e un'ornamentazione della conchiglia simili ma una maggiore obliquità, una ornamentazione meno circolare e un margine anteriore più corto rispetto a quelli di *Cataceramus subcircularis*. La scarsa obliquità della traccia di inoceramide analizzata, oltre all'ornamentazione decisamente circolare, supporta dunque l'attribuzione a *Cataceramus subcircularis*.

6. Significato ecologico e stratigrafico degli inoceramidi del Flysch di Monte Cassio di Serramazzoni

La paleoecologia degli inoceramidi cretacei è stata approfondita da diversi Autori (Kauffman, 1967, 1975, 1978; Mckerrow, 1978; Hattin, 1982; Hessel, 1988). La maggior parte degli inoceramidi possedeva un modo di vita bentonico epifaunale, in particolare le specie di grandi dimensioni, e vivevano principalmente in una ambiente di piattaforma discretamente profondo. La presenza di inoceramidi all'interno del Flysch di Monte Cassio di Serramazzoni, oltre che all'interno di altre formazioni torbiditiche mesozoiche dell'Appennino emiliano (vedi Cap. 3), risulta dunque problematica se comparata con l'originario ambiente di vita di tali organismi. Rompianesi (1965) aveva segnalato in passato la presenza di frammenti di inoceramidi, all'interno del Flysch di Monte Cassio di Serramazzoni, trovati sistematicamente alla base dello strato torbiditico (Fig. 5): *"I tre frammenti si presentavano sul terreno tutti con la superficie interna rivolta verso la base dello strato. I due frammenti di Valle giacevano alla base di uno strato calcareo-marnoso facente passaggio nella parte alta a termini più fini"*. Tale peculiare assetto dei frammenti di inoceramidi all'interno di varie formazioni torbiditiche mesozoiche dell'Appennino emiliano è stato segnalato anche per altre località e formazioni appartenenti ai flysch ad elmintoidi, venendo interpretato (Losacco, 1960; Parea, 1961; Papani *et al.*, 2002) come il risultato di un trasporto subito da questi bioclasti. Il Flysch di Monte Cassio, così come gli altri flysch ad elmintoidi, è rappresentato da una regolare alternanza di strati torbiditici depositi all'interno di una piana abissale posta al di sotto del limite di compensazione dei carbonati (Gasperi *et al.*, 2005).

La deposizione di questo potente sistema torbiditico è tradizionalmente associata all'inizio della convergenza che avrebbe poi portato alla chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese, avvenuta a causa della Fase Ligure dell'Eocene medio.

Pur restando profonde incertezze sulla ricostruzione paleogeografica dell'Oceano Ligure-Piemontese, la posizione paleogeografica reciproca dei flysch ad elmintoidi è stata desunta, oltre che dalla loro attuale posizione strutturale nella catena, anche sulla base della composizione petrografica del sedimento costituente le torbiditi. La composizione spiccatamente carbonatica del Flysch di Monte Cassio indicherebbe dunque una certa prossimità al margine continentale di Adria, allora dominato dalla presenza di aree di piattaforma carbonatica. È lecito dunque supporre che gli inocerami ritrovati all'interno del Flysch di Monte Cassio del Serramazzonese, spesso rappresentati da soli frammenti (caratteristica indicativa di un trasporto violento), rappresentino bioclasti portati in profondità dalle correnti di torbida. La posizione basale, con la superficie interna rivolta sistematicamente verso il basso, sarebbe dunque solo il risultato di dinamiche trattive e gravitative interne alle torbiditi. L'assenza sistematica del guscio, tranne che in rari casi, è probabilmente correlata alla profondità superiore alla soglia di compensazione dei carbonati.



Fig. 5 – Aspetto dello strato basale di una torbidite, a diretto contatto con l'emipelagite della sottostante corrente di torbida, nel Flysch di Monte Cassio di Serramazzoni. Si possono notare, generalmente ricoperte da una patina di minerali grigio-bluastrì di genesi secondaria, tracce di vermi limivori e frammenti di inoceramide.

L'associazione identificata per Serramazzoni è dominata da inocerami appartenenti al genere *Cataceramus*, tipici del Campaniano e del Maastrichtiano. Dal punto di vista stratigrafico gli inocerami identificati nel Flysch di Monte Cassio di Serramazzoni sono dunque collocabili all'interno delle zone *C. flexus* (tipica del Campaniano sup.) e *I. ianjonaensis* (tipica del Maastrichtiano sup.); biozone ad inocerami largamente conosciute nell'areale euroamericano (Walaszczyk *et al.*, 2001).

L'occorrenza di *Cataceramus balticus* e *Cataceramus subcircularis* all'interno del Flysch di Monte Cassio di Serramazzoni conferma dunque la datazione della formazione avanzata da precedenti studi sull'area di Serramazzoni (Campaniano sup.-Maastrichtiano; cfr. Montanaro Gallitelli, 1955; Parea, 1961; Cerrina Ferroni *et al.*, 1990, 1992; Gasperi *et al.*, 2005).

7. Conclusioni

L'analisi del resto di inoceramide conservato presso il Museo Civico di Vignola ha permesso un'attribuzione a *Cataceramus* cfr. *subcircularis*. La presenza di tale specie, trovata nei pressi del borgo di San Dalmazio (Serramazzoni), oltre che di *Cataceramus balticus* identificato per altre località (Valle e Vanga del Diavolo) dell'areale di Serramazzoni, permette di confermare la datazione del Flysch di Monte Cassio (Campaniano sup.-Maastrichtiano; Montanaro Gallitelli, 1955; Parea, 1961; Gasperi *et al.*, 2005). La presenza di resti di inoceramidi all'interno delle torbiditi del Flysch di Monte Cassio, oltre che in altre formazioni torbiditiche mesozoiche affini del Reggiano e del Parmense, ha permesso di concludere che tali bivalvi, generalmente tipici di contesti di piattaforma discretamente profonda, sono stati trasportati all'interno della piana abissale dell'Oceano Ligure-Piemontese dal diffuso evento di instabilità (flysch ad elmintoidi) correlato all'inizio della convergenza che avrebbe poi in seguito portato alla chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese nell'Eocene medio (Fase Ligure). Dato lo scarso grado di conservazione dei campioni (spesso frammentari e ridotti a sole impronte), l'analisi dei resti di inoceramide trovati in Appennino modenese e reggiano ha permesso l'identificazione di sole due specie: *Cataceramus* cfr. *subcircularis* e *Cataceramus balticus*.

Ringraziamenti

Immagini di reperti paleontologici “su concessione del Ministero della Cultura - Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara, riproduzione vietata a scopo di lucro, anche indiretto”. Si ringrazia la Dott.ssa Rossana Gabusi (SABP-MO, RE, FE). Un particolare ringraziamento va alla Dott.ssa Silvia Chicchi (Musei Civici di

Reggio Emilia) per le numerose informazioni sugli inocerami dell'Appennino reggiano, le foto e i numeri di catalogo degli esemplari custoditi all'interno dei Musei Civici di Reggio Emilia. Ringrazio inoltre Renato Berselli (Al Palèsi amici del Museo di Vignola), la Dott.ssa Maria Cristina Serafini (Comune di Vignola), il Lions Club di Pavullo nel Frignano e l'Accademia dello Scoltenna (Museo Naturalistico del Frignano "Ferruccio Minghelli" - Castello di Montecuccolo) per i numeri di catalogo e per avermi permesso di visionare i campioni conservati nelle collezioni museali di appartenenza. Ringrazio infine il Prof. Filippo Panini (già Unimore), il Prof. Cesare Andrea Papazzoni (Unimore), Enrico Borghi (Società Reggiana di Scienze Naturali) e Claudio Bertarelli per l'utilissimo confronto, il materiale bibliografico e la lettura critica e le correzioni al testo.

Bibliografia

- ANELLI M., 1935 – *Appunti paleontologici a proposito delle cosiddette Argille Scagliose*. Rivista Italiana di Paleontologia, **41**, pp. 33-44.
- ANELLI M., 1938 – *Sulla presenza di Aptici nelle cosiddette argille scagliose dell'Appennino emiliano*. Rivista Italiana di Paleontologia, **44**, pp. 82-93.
- BARSOZZI G., FORLÌ M., GUERRINI A., 2019 – *Storia Naturale della Toscana*. Edizioni Danaus, 326 pp.
- BATTISTA P., 1993 – *Gli Itiosauri del "Complesso caotico" dell'Appennino emiliano*. Tesi di Laurea inedita, Università di Modena e Reggio E., 138 pp.
- BAUCON A., FERRETTI A., FIORONI C., PANDOLFI L., SERPAGLI E., PICCININI A., NETO DE CARVALHO C., CACHAHO M., LINLEY T., MUÑIZ F., BELAUSTEGUI Z., JAMIESON A., 2023 – *The earliest evidence of deep-sea vertebrates*. Earth, Atmospheric and Planetary Sciences Evolution, vol. 120, no. **37**, e2306164120.
- BERTOLANI-MARCHETTI D., 1963 – *Un legno di conifera silicizzato nelle argille scagliose del preappennino emiliano*. Annali di Botanica, **27**(3), pp. 405-411.
- BERTOLANI M., BERTOLANI-MARCHETTI D., 1967 – *Dadoxylon fossilizzato con rame nativo nel "red-bed" di Ca' di Vanni (Frassinoro, Modena)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **98**, pp. 1-4.
- BETTELLI G., BONAZZI U., PANINI F., 1989a – *Schema introduttivo alla geologia delle Liguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., **39** (1987), pp. 215-246.
- BETTELLI G., BONAZZI U., FAZZINI P., GASPERI G., GELMINI R., PANINI F., 1989b – *Note illustrative alla carta geologica dell'Appennino modenese e zone limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., **39** (1987), pp. 487-498.
- BETTELLI G., PANINI F., PIZIOLO M., 2002 – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 236 "Pavullo nel Frignano"*. Servizio Geologico d'Italia, S.E.L.C.A., Firenze.
- BORCHI E., BORCHI M., SCACCHETTI M., SIDOLI P., 2023 – *La cuprite di Frassinoro (Modena)*. Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali, pp. 14-17.
- BORTOLAMASI M., TOSATTI G., 2021 – *Da Legorzanum a Ligorzano (Appennino modenese): caratteristiche ambientali e tracce storico-architettoniche*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **152**, pp. 221-239.
- CANESTRELLI P., 1910 – *Denti di Ptychodus nel Terziario dell'Appennino Tosco-Emiliano*. Atti Società Toscana di Scienze Naturali, Vol. **XXVI**, pp. 102-121.
- CAPELLINI G., 1884 – *Il Cretaceo superiore e il gruppo di Priabona nell'Appennino settentrionale e in particolare nel Bolognese e loro rapporti col Grès de Celles in parte e con gli strati a Clavulina szaboi*. Memorie R. Accademia delle Scienze di Bologna (S. 4), **5**, pp. 1-18.
- CAPELLINI G., 1890 – *Ichthyosaurus campylodon e tronchi di Cicadee nelle argille scagliose dell'Emilia*. Mem. R. Acc. Sc. Bologna (S. 4), **10**, pp. 431-450.
- CAPELLINI G., 1909 – *Le Cicadee fossili del Museo geologico di Bologna*. Mem. R. Acc. Sc. Bologna, ser. **6**, pp. 121-139.
- CAPELLINI G., SOLMS-LAUBACH E., 1892 – *I tronchi di Bennettitee dei musei italiani - notizie storiche, geologiche, botaniche*. Mem. R. Acc. Sc. Bologna, S. 5, pp. 23-56.

- CERRINA FERRONI A., ELTER P., PLESI G., RAU A., RIO D., VESCOVI P., ZANZUCCHI G., 1990 – *Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo a scala 1:50.000. F. 217 "Neviano degli Arduini"*. Edizione sperimentale S.E.L.C.A., Firenze.
- CERRINA FERRONI A., ELTER P., PLESI G., RAU A., RIO D., VESCOVI P., ZANZUCCHI G., 1992 – *Il foglio 217 Neviano degli Arduini nel quadro della geologia dell'Appennino emiliano-romagnolo: dati nuovi, problemi e prospettive*. Mem. Descr. Cart. Geol. d'It., **46**, pp. 139-163.
- CERVI G., ZANICHELLI T., 1978 – *Fossili e minerali presenti nelle argille rosse di alcune località della Provincia di Reggio E. (Appennino Tosco-Emiliano)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **109**, pp. 67-76.
- CHAURIS H., LE ROUSSEAU J., BEAUDOIN B., PROPSON S., MONTANARI A., 1998 – *Inoceramid extinction in the Gubbio basin (northeastern Apennines of Italy) and relations with mid-Maastrichtian environmental changes*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **139**, pp. 177-193.
- CLERICI E., 1902 – *Una conifera fossile dell'Imolese*. Boll. Soc. Geol. It., **21**, pp. 211-215.
- DE MORTILLET G., 1863 – *Inoceramus et ammonites dans les argiles scalieuses*. Atti Soc. It. Sc. Nat., **5**, pp. 416-418.
- DE STEFANO G., 1912 – *Appunti sull'ittiofauna fossile dell'Emilia conservata nel museo geologico dell'Università di Parma*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. XXXI, pp. 35-82.
- DHONDT A.V., 1993 – *Upper Cretaceous bivalves from Tercis Landes, SW France*. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre, **63**, pp. 211-259.
- DHONDT A.V., DIENI I., 1996 – *Synecology of an unusual late Cretaceous inoceramid-spondylid association from Northern Italy*. Ann. Mus. Civ. di Rovereto, **11**, pp. 327-338.
- DOCHEV D., METODIEV L., 2020 – *Inoceramid bivalves from the Maastrichtian of the Western Fore-Balkan Mts. (Bulgaria)*. Geologica Balcanica, **49**, pp. 31-52.
- DODERLEIN P., 1862 – *Cenni geologici intorno alla giacitura dei terreni miocenici superiori dell'Italia Centrale*. Atti X Congr. Sc. Ital., Siena, pp. 1-28.
- DOUGLAS R.J., 1942 – *New species of Inoceramus from the Cretaceous Bearpaw Formation*. Transactions of the Royal Society of Canada, **4**, pp. 59-65.
- FIORONI C., FREGNI P., PANINI F., 2003 – *Le Argille di Viano dell'Appennino reggiano: nuovi dati biostratigrafici*. Special Issue of GeoActa, **2**, pp. 87-90.
- FRANCAVILLA F., 1967 – *Di un nuovo esemplare di Cycadeoidea capelliniana Solms-Laubach delle alluvioni del Panaro (Modena)*. Giornale di Geologia, Serie 2, **34** (1966), pp. 73-86.
- FRESCHI A., MORIGI A., CAU S., PERSICO D., GARBASI F., FONTANA F., CAU A., 2023 – *First biostratigraphic dating for a Cretaceous ichthyosaur from the Apennine Chain (Italy)*. Comptes Rendus Palevol., **22**(9), pp. 143-157. <https://doi.org/10.5852/cr-palevol2023v22a9>.
- GARASSINO A., PINI G.A., PASINI G., 2012 – *First report of a polychelid lobster (Crustacea: Decapoda: Coleiidae) from the Early Cretaceous of Italy*. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **263**, pp. 47-55.
- GASPERI G., BETTELLI G., PANINI F., PIZZIOLO M., 2005 – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 219 "Sassuolo"*. ISPRA, 195 pp.
- HATTIN D.E., 1982 – *Stratigraphy and depositional environment of Smoky Hill Chalk Member, Niobrara Chalk (Upper Cretaceous) of the type area, Western Kansas*. Bull. Geol. Surv. Kansas, **225**, 108 pp.
- HESSL M.H.R., 1988 – *Lower Turonian inoceramids from Sergipe, Brazil: systematics, stratigraphy and palaeoecology*. Fossils and Strata, **22**, 49 pp.
- KAUFFMAN E.G., 1967 – *Coloradoan macroinvertebrate assemblages, Central Western Interior, United States*. Paleoenvironments of the Cretaceous Seaway Symposium, Colorado School of Mines, pp. 67-143.
- KAUFFMAN E.G., 1975 – *Dispersal and biostratigraphic potential of Cretaceous benthonic Bivalvia in the Western Interior*. Spec. Pap. Geol. Ass. Canada, **13**, pp. 163-194.
- KAUFFMAN E.G., 1978 – *Benthic environments and paleoecology of the Posidonienschiefer (Toarcian)*. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **157**, pp. 18-36.
- JOLKIČEV N.A., 1962 – *Inoceramen aus dem Maastricht Bulgariens*. Travaux sur la Géologie de Bulgarie, Série Paléontologique, **4**, pp. 133-169.
- JOLKIČEV N.A., 1984 – *Stratigraphy of the North European type Upper Cretaceous in the area of the Balkanides and the Moesian Platform to the east of the Ogosta River*. D.Sc. thesis, Sofia University "St Kliment Ohridski", Part I, 179 pp.; Part II, 536 pp.
- JOLKIČEV N.A., 1989 – *Stratigraphy of the epicontinental type Upper Cretaceous in Bulgaria*. "Kliment Ohridski" University Press, Sofia, 184 pp.

- LOSACCO U., 1960 – Osservazioni sulle condizioni di giacitura degli inocerami nella pietraforte nei dintorni di Firenze. Bol. Soc. Geol. It, vol. XXIX.
- MANTOVANI P., 1875 – Delle Argille scagliose e di alcune Ammoniti dell'Appennino Emiliano. Atti della Società Italiana di Scienze Naturali, **18**, pp. 28-62.
- MANTOVANI P., 1877 – Intorno ad alcuni ammonite dell'Appennino dell'Emilia. Tipografia degli Artigianelli, Reggio Emilia, pp. 1-13.
- MARSIGLI S., 2023 – Mar Samoggia. Quando in Valsamoggia c'era il mare. Ed. Artestampa Fioranese, 192 pp.
- MAZZETTI G., 1889a – Sopra un affioramento cretaceo di argille scagliose in San Martino di Salto frazione del Comune di Montese. Atti Soc. Nat. di Modena, **23**, pp. 136-138.
- MAZZETTI G., 1889b – Sopra la presenza dell'inoceramo di Montese. Atti Soc. Nat. di Modena, **23**, pp. 174-175.
- MAZZETTI G., 1890 – Osservazioni intorno al carattere cretaceo del terreno delle argille scagliose del Modenese e Reggiano. Atti Soc. Nat. di Modena, **24**, pp. 41-58.
- MC KERROW W.S., 1978 – The ecology of fossils. An illustrated guide, Duckworth, 384 pp.
- MEEK F.B., 1876 – A report of the invertebrate Cretaceous and Tertiary fossils of the upper Missouri country. Geological Survey of the Territories (Hayden), Report **9**, 629 pp.
- MOCHI E., PLESI G., VILLA G., 1996 – Biostratigrafia a nanofossili calcarei della parte basale della Successione del M. Modino (nell'area del foglio 234 e 235) ed evoluzione strutturale dell'unità omonima. Studi. Geol. Camerti, **13**, pp. 39-73.
- MONTANARO GALLITELLI E., 1955 – Foraminiferi cretacei delle marne a fucoidi di Serramazzone (Appennino modenese). Accademia di Scienze Lettere e Arti di Modena, **12**(5), pp. 1-32.
- NERI M., FORNACIARI D., CLUSIDERT L., STETANI C., RAGAZZI E., ROGHI G., PAPAZZONI C.A., 2018 – New stratigraphical data on amber from Northern Appennines (Italy). 10th European Paleobotany & Palynology Conference, University College, Dublin, 244 pp.
- PANINI F., FIORONI C., FREGNI P., BONACCI M., 2002 – Le rocce caotiche dell'Oltrepò pavese: Note illustrative della carta geologica dell'Appennino vogherese tra Borgo Priolo e Ruino. Atti Ticinensi di Scienze della Terra, **43**, pp. 83-109.
- PANTANELLI D., 1883 – Denti di Ptychodus nell'Appennino modenese. Proc. Verb. Soc. Tosc. di Sc. Nat. XIV, 70 pp.
- PANTANELLI D., 1889 – Sopra i resti di un Sauriano trovati nelle argille scagliose di Gombola nel Modenese. Boll. Soc. Geol. Ital., **8**(1), pp. 43-45.
- PAPANI G., DE NARDO M.T., BETTELLI G., RIO D., TELLINI C., VERNIA L., FORNACIARI E., IACCARINO S., MARTELLI L., PAPANI L., CIBIN U., PADAFORA E., GABOARDI S., 2002 – Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000; Foglio n. 218 Castelnovo ne' Monti. Regione Emilia-Romagna.
- PAPAZZONI C.A., 2003 – A pliosaurid tooth from the Argille Varicolori Formation near Castelvoglio di Prignano (Modena Province, northern Italy). Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, **109**(3), pp. 563-565.
- PAPAZZONI C.A., 2007 – Rettili marini ed altri fossili insoliti dell'Appennino settentrionale. Società Reggiana di Scienze Naturali, pp. 6-17.
- PAREA G.C., 1961 – Il fysch ad elmintoidi di Serramazzone (Appennino modenese). Boll. Soc. Geol. It., vol. LXXX, fasc. 3, pp. 159-174.
- PAREA G.C., 1964 – Inocerami nel fysch calcareo di Imperia. Boll. Soc. Paleontol. It., **3**, pp. 3-7.
- PATTERI P., 1975 – Partschieras cf. baborensis (Coquand) (Ammonoidea. Phylloceratidae) dalle "argille caotiche" di Pulpiano (Rio Dorgola - Reggio Emilia). Ateneo Parmense, Acta Naturalia, **11**, pp. 759-778.
- PATTERI P., AGOSTI G., CURTINI A., CHIOSSI I., GUALDI A., IOTTI L., LAMACCHIA O., 1980 – Monografia dedicata alla paleontologia del Reggiano. Notiziario naturalistico semestrale della Società Reggiana di Scienze Naturali, Anno 3^o/2.
- PATTERI P., BORCHI E., BORCHI M., 2024 – Un eccezionale ritrovamento di fossili del Cretaceo a Gombola (Modena). Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali, pp. 90-113.
- PELOSI G., PINNA G., 1964 – Ammoniti svolte ed Inocerami del Cretaceo superiore nel fysch a fucoidi ed elmintoidi di M. Vidalto, Piacentino orientale. Boll. Soc. Geol. It., **82**(3), pp. 33-52.
- PLESI G., DANIELE G., CHICCHI S., BETTELLI G., CATANZARITI R., CERRINA FERONI A., DE NARDO M.T., MARTINELLI P., OTTRIA G., PANINI F., 2002 – Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000; Foglio n. 235 Pievepelago. Regione Emilia-Romagna.

- PRINCIPI P., 1940 – *Le Flore dell'Era Mesozoica*. Tipografia Mariano Ricci, Firenze.
- ROMPIANESI P., 1962 – *Inocerami del Campaniano-Maestrichtiano di Serramazzone*. Atti. Soc. Nat. Mat. di Modena, **93**, pp. 46-51.
- ROMPIANESI P., 1975 – *Nuovo ritrovamento di un resto di ittiosauro nelle "Argille scagliose" di Gombola (Appennino settentrionale modenese)*. Boll. Soc. Paleontol. It., **13**(1-2), pp. 151-152.
- ROMPIANESI P., SIROTTI A., 1995 – *Vertebre di Ittiosauro nei "Terreni alloctoni Liguridi" di Prignano (Modena)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **125**, pp. 3-9.
- RONDELLI R., 2025 – *Ptychodus latissimus (Agassiz, 1835) nel Cretaceo della Valle del Panaro (Appennino modenese)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **156**, pp. 45-63.
- RONDELLI R., PAPAZZONI C.A., 2025 – *Segnalazione di un ammonioide dal Complesso di Rio Cargnone di Gombola (Appennino modenese)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **156**, pp. 125-140.
- SACCO F., 1893 – *Contribution à la connaissance paléontologique des argiles écailleuses et des schistes ophiolitiques de l'Appennin septentrional*. Bulletin de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, **7**, pp. 3-34.
- SACCO F., 1905 – *Les Formations ophiolitifères du Crétacé*. Bulletin de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, **19**, pp. 247-265.
- SACCO F., 1924 – *Nuovi fossili Cretacei negli argilloschisti dell'Appennino settentrionale*. Atti R. Accademia delle Scienze di Torino **54**, **247**, pp. 30-43.
- SARTI C., 2014 – *New find of an ammonite in the "Argille Scagliose" Formation of Montovolo (Bologna)*. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **274**/2-3, pp. 127-132.
- SARTI C., 2023 – *Macroscaphites (Ammonoidea) in the Argille Scagliose Formation of Prignano sulla Secchia (Modena, Italy)*. Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología, **92**, ISSN 1666-115X.
- SCHNEIDER S., CRAMPTON J.S., LUKENDER A., 2013 – *Propeamusidae, Inoceramidae, and other Bivalvia from the Lower Cretaceous Puez Formation (Valanginian–Cenomanian; Dolomites, South Tyrol, Italy)*. Cretaceous Research, **46**, pp. 216-231.
- SERPAGLI E., 1964 – *Ritrovamento di Flysch di tipo M. Sporno nell'Appennino modenese; osservazioni geopaleontologiche*. Boll. Soc. Paleontol. It., **3**(1), pp. 20-37.
- SERPAGLI E., 2005 – *First record of the ichnofossil Atollites from the Late Cretaceous of the Northern Apennines, Italy*. Acta Palaeontologica Polonica, **50**(2), pp. 403-408.
- SERAFINI G., FORNACIARI B., PAPAZZONI C.A., 2017 – *Risultati preliminari sul nuovo rostro di ittiosauro trovato a Gombola (Mo)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **148**, pp. 145-160.
- SERAFINI G., RONDELLI R., FORNACIARI B., PAPAZZONI C.A., 2019 – *Segnalazione di un nuovo ittiosauro dal Cretaceo dell'Appennino modenese (Pavullo nel Frignano)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **150**, pp. 111-120.
- SERAFINI G., MAXWELL E., FORNACIARI E., PAPAZZONI C.A., 2022 – *Revision of platypterygiinae rostral material from the Northern Apennines (Italy): new insights on distal neurovascular anatomy and tooth replacement in Cretaceous ichthyosaurs*. Cretaceous Research, v. **135**, article 105167, pp. 1-14.
- SERAFINI G., AMALFITANO J., MAXWELL S.D.E., RONDELLI R., PAPAZZONI C.A., 2023 – *Not entirely Ichthyosaur: a mysterious lamniform end Ichthyopterygian-fall association from the abyssal Upper Cretaceous of the Northern Apennines (Italy)*. Palaios, v. **38**, pp. 331-344. DOI: <http://dx.doi.org/10.2110/palo.2022.054>.
- SERAFINI G., KRIWET J., TOLDO T., FORNACIARI E., CARNEVALE G., 2025 – *Almost billfish: convergent longirostry, micro-dentition, and possible glandular sinuses in a large teleost fish from the Upper Cretaceous of Northern Italy*. Journal of Anatomy, pp. 1-22.
- SILIOTTI A., 1971 – *I fossili dei Lessini*. Edizioni Corev, Verona, 149 pp.
- SIMONELLI V., 1896 – *Appunti sopra l'età e la fauna dei terreni di Vigoleno*. Boll. Soc. Geol. It., **XV**, 326 pp.
- SIMONELLI V., 1897 – *Intorno agli avanzi di Coccodrilliano scoperti a San Valentino (provincia di Reggio Emilia) nel 1886*. R. Accademia dei Lincei, **5**, pp. 11-18.
- SIMONELLI V., 1910 – *Sopra un avanzo d'Ittiosauro trovato nell'Appennino bolognese*. Memorie R. Accademia delle Scienze di Bologna (S. 6), **7**, pp. 367-372.
- SIROTTI A., 1990 – *Mosasaurus hofjanni Mantell, 1828 (Reptilia) nelle "Argille scagliose" di San Valentino (Reggio E.)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **120**, pp. 135-146.
- SIROTTI A., PAPAZZONI C.A., 2002 – *On the Cretaceous ichthyosaur remains from the Northern Apennines (Italy)*. Boll. Soc. Paleontol. It., **41**(2-3), pp. 237-248.
- STOCCHI S., 1992 – *Analisi stratigrafica e sedimentologica del Flysch di M. Cassio nell'Appennino emiliano: aspetti metodologici e problemi specifici*. Tesi di dottorato inedita, 74 pp.

- STOPPANI A., 1875 – *Delle Argille scagliose e di alcuni Ammoniti dell'Appennino dell'Emilia*. Atti della Società Italiana di Scienze Naturali, **18**, pp. 1-19.
- STROMBEL P., 1886 – *L'ambra padana*. Bollettino di Paleontologia Italiana, **12**, pp. 42-49.
- TRÖGER K.A., SUMMERSBERGER H., SKOUMAL P., 1996 – *Inoceramidae from the Campanian (Upper Cretaceous) of the Gschliefgraben (Ultrahelvetic, Austria)*. Beitr. Palont, **24**, pp. 41-61.
- TZANKOV V., 1968 – *Upper Cretaceous*. In: V. Tzankov & H. Spassov (eds.) "Stratigraphy of Bulgaria", Nauka i Izkustvo, Sofia, pp. 253-293.
- TZANKOV V., 1981 – *Les fossiles de Bulgarie. V. Crétacé supérieur. Grandes foraminifères, Anthozoaires, Gastéropodes, Bivalvia*. Académie Bulgare des Sciences, 233 pp.
- UZIELLI G., 1887 – *Sopra un cranio di coccodrillo trovato nel Modenese*. Boll. Soc. Geol. It., **5**, pp. 355-361.
- WALASZCZYK I., COBBAN W.A., HARRIES P.J., 2001 – *Inoceramids and inoceramid biostratigraphy of the Campanian and Maastrichtian of the United States Western Interior Basin*. Revue de Paleobiologie, **20**(1), pp. 117-134.
- WALASZCZYK I., ODIN G.S., DHONDT A.V., 2002 – *Inoceramids from the Upper Campanian and Lower Maastrichtian of the Tercis section (SW France), the Global Stratotype Section and Point for the Campanian-Maastrichtian boundary; taxonomy, biostratigraphy and correlation potential*. Acta Geologica Polonica, **52**(3), pp. 269-305.
- WALASZCZYK I., 2004 – *Inoceramids and inoceramid biostratigraphy of the Upper Campanian to basal Maastrichtian of the Middle Vistula River section, central Poland*. Acta Geologica Polonica, **54**(1), pp. 95-168.
- WALASZCZYK I., KENNEDY W.J., KLINGER H.C., 2009 – *Cretaceous faunas from Zululand and Natal, South Africa. Systematic palaeontology and stratigraphical potential of the Upper Campanian-Maastrichtian Inoceramidae (Bivalvia)*. African Natural History, **5**, pp. 49-132.
- WARD L.F., 1896 – *Some analogies in the lower Cretaceous of Europe and America*. Sixteenth Annual Report of the US Geological Survey, **1**, pp. 463-542.
- WILMSEN M., SCHUMACHER D., NIEBUHR B., 2021 – *The early Cenomanian crippei event at Lüneburg (Germany): palaeontological and stratigraphical significance of a widespread Late Cretaceous bioevent*. Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments, **101**, pp. 927-946.
- ZORZIN R., 2016 – *Rocce e fossili del Monte Baldo e dei Monti Lessini veronesi*. Cierre Edizioni, 171 pp.

Federico Cervi*

When freshwater springs lose their memory: “Grey Swans” and droughts in the Northern Apennines (Italy)

Abstract

Water resources planning and climate risk management were historically based on the assumption of stationary data, the idea that natural systems fluctuate within a tangle of immutable variables. This article explores the limits of this approach through the epistemological lens of “Russell’s Turkey” and the “Black/Grey Swan” theory. Using a stochastic Monte Carlo model (specifically, a hydrological toy model, i.e. an approach which generates random numbers based on probability distributions reconstructed from paleoclimate data to eventually obtain a new time-series of estimates), water availability in the Northern Apennines (Italy) is simulated over macro-climate periods (from Roman times to the present day). The results conceptually show how uncritical data aggregation generates an “illusory Gaussian” that systematically underestimates the risk of extreme events (particularly catastrophic drought spells, which are focused on in this study). Finally, the purpose of the article is to suggest management strategies necessary for taking reasonable steps in the face of risks once considered to be extremely rare until recently, but can in fact occur far more frequently, with higher intensity and much more severe consequences.

Riassunto

Quando le sorgenti perdono la memoria: “Cigni Grigi” e magre in Appennino settentrionale. La pianificazione delle risorse idriche e la gestione dei rischi climatici si sono storicamente basate sull’assunto di stazionarietà, ovvero l’idea che i sistemi naturali fluttuino all’interno di un involuppo di variabilità immutabile. Questo articolo esplora i limiti di tale approccio attraverso la lente epistemologica del “Tacchino di Russell” e la teoria del “Cigno Nero/Grigio”. Attraverso un modello stocastico Monte Carlo (ed in particolare un toy-model idrologico, ovvero un approccio che genera numeri casuali basati su distribuzioni di probabilità ricostruite da dati paleoclimatici per ottenere una stima del valore di output ricercato), viene ricreata la disponibilità idrica nell’area appenninica settentrionale in macro-periodi climatici (dal periodo romano a quello contemporaneo). I risultati mostrano euristicamente come l’aggregazione acritica di dati generi una “Gaussiana illusoria”

* Geologist, PhD – Via Maccagnano 170, 42122 REGGIO EMILIA; e-mail: fd.cervi@gmail.com.

che sottostima sistematicamente il rischio di eventi estremi (ed in particolare le magre catastrofiche, oggetto di questo lavoro). Si conclude proponendo strategie di gestione per superare l'inazione di fronte a rischi che fino ad ora erano considerati estremamente rari ma il cui accadimento può essere ben più frequente, di maggiore intensità e di conseguenza avere impatto devastante.

Keywords: *Freshwater Springs, Groundwater, Aquifer, Drought, Non-stationarity, Northern Apennines, Italy*

Parole chiave: *Sorgenti montane, acqua di falda, acquifero, magre, non-stazionarietà, Appennino settentrionale*

1. Introduction

The epistemological foundation of modern predictive modelling is rooted in inductivism, heavily criticised by Bertrand Russell's parable of the turkey. Upon arriving at a farm, the turkey—being a good observer—records its daily feeding at 9.00 a.m. After months, it deduces a universal rule of safety, leading it to safely state: 'They always bring me food at 9:00'. However, on the day before Thanksgiving, at 9.00 a.m., when the farmer shows up, instead of feeding the turkey, he kills it. Therefore, the high number of positive observations does not guarantee the turkey's survival past Thanksgiving Day. The logical misconception of deriving universal rules from limited past observations was recently revisited by Taleb (2007) who demonstrated that feeling safe and secure is inversely proportionate to one's ability to understand or evaluate risk. Indeed, as days pass, the turkey's confidence increases in its statistical model. Ironically, the days leading up to Thanksgiving are those when it feels safest, because the number of observations is at its peak. It is then that what Taleb defines as a "Black Swan" event occurs: an unexpected event with a massive impact (in the case of the turkey, costing its life; see Fig. 1). The Black Swan is subjective and depends on the limitations of our data; historical data works perfectly for turkeys until Thanksgiving Day, but fails miserably when it matters most. According to Taleb (2007), lack of evidence ("I've never seen a black swan") does not prove it does not exist.

As for natural water resources management, hydrologists and hydrogeologists used to act just like Russell's turkey. They would measure river and spring flows over several decades (i.e., short, recent periods), calculating their mean and variance assuming regular distribution and size-related infrastructure accordingly (Moisello, 1998; Pyrcce, 2004). This paradigm

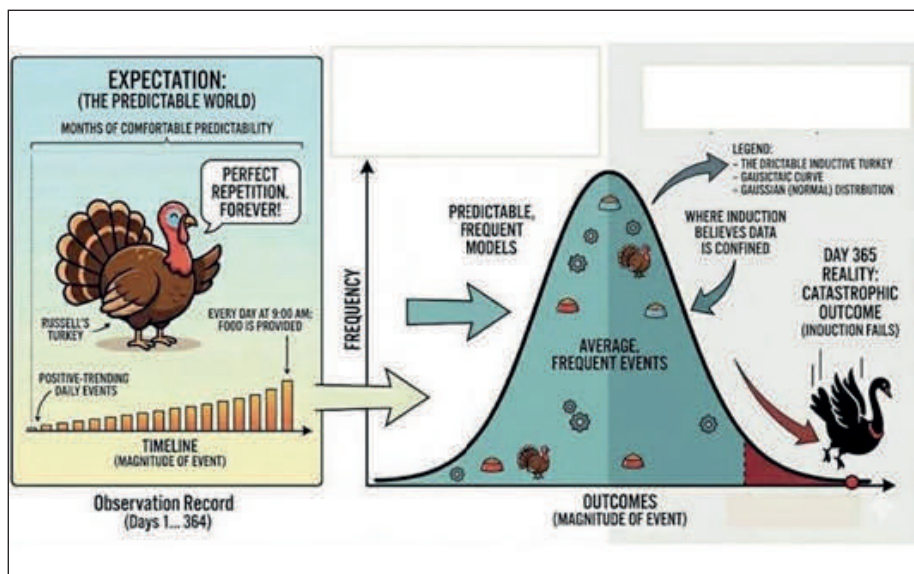


Fig. 1 – Russell’s Turkey and the “Black Swan” event at the extreme end of the Gaussian curve, where the turkey faces Thanksgiving on day 365.

is based on the stationarity postulate, where time series of observed data are processed using statistical analysis to calculate indices (or thresholds)—values essentially considered unlikely to be exceeded. This applies not only to flooding but also to low-flow periods, during which the flow of a river or spring remains significantly below average. Among the most widely used statistical metrics are the Q95 (derived from a Flow Duration Curve spanning 20-30 years of historical data, representing the flow rate exceeded 95% of the time) and the 7Q10 (the lowest average flow rate recorded for 7 consecutive days with a 10-year return period). While a low flow is a natural, expected seasonal phenomenon (like the typical dry season in a river’s flow), drought is an abnormal, extended period of water shortage driven by below-average precipitation; for this reason, if a river’s discharge falls below Q95 (or 7Q10), it means the river is experiencing conditions that only happen 5% of the time. This is statistically abnormal, meaning the river has transitioned from a natural ‘low flow’ state into a ‘drought’ state. Drought ends when the discharge rises

back above the selected threshold (Q95 or 7Q10) and consequently the total volume of water missing throughout that period (the area between the threshold line and the flow hydrograph during drought) is called drought deficit. Due to the hydrogeological characteristics of the Northern Apennines (specifically the widespread presence of rock types acting predominantly as aquicludes or aquitards, alongside limited, fractured and low-yield aquifer outcrops) both springs and rivers respond immediately to a loss of meteoric/snowmelt recharge. In both cases, water flow often reaches zero if an adequate meteoric recharge does not take place during one or more consecutive hydrological years. They are therefore, systems with 'low memory' whose drought thresholds (Q95 and 7Q10) may change in case of no stationarity in precipitation.

This vulnerability is clear from the recent water shocks experienced in the Northern Apennines, which resulted in numerous springs and streambeds drying out several times over the last twenty years (e.g., in 2003, 2011-2012, 2017 and 2021-2023), during which critically low water levels and completely dry spring outlets occurred not only in summer but also in winter.

This manuscript illustrates philosophically how recent drought and consequent drought deficits in the Northern Apennines should not be regarded as extreme, unpredictable Black Swans, but rather as foreseeable phenomena. On the contrary, they are 'Grey Swans', basically events the region has already experienced in the past but ignored until now.

Today, such risks are becoming like Thanksgiving Day for the water resources in this area.

2. Hydrological and hydrogeological setting

This study focuses on the Emilia Northern Apennines, located in the mid-western portion of the mountain chain. From a geographical perspective, this area is linked to the west by the Cisa Pass (separating it from the Liguria Apennines), to the east by the River Sillaro valley (which marks the transition to the Romagna Apennines), to the south by the main Apennine watershed and to the north by the Po Plain. The landscape is dissected by a series of parallel, transverse valleys drained by several rivers acting as right-bank tributaries of the River Po. Elevations progressively decrease toward the north, ranging from over 2000 m a.s.l. at the southern boundary to approximately 70 m a.s.l. at the margin of the Po Plain.

Regional topography is strongly reflected by mean annual precipitation. According to Cervi & Nistor (2018), who analyzed climate datasets from 1961 to 2015, precipitation exceeds 2000 mm year⁻¹ near the main watershed and decreases to about 900 mm year⁻¹ in the hills bordering the Po Plain. The intra-annual precipitation regime features a pronounced summer minimum and two seasonal peaks: a primary maximum in autumn and a secondary one in spring. In the uppermost parts of the study area, cumulative annual snow cover can reach 2-3 m in winter, although this value is highly variable. Potential evapotranspiration ranges from a few tens of millimetres per year at high elevations to 600-650 mm year⁻¹ in the lowlands. Notably, by dividing the 1961-2015 dataset into two reference sub-periods (1961-1990 and 1991-2015), Cervi & Nistor (2018) highlighted a consistent decrease in mean annual precipitation (up to 10% in the more recent sub-period) along the main watershed, occurring predominantly during the winter and spring months.

The widespread outcropping of clay-rich and marly formations, combined with the region's steep topography, does not favour precipitation infiltration but rather promotes rapid surface runoff. Consequently, runoff response to precipitation events is extremely fast—often just a few hours—and is strictly controlled by the lithological characteristics of the catchments (Cervi *et al.*, 2017). Therefore, rivers' low-flow periods typically coincide with the precipitation minima (August, September and October).

The hydrogeological behaviour of the springs closely mirrors these river dynamics. The ubiquitous presence of clay-rich formations prevents development of extensive regional aquifers. On the other hand, groundwater emerges through numerous, small-scale contact springs characterised by low yields, shallow flow-paths and marked seasonal variability; discharges often drop to zero during summer. As a result, spring discharge strictly tracks seasonal precipitation and snowmelt patterns, exhibiting a very short time lag—ranging from hours to a few days—between the recharge pulse and the subsequent increase in flow rate.

Perennial springs are predominantly located within flysch outcrops (i.e., alternating sequences of regular limestone, sandstone and clay-shale beds) or ancient glacial deposits, yielding minimum discharges of approximately 10 l s⁻¹ or less (Canedoli, 1994; Corsini *et al.*, 2009; Gargini *et al.*, 2014; Cervi *et al.*, 2015). Notable exceptions featuring high discharge rates are found within outcrops of highly jointed calcarenites (e.g., Mulino delle Vene springs, ~40 l s⁻¹; Cervi *et al.*, 2014) or evaporite rock masses (e.g., Poiano springs, several hundred l s⁻¹; Ronchetti *et al.*, 2023).

3. Methodological approach

To illustrate the collapse of the stationarity hypothesis in long-term hydrological systems, a heuristic model (“toy-model”) based on a stochastic Monte Carlo simulation was developed. Rather than attempting to solve a complex problem with exact deterministic equations (in this case, impossible to formulate), the Monte Carlo method simulates the process thousands or millions of times. By generating random numbers based on probability distributions, the simulation provides a robust statistical estimate of the outcomes. The goal, therefore, is not an exact paleoclimate reconstruction of groundwater availability (in the form of spring or river discharge), but rather the mathematical modelling of regime shifts in key statistical parameters.

This way, it has been possible to illustrate how shifts in first-order statistical moments (mean and variance) alter the perceived rarity of extreme events under stationarity assumptions. Therefore, the model should be interpreted as an exploratory tool highlighting structural risk under non-stationary conditions, rather than as a predictive hydrological model.

The approach involves the decomposition of a hypothetical historical time series (arbitrarily reconstructed from the year 0 to 2025 CE) into main macro-climatic periods that are well documented in literature. Specifically: i) the Roman Period (0-450 CE; warm climate with well-distributed precipitation), ii) the Early Middle Ages (450-950 CE; transitional dynamics with slight cooling and increased instability), iii) the Medieval Period (950-1250 CE; warm climate with abundant, concentrated rainfall), iv) the Little Ice Age (1300-1850 CE; harsh climate with long, snowy winters, with variability linked to harsh winter cycles), v) the Modern Period (1850-1980 CE; gradual return to mild temperatures and well-distributed precipitation), vi) the Contemporary Period (1980-2025 CE; high variability in snowfall, temperature and precipitation data).

For each period, the flow rate was modelled as an independent and identically distributed random variable within its own time window, extracted from a regular distribution which is typical of such climate regimes. Furthermore, this study verifies whether the reconstructed flow rates from the current period (Contemporary Period) can be included in the historical probability distributions. These historical periods were merged using a Gaussian Mixture Model (GMM), allowing to test the assumption that the current period is simply a “random draw” from that mixture of historical Gaussian curves (bell curves). The results are discussed in terms of Relative Water Availability (RWA) and its Standardized Anomaly Index (in form of Z-

value; see below for further details), recalling that almost all hydraulic infrastructures designed to guarantee water availability (e.g., canals, dams, aqueducts and reservoirs) were sized according to the climate regimes of the past, dating as far back as the Roman Period.

3.1 Parameterization of climate periods

Let Q_t be the random variable describing the relative flow rate in year t . It is assumed that, for each reference climatic macro-period i , the variable Q_t follows a Gaussian distribution defined by the probability density function constructed with the following formula:

$$f(Q_t) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(Q_t - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2} \right)$$

where μ_i represents the mean flow rate (the Gaussian centroid) and σ_i the standard deviation (the indicator of interannual variability and frequency of extremes) for the i -th period. These parameters were defined to qualitatively reflect the paleoclimatic evidence of the Northern Apennine basins using, for periods up to 1850 CE, climate reconstructions obtained from dendrochronology and reported in the works of Büntgen *et al.* (2011) and McCormick *et al.* (2012). Whereas for the Modern and Contemporary Eras, Masson-Delmotte (2021) and Lionello & Scarascia (2018) were used. The values μ_i and σ_i are summarised in Table 1.

Climate period	Years CE	μ_i	σ_i	Main characteristics
Roman Period	0-450	120	10	Warm and well distributed precipitation
Early Middle Ages	450-950	105	15	Slight cooling and increased instability
Medieval Period	950-1250	115	18	Warm climate and abundant rainfall but more concentrated than in the previous period
Little Ice Age	1300-1850	90	25	Drier, colder and less regular rainfall distribution than the previous period
Modern Period	1850-1980	85	20	Progressively milder temperatures and well-distributed precipitation
Contemporary Period	1980-2025	55	38	High temperatures and variable but overall highly concentrated precipitation; decreasing snowfall

Tab.1 – Selected μ_i (mean flow rates for each period) and σ_i (standard deviation of flow rates) for the six macro-climatic periods considered in this study.

It is however important to pinpoint that despite theoretically allowing for negative values (which are physically impossible for spring discharges), a regular distribution was intentionally selected for its traditional role in illustrating stationary concepts as well as for its symmetry. Within the conceptual framework of this toy model, any theoretically negative modelled discharge ($Q_t < 0$) is physically interpreted as a completely dry spring, showing an absolute systemic collapse.

3.2 Stochastic data generation using Monte Carlo

The complete time series Q_{overall} (which represents the set of all random numbers drawn in the simulated 2025 years) was obtained through the linear concatenation of the stochastic arrays of each period i :

$$Q_{\text{overall}} = U_{i=1}^6(Q_t)_{t \in \Delta t_i}$$

To highlight the underlying trends purified from interannual white noise, a simple moving average (SMA) was calculated with a time window $k = 50$ years:

$$SMA_t = \frac{1}{k} \sum_{j=0}^{k-1} Q_{t-j}$$

To ensure statistical robustness and to fully stabilise the probability density function—particularly at the extreme tails (see below for further details), the stochastic Monte Carlo model was applied by performing 10,000 independent iterations (runs) of the entire 2025-year sequence. Furthermore, to guarantee the experiment’s full reproducibility, a fixed random seed was set prior to data generation.

3.3 Relative Water Availability and the Standardized Anomaly Index

Relative Water Availability (RWA) is a dimensionless (or percentage) indicator that expresses the state of water resources in a given year compared to a historical reference average (baseline). In a non-stationary regime, this index reveals the deviation of the current climate from the conditions for which regional infrastructure was originally designed.

The formula is defined as follows:

$$RWA_t = \left(\frac{Q_t}{\mu_{ref}} \right) \times 100$$

where:

- RWA_t is the Relative Water Availability in year t (expressed as a percentage);
- Q_t is the average annual flow rate (e.g., in l s^{-1}) or the simulated water volume in that specific year t ;

- μ_{ref} : The arithmetic mean of the flow rates calculated over the entire period considered (i.e., from the year 0 to 2025 CE).

For example, if the historical average of a spring is 50 l s^{-1} (μ_{ref}) and 10 l s^{-1} (Q_t) are measured in a given year, the RWA_t for that specific year will be 20%, indicating an 80% deficit in water availability. Furthermore, the Standardized Anomaly Index (Z) was utilised to incorporate the standard deviation (variability) of the historical reference period (σ_{ref}):

$$Z_t = \frac{Q_t - \mu_{ref}}{\sigma_{ref}}$$

therefore, a value of $Z_t = 0$ indicates a year which perfectly matches the historical average, while $Z_t = -1$ signifies a deficit in water availability. Lower values (e.g., $Z_t = -2$ or $Z_t = -3$) represent the tail end of the Gaussian distribution. In this manuscript the selected threshold for which a drought occurrence is $Z_t = -2$.

The transformation of absolute flow values into standardised variables (Z_t) and relative anomalies (RWA) follows the classical statistical approaches used in modern drought indexing, such as the Standardized Streamflow Index (McKee *et al.*, 1993; Vicente-Serrano *et al.*, 2012), allowing for objective comparisons across different macro-climatic historical periods (Mishra & Singh, 2010; Tallaksen & van Lanen, 2004).

One must not to confuse these volumetric percentages (RWA) with frequency-based indices as the Q_{95} (the flow rate exceeded 95% of the time). In terms of interannual variability, under a stationary normal distribution, a year with mild drought corresponding to the 5th percentile of the distribution (the left tail) has a Z_t of roughly -1.645 (meaning such a dry year is expected only once every 20 years). By setting the critical warning threshold at $Z_t = -2$ and analyzing extreme events down to $Z_t = -3$ and $Z_t = -4$, the systemic annual volume collapses, considered virtually impossible according to standard stationary assumptions.

Within this simulation framework, the baseline parameters calculated over the entire 2025-year reference period resulted in a historical reference mean μ_{ref} of 100.75 and a reference standard deviation σ_{ref} of 23.75.

3.4 Definition of drought spells

In order to characterise the temporal clustering of extreme low-flows, this study adopts the classical Theory of Runs (Yevjevich, 1967). A distinct drought ‘spell’ is defined as a continuous, uninterrupted sequence of years during which the annual hydrological indicator (Z_t) remains strictly below the critical warning threshold ($Z_t = -2$). Formally, an independent multi-year drought spell of duration D (where $D \geq 2$ years) is initiated in year t and terminates in year $t+D$, however only if the following boundary conditions are satisfied:

- $Z_{t-1} \geq -2$: pre drought conditions;
- $Z_{t+k} < -2$ for all k in drought persistence $[0, D-1]$;
- $Z_{t+D} \geq -2$ drought termination or recovery.

Under this rigorous definition, each continuous deficit sequence is counted as a single, mutually exclusive stochastic event (or “run”), regardless of whether its duration spans exactly 2 years, 3 years, or longer. This approach prevents the statistical double-counting of overlapping multi-year windows within the same prolonged hydrological crisis, ensuring that the counts reported in the subsequent analysis represent truly distinct systemic collapses.

3.5 Sensitivity and uncertainty analysis

Given the heuristic nature of the stochastic toy model, a sensitivity analysis was performed to evaluate robustness of the core findings against potential parameterization errors. Since the macro-climatic inputs (μ_i and σ_i) originate from paleoclimate literature rather than continuous instrumental records, it is necessary to verify whether the explosion of extreme low-flow events ($Z < -2$) and the emergence of multi-year drought spells in the Contemporary Period are structural features or merely statistical artefacts of the chosen boundaries. The input parameters of the climatic epochs were systematically perturbed using a $\pm 5\%$ variation for the mean flow (μ_i) and a broader 10% variation for the standard deviation (σ_i), reflecting the higher uncertainty inherent in estimating historical climatic variance. Two boundary scenarios were tested against the baseline simulation:

- Convergence Scenario (conservative): the historical baseline (0-1980 CE) was rendered drier and more variable ($\mu_i - 5$, $\sigma_i + 10\%$), while the Contemporary Period (1980-2025 CE) was rendered wetter and more

stable ($\mu_i + 5\%$, $\sigma_i - 10\%$). This scenario artificially forces past and present climates closer together, testing if the “fat tail” disappears;

- Divergence Scenario (pessimistic): The opposite perturbation was applied, artificially widening the gap between the historical baseline and the contemporary climate.

3.6 Gaussian Mixture Model

To overcome predictive limitations of classical unimodal distributions (particularly the ordinary distribution) in the analysis of non-stationary time series, the discharge distribution was modelled using a Gaussian Mixture Model (GMM; see Ni *et al.*, 2020). The GMM allows us to mathematically represent the entire climate series as the probabilistic superposition of K different hydrological ‘states’ or ‘regimes’ from distinct climatic periods, each characterised by its own mean and variance. In our specific case, a mixture of the first five climatic periods was considered (the Roman Period, the Early Middle Ages, the Medieval Period, the Little Ice Age and the Modern Period) and the final GMM was compared with the distribution of the Contemporary Period.

Therefore, let Z_t be the random variable representing the standardized hydrological anomaly (Z-Index) in year t. The probability density function (PDF) of the GMM is defined as a linear combination (mixture) of K=5 Gaussian components:

$$f(Z_t|\theta) = \sum_{k=1}^K w_k \times N(Z_t|\mu_k, \sigma_k^2)$$

where:

- w_k is the “weight” or a priori probability of the k-th component, subject to physical constraints $0 \leq w_k \leq 1$ e $\sum_{k=1}^K w_k = 1$;
- $N(Z_t|\mu_k, \sigma_k^2)$ is the probability density function of the Normal for the k-th component:

$$N(Z_t|\mu_k, \sigma_k^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_k^2}} \exp\left(-\frac{(Z_t - \mu_k)^2}{2\sigma_k^2}\right)$$

- $\theta = (w_k, \mu_k, \sigma_k^2)_{k=1}^K$ represents the complete set of model parameters to be estimated.

Since the assignment of individual years (Z_t) to their respective original regimes (k) is treated as a latent variable, the optimisation of the parameter set θ does not have a closed analytical solution. Therefore, Maximum Likelihood Estimation (MLE) was solved iteratively using the Expectation-Maximization (EM) algorithm. The log-likelihood function to be maximised for a sample of N observations is:

$$\ln L(\theta|Z) = \sum_{t=1}^N \ln \left(\sum_{k=1}^K w_k N(Z_t | \mu_k, \sigma_k^2) \right)$$

The algorithm iterates two steps (E-step and M-step) until convergence. The first (Expectation step) calculates the posterior probability (or liability $\gamma_{t,k}$) that observation Z_t was generated by component k , given the current parameters:

$$\gamma_{t,k} = \frac{w_k N(Z_t | \mu_k, \sigma_k^2)}{\sum_{k=1}^K w_k N(Z_t | \mu_k, \sigma_k^2)}$$

Subsequently, the Maximization step updates the parameters θ by maximising the expected value of the log-likelihood, using the $\gamma_{t,k}$ just calculated with:

$$\begin{aligned} w_k^{new} &= \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \gamma_{t,k} \\ \mu_k^{new} &= \frac{\sum_{t=1}^N \gamma_{t,k} Z_t}{\sum_{t=1}^N \gamma_{t,k}} \\ (\sigma_k^2)^{new} &= \frac{\sum_{t=1}^N \gamma_{t,k} (Z_t - \mu_k^{new})^2}{\sum_{t=1}^N \gamma_{t,k}} \end{aligned}$$

4. Results

The results, in particular the Relative Water Availability (RWA) over the 2025-year study period, the variation of the Z-index and the Probability Density Functions (PDFs) for the six climatic macro-periods are graphically summarised in Fig. 2 with a representative stochastic trial out of the 10,000 performed iterations.

From a mathematical perspective, the RWA and the Z-index are two sides of the same coin; they are, in fact, linear transformations of the same physical quantity (the flow rate Q_t , in $l\ s^{-1}$). Therefore, in the graph in Fig. 2, the RWA parameter indicates our percentage relative to the historical ‘normality’, while the Z_t indicates how many standard deviations (i.e., how much statistical exceptionality) separate us from that normality. The central blue line ($Z_t = 0$) corresponds perfectly to $RWA = 100\%$ on the opposite axis. As anticipated in Section 3.3, the red line ($Z = -2$) has been arbitrarily chosen as the warning threshold, below which low flows are classified in this paper as severe droughts (meaning the spring flow rate drops to less than 53% of the historical average over the entire 2025-year period analysed).

In the upper part of the graph, the 50-year moving average (solid black line) clearly illustrates the collapse during the Contemporary Period (1980-2025), which drops well below the baseline (100%), reaching a value of $Z_t = -2$. The random variable Q_t (which describes the relative discharge in year t , shown in grey in Fig. 2) in the Contemporary Period shows values dropping even below $Z_t = -3$ (where spring discharge is less than 29.4% of historical levels) and $Z_t = -4$ (less than 5.9% of historical levels), representative of years with highly extreme drought conditions. The lower panel displays the probability density functions PDFs calculated for both the RWA (%) and Z_t values. It is clear that the probability of a spring or river exhibiting discharge values lower than 53% of their historical baseline has considerably increased, not only compared to the Roman Period but also compared to the Modern Period.

The spell analysis is reported in Table 2. Based on the Q_t reconstruction, no Z_t lower than -2 are found in the first three macro-climatic periods (Roman Period, Early Middle Ages and Medieval Period). Values of Z_t lower than -2 begin to characterise the Little Ice Age (25 events), but with very rare aggregation over consecutive years (only two strings of two consecutive years in a 550-year span). In the subsequent Modern Period (130 years), only one year was found with a Z_t lower than -2. Conversely, the Contemporary Period (45 years) exhibits a surge of events crossing the critical threshold (25 events

with $Z_t < -2$), including 8 instances with an aggregation of at least 2 consecutive years of continuous low-flow (with a maximum continuous low-flow duration of 4 years). If lower thresholds are considered (specifically $Z_t < -3$ and $Z_t < -4$, indicating years with particularly severe low-flow intensity), these characterise exclusively the Little Ice Age (2 years with $Z_t < -3$) and the Contemporary Period (18 events with $Z_t < -3$ and 6 years with $Z_t < -4$).

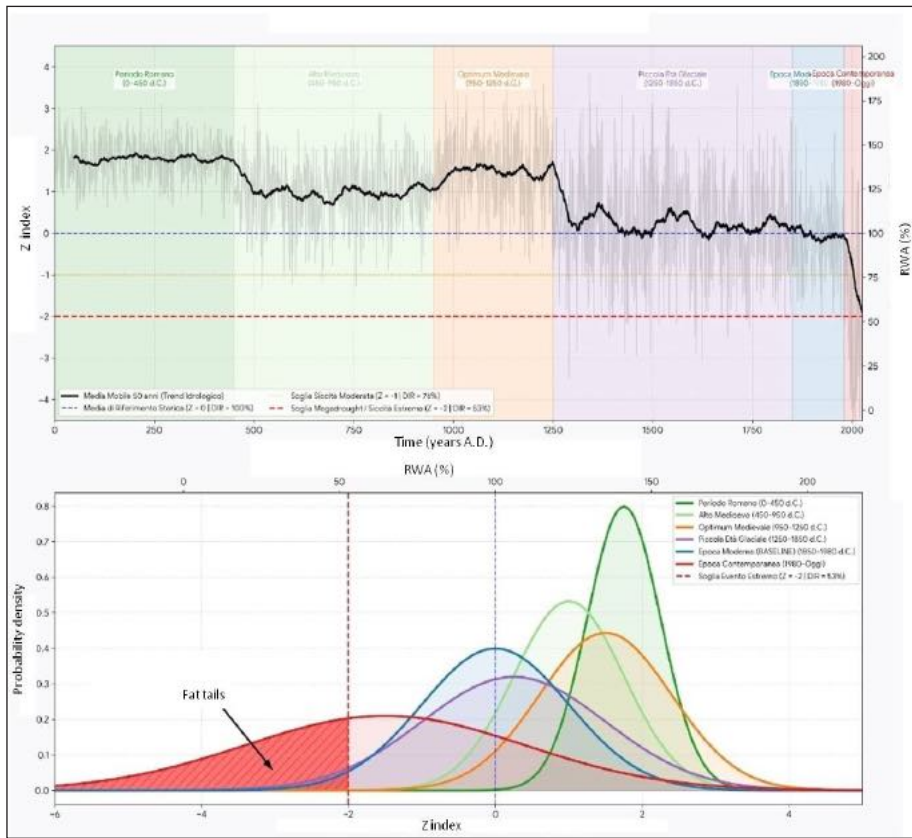


Fig. 2 – Top panel: simulated relative water availability (RWA) from 0 to 2025 CE. The grey line shows the raw data reconstructed from a single representative run of the toy-model, while the thick black line indicates the 50-year moving average. The dashed red line at $Z = -2$ denotes the threshold for intense low-flow (drought) conditions. Bottom panel: Probability Density Functions (PDFs) across six climatic periods, derived from the complete ensemble of 10,000 Monte Carlo iterations: Roman Period (solid dark green), Early Middle Ages (solid light green), Medieval Warm Period (solid orange), Little Ice Age (solid purple), Modern Period (solid blue) and Contemporary Period (solid red). For the Contemporary period, the fat tail falling below the critical threshold ($Z = -2$) is specifically highlighted.

Periods	Length (in years)	n. of years with $Z_t < -2$	n. of 2 continuous years with $Z_t < -2$	Maximum length (in years) with $Z_t < 2$	n. of years with $Z_t < -3$	N. of years with $Z_t < -4$
Roman Period	450	0	0	0	0	0
Early Middle Ages	500	0	0	0	0	0
Medieval Period	300	0	0	0	0	0
Little Ice Age	550	25	2	2	2	0
Modern Period	130	1	0	1	0	0
Contemporary Period	45	25	8	4	18	6

Tab. 2 – *Spell analysis of reconstructed years with $Z_t < -2$ in the Northern Apennines. The number of events with $Z_t < -3$ and $Z_t < -4$ were also added to the analysis.*

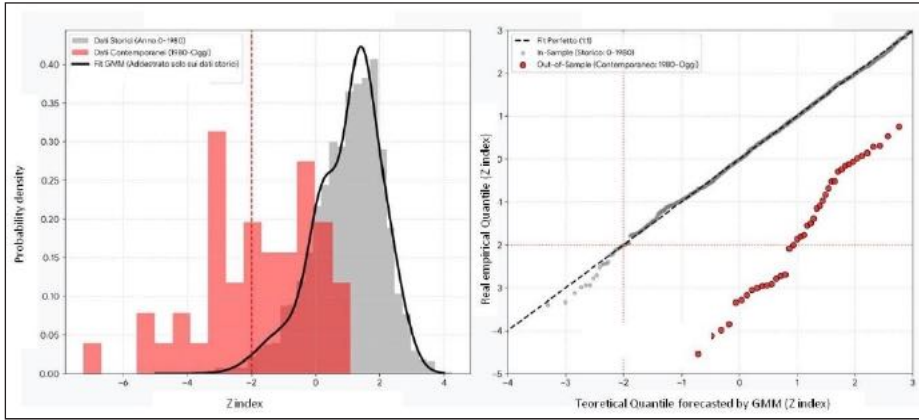


Fig. 3 – *On the left: Probability Density Functions (PDF) of the Z_t index. The historical baseline (Roman to Modern periods) is fitted with a Gaussian Mixture Model (GMM, black line), with corresponding historical quantiles shaded in grey. Quantiles for the Contemporary period are overlaid as shaded red boxes. The dashed red line at $Z_t = -2$ denotes the threshold for intense drought conditions. On the right: Quantile-Quantile (Q-Q) plot assessing the goodness-of-fit between quantiles of the GMM. Red dots are the reconstructed values from the Contemporary period.*

Fig. 3 presents the Gaussian Mixture Model (GMM) computation derived from the first five climatic periods (representing the first 1980 years of Q_t discharge reconstructed by the stochastic model). It should be noted that a GMM is a probabilistic model assuming all data points are generated from a mixture of

a finite number (in this case, five) of Gaussian distributions, each representing a cluster with its own mean and variance. The black GMM line traces the grey histogram (past climate from the Roman Period to the Modern Period); the red histogram displays the data from the Contemporary Period. It is clear that this red distribution falls well beyond the critical threshold line ($Z_t = -2$), occupying an area where the probability density of the historical GMM is minimal.

The accompanying Q-Q plot evaluates the goodness of fit at the tails of the distribution, where the dashed diagonal (1:1) represents a perfect model fit. The grey dots represent past climate events and their overlap with the 1:1 diagonal is robust. The red dots, representing contemporary data, deviate vertically downwards from the 1:1 line. This indicates that the historical GMM would theoretically predict years with water availability significantly higher than the mathematical values reconstructed by the stochastic model for contemporary times. Interestingly, the misalignment with the prediction progressively increases as the Z_t decreases. Data are reported in Table 3.

Thresholds	Forecasted events from GMM (p)	Return Time (in years)	No.	Discrepancies
N. of years with $Z_t < -2$	0.6	80	25	45 times higher
N. of 2 continuous years with $Z_t < -2$	0.007	6500	3	500 times higher
Maximum length (in years) with $Z_t < -2$	0	-	5	Statistically impossible
N. of years with $Z_t < -3$	0.07	660	18	300 times higher
N. of years with $Z_t < -4$	0.005	9600	6	1500 times higher

Tab. 3 – *Predictive Failure of the Historical GMM over the Contemporary Period (1980-2025, 45-year time series).*

The sensitivity metrics focused on the stability of the $Z < -2$ threshold exceeding and the consecutive “spell” phenomenon during the Contemporary Period and results are reported in Table 4.

The results demonstrate that even under the most conservative Convergence Scenario, where the climatic shift is artificially dampened, the frequency of events crossing the critical threshold ($Z < -2$) remains an order of magnitude higher than what the historical Gaussian Mixture Model (GMM) would predict. While the absolute number of extreme drought years drops slightly from 25 to 23, the structural aggregation of consecutive drought years (spells) strongly persists, with 7 events lasting at least two years.

Scenario	Perturbation applied (Contemporary Period)	n. of years with $Z_t < -2$	n. of 2 continuous years with $Z_t < -2$	Maximum length (in years) with $Z_t < 2$
Baseline	none	25	8	4
Convergence (conservative)	$\mu = +5\%$ $\sigma = -10\%$	23	7	3
Divergence (pessimistic)	$\mu = -5\%$ $\sigma = +10\%$	27	9	5

Tab. 4 – *Sensitivity analysis testing the stability of extreme droughts frequencies and spell occurrences in the Contemporary Period (1980-2025) under perturbed parameter scenarios.*

4. Discussion

4.1 Grey or Black Swans?

Reconstructing annual Q_t values using a stochastic hydrological toy model and processing such data in the form of Relative Water Availability (RWA) allows for several important considerations. The shape of the Probability Density Function (PDF) for the Contemporary Period strongly differs from a classical Gaussian distribution (see Fig. 2), generating an apparent increase in lower-tail overflow relative to the historical baseline. In such a distribution, the probability of observing extreme events (far from the mean) is significantly higher than predicted by a normal distribution. Conceptually, unlike a Gaussian curve where the probability decays exponentially (i.e., very quickly) as one moves away from the centre, the decay is very slow. For the specific study case, this generates a structural increase in lower-tail overflow relative to the historical Gaussian baseline in the area of $Z_t = -2$. As shown in Table 2, during the Contemporary Period (45 years in total), the number of years with $Z_t = -2$ explodes (25 years in which spring flow rates fall below 53% of their historical baseline over the entire 2025-year analysed period). Furthermore, years with extremely severe drought—which Taleb would classify as Black Swans, or events that are exceedingly difficult to predict—become frequent. Specifically, there are 18 years with $Z_t = -3$ (where flow rates drop below 29.4% of the historical baseline) and 6 events with $Z_t = -4$ (where flow rates plummet to less than 5.9% of the historical baseline). Even the use of a Gaussian Mixture Model (GMM), developed from the first five selected climate periods (Roman Period, Early Middle Ages, Medieval Period, Little Ice Age and Modern Period), does not allow for the generation of an increase in lower-tail overflow capable of representing the climate of the Contemporary Period. Consequently,

the predicted number of events classifiable as Black Swans remains drastically underestimated. This occurs because the GMM is simply a sum of regular distributions from five climatic periods, all of which possess exponentially decaying tails. The collapse of stationarity has created a completely new bell curve which never existed in the previous 2,000 years (with a collapsed mean and an exploded variance; see Fig. 2). Therefore, the GMM cannot predict a distribution it has never ‘seen’ in its training dataset (see Fig. 3). Furthermore, the probabilities have shifted to the point that drought years are clustering (see Table 3). An analysis of contemporary data reveals the structural emergence of strings of at least two consecutive years of extremely severe drought events (e.g., eight such events in the Contemporary Period with $Z_t < -2$), which are statistically virtually impossible to predict using the historical GMM (see Table 3). Moreover, the increase in lower-tail overflow relative to the historical Gaussian baseline characterizing the nature of the Contemporary Period’s probability density function cannot be erased by standard parametric uncertainty. The collapse of hydrological stationarity and the increased recurrence of extreme multi-year droughts in the Emilia Apennines are robust, structurally intrinsic outcomes rather than boundary effects of the stochastic model. The visual and analytical divergence between the theoretical stationary curve and the mathematical, asymmetric, and multimodal histogram shows the ineffectiveness of classical linear stationary models (including advanced ones, such as the GMM) in predicting extreme drought events under the current climate regime. Under standard assumptions, all these events would now be misclassified as unpredictable Black Swans.

As mentioned in the Introduction, Taleb argues that lack of evidence (“I have never seen a Black Swan in the time series”) must be accepted for what it is; the fact of never having seen one does not mean they do not exist. It is equally clear that the Black Swan is a perspective issue, highly dependent on the observer: Thanksgiving Day is an unexpected Black Swan for the turkey, but not for the butcher who knows exactly what is about to happen. In this specific case, a careful reading of historical archives and texts (the historian’s perspective) or the analysis of pollen, fossil wood and sediments (the palaeoclimatologist’s and geologist’s perspective) at a local scale allows us to shift the observer’s viewpoint, essentially moving towards the butcher’s side. This broadens the length of the time series and contextualises the outliers. If we limit our observation horizon strictly to a recent baseline, extreme drought of recent years (such as the 2021–2023 crisis) appear as perfect ‘Black Swans’:

statistically impossible anomalies which shatter contemporary predictive models. However, by broadening our gaze to historical climatology and documentary archives spanning the last two millennia, the colour of this swan fades to grey—representing rare, but nonetheless known and documented events on a bi-millennial scale. Lombard historian Paul the Deacon (720-799 CE) in his *Historia Langobardorum* based his research on earlier archives to precisely describe the hydrological anomalies of the sixth century. For the year 591 CE, he documented an extreme drought spell in Northern Italy which destroyed crops, later on followed by an invasion of locusts. 14th-century chronicles (such as *Cronache Estensi* and *Cronache Mantovane*) report cases of extreme low-flow levels even during the Medieval Period; notably, the severe drought that struck the Po basin in 1303 caused both the Apennine rivers and the River Po to dry up completely. Referring to the same period and the devastating flood of the River Arno in 1333, it becomes clear that while the Medieval Period was generally mild, the transition into the 14th century (and the subsequent Little Ice Age) was marked by violent extreme cases on both ends of the distribution (floods and droughts). During the Little Ice Age, chronicles from Cremona in 1540 describe how the River Po's water level was so low due to its constant drought, that it could be crossed on horseback. In 1590 and 1669-1670, additional years of extensive drought were reported across the Apennine valleys, with rivers reduced to trickles which caused watermills to stop working, thus resulting in famine. More recently, the period from 1929 to 1935 was recognized as a prolonged phase of water scarcity which heavily affected the Emilia side of the Northern Apennines. A similar situation occurred in 1952, a year of exceptional drought in which Northern Apennines' river discharges dropped to record low flows. Ultimately, it is essential to reflect on the failure of modern statistical modelling. This failure does not occur because today's climate is creating physically impossible phenomena, but because we have stubbornly treated groundwater and its recharges as 'stationary' systems (see for instance the pioneering paper by Milly *et al.*, 2008), intentionally ignoring the wealth of long-term available documented historical information.

4.2 Adaptation measures

In recent years, several mathematical and statistical approaches have been tested to overcome the problem of non-stationarity in the assessment of extreme low-water levels and their duration. In particular, approaches which exploit statistical distributions other than the classical Gaussian distribution (such as

the non-stationary mixed Weibull distribution) paired with functions known as copulas (Fitriana *et al.*, 2026). These exploit thermodynamic covariates capable of mathematically modelling the depletion of low-flows in response to climate forcing. Furthermore, the use of copulas allows the ‘spell’ phenomenon (the consecutive aggregation of low-flows levels) to be explicitly captured, encoding the interannual dependence which transforms a single anomalous year into a prolonged systemic collapse. Additionally, given the advances in climate modelling and the procedures for downscaling these models to local scales, approaches based on General Circulation Models (GCMs) should not be overlooked (Guo & Montanari, 2023). For this specific sector of the northern Apennines, modelling results, reported by Cervi *et al.* (2018) for a reference spring, indicate an increase in the duration and severity of low-flow conditions up to 2050 that are consistent with the emergence of lower-tail overflows captured by the stochastic framework proposed herein. In any case, extreme events like multi-year droughts are historically infrequent; therefore, validating their predicted statistics remains particularly challenging to this day.

While waiting for new statistical and mathematical-modelling approaches to gain traction as useful land management tools (e.g., providing much more reliable design values for watershed management and water resource planning), a precautionary approach needs to be adopted.

Another fact which must be taken into account is that the severe low-flow events observed in recent years—arguably Grey Swans with historical precedents over the last two millennia—could recur more intensely and for longer periods of time in the immediate future compared to recent years, potentially becoming a structural baseline. This, as previously anticipated, is occurring in a mountain area characterised by “low memory,” where springs and rivers are incapable of sustaining baseflow even during short absences of meteoric recharge.

Amongst the mitigation measures which should be regarded as simple, implementable solutions, it would be highly beneficial to test groundwater recharge in alluvial fan areas using Managed Aquifer Recharge (MAR) methodologies. These approaches, highly developed in other regions (e.g., the Marecchia or Serchio alluvial fans; cf. Severi *et al.*, 2014; Rossetto *et al.*, 2020, respectively), would allow storage of a portion of surface water resources to replenish depleted aquifers, which could then be exploited via pumping from downstream wells if needed. This encompasses not only the exploitation of infiltration ponds—utilizing the numerous abandoned quarries which already

exist in the alluvial fan apex areas—but also the repurposing of major irrigation canals. These canals are typically active only during summer and remain dry throughout the rest of the year. Activating these canals during the off-season would increase the effective recharge surface area over the highly permeable alluvial fan, consequently increasing the volume of surface water percolating into the aquifer. This water would generally be of good chemical and biological quality, as it would be diverted from rivers outside of critical low-flow periods.

To increase dispersion from the riverbed, channel-bed modifications could also be tested to enhance recharge by removing alluvial sediments and replacing them with selected gravel fill, alongside strategies like off-season irrigation (Colombo *et al.*, 2024). Conversely, as demonstrated by Cervi & Tazioli (2021), given the natural dispersion capacity of Apennine rivers at the apex of alluvial fans, the presence of weirs and check dams in these zones can potentially lead to clogging due to sedimentation of fine materials, which can extend tens of meters upstream, making it very difficult for underlying aquifers to recharge naturally.

However, reducing the exploitation of groundwater resources remains strictly necessary, starting with the optimisation of agricultural withdrawals. Irrigation practices must be improved by reducing sprinkler and surface irrigation, concentrating watering during nighttime hours and expanding the use of drip irrigation to minimise evaporation. Furthermore, the cultivation of high water-demanding crops, which are becoming out-of-date in this shifting hydrological context, must be critically reconsidered.

5. Conclusions

To show the impact of non-stationarity on drought probability in the Emilia sector of the Northern Apennines, a stochastic Monte Carlo model was developed. The distributional parameters (mean and variance) of the individual historical periods considered (i.e., Roman Period, Early Middle Ages, Medieval Warm Period, Little Ice Age, Modern Period, Contemporary Period) were not designed to reconstruct measured absolute discharges. Rather, they generate parameterised relative indices (Relative Water Availability RWA and Standardized Anomaly Index Z_t) which reflect paleoclimatic and hydrological macro-trends.

The results illustrate under plausible parameterization that during the Contemporary Period (1980-2025), events considered statistically “impossible”

under previous climatic baselines have begun to appear. Even more complex models than the standard Gaussian distribution (such as Gaussian Mixture Models, or GMMs) fail to improve predictions. Low-flow events have become so intense that extreme drought years regularly emerge—falling more than 3 standard deviations below historical average, with some extreme cases exceeding 5 standard deviations.

Although a model based on the historical database up to the Modern Period would classify these as unpredictable Black Swans, these events are no longer rare in the Contemporary Period; they now occur regularly according to statistics. This is because contemporary climate distribution exhibits heavier tails than the theoretical historical baseline. The probability decay towards extreme values is no longer rapidly exponential as predicted by a classical stationary model, pragmatically simulating a behaviour that shatters the old predictive paradigms. Furthermore, the analysis of contemporary data reveals the structural emergence of consecutive years with extreme deficits (the ‘spell’ phenomenon). This aggregation of low-water events exposes the region to critical water management vulnerabilities, particularly given the unique hydrogeology of the Emilia Apennines—characterised by rocks and deposits acting primarily as aquitards or aquicludes, alongside small aquifers dominated by shallow and rapid groundwater flow-paths.

The documented presence of devastating droughts in the region’s historical archives—along with the series of frequent and severe drought periods observed recently—demands an epistemological reflection concerning traditional methods used to manage both groundwater and surface water resources. Specifically, it challenges the engineering inductivism relying on statistical analyses derived from short, recent time series falsely assumed to be stationary.

In fact, and although the stochastic toy model proposed in this study remains a conceptual tool, its simulated outcomes for the Contemporary Period closely mirror the empirical ground truth of the Emilia Apennines. A qualitative comparison with available historical discharge time-series from the regional monitoring networks (e.g., ARPAE datasets for Apennine catchments such as the rivers Secchia or Taro, see ARPAE-EMR, 2026) confirms the tangible emergence of these extreme drought periods. Instrumental records from 1980 to nowadays show a striking increase in the frequency of severe low-flow days and multi-year hydrological deficits, physically validating the mathematical collapse of stationarity simulated by the model.

As we wait for new statistical and mathematical modelling methodologies to be adopted, the technicians and stakeholders responsible for managing water resources must shift their perspective and stop acting as the turkey and more like the butcher. By taking precautions, management should immediately focus on implementing practical mitigation measures—starting with accessible, low-cost solutions for artificially recharging aquifers—to safeguard the region’s hydrological future.

Acknowledgement

I am grateful to Professor Giovanni Tosatti for his careful review and valuable suggestions that helped refine and improve this manuscript.

Bibliography

- ARPAE-EMR (Regional Agency for Environmental Protection in Emilia-Romagna Region), 2026 – *Annali Idrologici*. Available online: <https://www.arpae.it/sim/> (accessed on 30th April 2026).
- BUNTGEN U., TEGEL W., NICOLUSSI K., MCCORMICK M., FRANK D., TROUET V., KAPLAN J.O. ESPER J., 2011 – 2500 years of European climate variability and human susceptibility. *Science*, **331**(6017), pp. 578-582.
- CANEDOLI S., CUOGHI A.L., FRANCESCHINI A., GORGONI C., PANINI G., PELLEGRINI M., VOLTOLINI C., 1994 – *Le risorse idropotabili dell’alto Appennino della provincia di Reggio Emilia*. In: M. Pellegrini (ed.) “Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, alta pianura e Appennino della provincia di Reggio Emilia”, Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, **33**, Pitagora Editrice, Bologna.
- CERVI F., MARCACCIO M., PETRONICI F., BORGATTI L., 2014 – *Hydrogeological characterization of peculiar Apennine springs*. In: “Evolving Water Resources Systems, Understanding, Predicting and Managing Water-Society Interactions”, Proceedings of ICWRS-2014, IAHS Publ. **364**, pp. 333-338.
- CERVI F., CORSINI A., DOVERI M., MUSSI M., RONCHETTI F., TAZIOLI A., 2015 – *Characterizing the recharge of fractured aquifers: A case study in a flysch rock mass of the Northern Apennines (Italy)*. In: Engineering Geology for Society and Territory, Vol. 3, River Basins, Reservoir Sedimentation and Water Resources, pp. 563-567. Cham, Springer International Publishing.
- CERVI F., BLÖSCHL G., CORSINI A., BORGATTI L., MONTANARI A., 2017 – *Perennial springs provide information to predict low-flows in mountain basins*. *Hydrological Sciences Journal*, **62**(15), pp. 2469-2481.
- CERVI F., PETRONICI F., CASTELLARIN A., MARCACCIO M., BERTOLINI A., BORGATTI L., 2018 – *Climate-change potential effects on the hydrological regime of freshwater springs in the Italian Northern Apennines*. *Science of the Total Environment*, **622**, pp. 337-348.
- CERVI F., NISTOR M.M., 2018 – *High resolution of water availability for Emilia-Romagna region over 1961-2015*. *Advance in Meteorology*, 2489758.
- CERVI F., TAZIOLI A., 2021 – *Quantifying streambed dispersion in an alluvial fan facing the northern Italian Apennines: implications for groundwater management of vulnerable aquifers*. *Hydrology*, **8**(3), p. 118.
- COLOMBO P., MAZZON P., ALBERTI L., 2024 – *Off-season irrigation as a climate adaptation strategy for future groundwater management in Northern Italy*. *Advances in Geosciences*, **64**, pp. 27-31.
- CORSINI A., CERVI F., RONCHETTI F., 2009 – *Weight of evidence and artificial neural networks for potential groundwater spring mapping: an application to the Mt. Modino area (Northern Apennines, Italy)*. *Geomorphology*, **111**(1), pp. 79-87.
- FITRIANA F.S., FISCHER S., WEIGELHOFER G., LAIMIGHOFER J., LAAHA G., 2026 – *Non-stationary low-flow frequency analysis with mixed Weibull components and Copula-based dependence framework*. *EGUsphere*, pp. 1-28.
- GARGINI A., DE NARDO M.T., PICCININI L., SEGADELLI S., VINCENZI V., 2014 – *Spring discharge and*

- groundwater flow systems in sedimentary and ophiolitic hard rock aquifers: Experiences from Northern Apennines (Italy). CRC Press Book, Netherlands, pp. 129-145.
- GUO R., MONTANARI A., 2023 – Historical rainfall data in northern Italy predict larger meteorological drought hazard than climate projections. *Hydrology and Earth System Sciences*, **27**(15), pp. 2847-2863.
- MCCORMICK M., BÜNTGEN U., CANE M.A., COOK E.R., HARPER K., HUYBERS P., LITT T., STURT-MANNING W., MAYEWSKI P.A., MORE A.F.M., NICOLUSSI K., TEGEL W., 2012 – Climate change during and after the Roman Empire: reconstructing the past from scientific and historical evidence. *Journal of Interdisciplinary history*, **43**(2), pp. 169-220.
- MISHRA A.K., SINGH V.P., 2010 – A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, **391**(1-2), pp. 202-216.
- LIONELLO P., SCARASCIA L., 2018 – The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming”. *Regional Environmental Change*, **18**(5), pp. 1481-1493.
- MASSON-DELMOTTE V., ZHAI P., PIRANI A., CONNORS S.L., PÉAN C., BERGER S., ZHOU B., 2021 – Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the 6th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2(1), 2391.
- McKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1993 – The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, **17**(22), pp. 179-183.
- MILLY P.C., BETANCOURT J., FALKENMARK M., HIRSCH R.M., KUNDZEWICZ Z.W., LETTENMAIER D.P., STOFFER R.J., 2008 – Stationarity is dead: Whither water management? *Science*, **319**(5863), pp. 573-574.
- MOISELLO U., 1998 – *Idrologia tecnica*. La Goliardica pavese, pp. 824-824.
- NI L., WANG D., WU J., WANG Y., TAO Y., ZHANG J., LIU J., 2020 – Streamflow forecasting using extreme gradient boosting model coupled with Gaussian mixture model. *Journal of Hydrology*, **586**, 124901.
- PYRCE R., 2004 – *Hydrological low-flow indices and their use*. Watershed Science Centre, Report no. 04-2004, Peterborough, UK.
- RONCHETTI F., DEIANA M., LUGLI S., SABATTINI M., CRITELLI V., AGUZZOLI A., MUSSI M., 2023 – Water isotope analyses and flow measurements for understanding the stream and meteoric recharge contributions to the Poiano evaporite karst spring in the North Apennines, Italy. *Hydrogeology Journal*, **31**(3), pp. 601-619.
- ROSSETTO R., BARBAGLI A., DE FILIPPIS G., MARCHINA C., VIENKEN T., MAZZANTI G., 2020 – Importance of the induced recharge term in riverbank filtration: Hydrodynamics, hydrochemical, and numerical modelling investigations. *Hydrology*, **7**(4), p. 96.
- SEVERI P., BONZI L., FERRARI V., PELLEGRINO I., 2014 – Managed aquifer recharge in the Marecchia alluvial fan (Rimini-Italy), start of the test and first results. “Acque Sotterranee”, *Italian Journal of Groundwater*, **3**(3).
- TALEB N., 2007 – Black swans and the domains of statistics. *The American Statistician*, **61**(3), pp. 198-200.
- TALLAKSEN L.M., VAN LANEN H.A., 2004 – Hydrological drought. Processes and estimation methods for streamflow and groundwater, p. 579.
- VICENTE-SERRANO S.M., LÓPEZ-MORENO J.I., BEGUERÍA S., LORENZO-LACRUZ J., AZORIN-MOLINA C., MORÁN-TEJEDA E., 2012 – Accurate computation of a streamflow drought index. *Journal of Hydrologic Engineering*, **17**(2), pp. 318-332.
- YEVJEVICH V.M., 1967 – *An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts*. Vol. 23, p. 25, Colorado State University, Fort Collins, USA.



Riccardo Rondelli*[†], Sergio Magnani*

***Schizechinus serialis* (Pomel, 1869) nel Pliocene della Valle del Panaro ed altri echinoidi pliocenici dell'Appennino modenese**

Riassunto

Schizechinus serialis è un echinoide ben documentato da numerosi resti fossili, con distribuzione stratigrafica compresa tra il Miocene e il Pleistocene. Durante il Plio-Pleistocene questo echinoide era diffuso nel Mediterraneo, dimostrandosi resistente al deterioramento climatico che iniziò verso la fine del Piacenziano. Nonostante le numerose segnalazioni per il Plio-Pleistocene dell'Emilia, principalmente provenienti dalle province di Piacenza, Parma e Reggio Emilia, non sono mai stati segnalati ritrovamenti per la provincia di Modena. La recente identificazione di esemplari di *Schizechinus serialis* nelle collezioni paleontologiche del Museo Civico di Vignola e del Museo Civico di Ecologia e Storia Naturale di Marano sul Panaro, rappresenta dunque una novità per il Pliocene modenese. *Schizechinus serialis* si va ad aggiungere pertanto all'echinofauna pliocenica della provincia di Modena, di cui viene proposta una sintesi aggiornata di 19 specie. *Schizechinus serialis* ed altri echinoidi identificati nella Formazione delle Argille Azzurre, afferenti alla Successione Neogenico-Quaternaria della valle del Fiume Panaro, conferma quanto definito da precedenti studi paleoambientali sulla Formazione delle Argille Azzurre affiorante nell'area.

Abstract

***Schizechinus serialis* (Pomel, 1869) in the Pliocene of the Panaro Valley (Modena Apennines, Italy).** *Schizechinus serialis* is an echinoid well documented by numerous fossil remains, with stratigraphic distribution between the Miocene and the Pleistocene. During the Plio-Pleistocene, this echinoid was present in the Mediterranean, proving to be resistant to climate deterioration beginning towards the end of the Piacentian. Notwithstanding numerous reports for the Plio-Pleistocene of Emilia – mainly from the provinces of Piacenza, Parma and Reggio Emilia – no findings have ever been reported for the province of Modena. The recent identification of specimens of *Schizechinus serialis* in the paleontological collections of the Civic Museum of Vignola and the Civic Museum of Ecology and Natural History of Marano sul Panaro is therefore a novelty for the Pliocene of Modena

* Società Reggiana di Scienze Naturali “C. Iacchetti”, c/o Via F.P. Tosti 1, 42124 REGGIO EMILIA; e-mail: ricca90.rr@gmail.com.

[†] “Al Palèsi Amici del Museo”, Museo Civico di Vignola “Augusta Redorici Roffi”, Via J. Cantelli 4, 41058 VIGNOLA (MO); e-mail: alpalesi.vignola@libero.it.

province. *Schizechinus serialis* is here added to the Pliocene echinofauna of Modena province, of which an updated synthesis of 19 species is proposed. The association of *Schizechinus serialis* and other echinoids in the Blue Clay Formation, pertaining to the Neogene Quaternary Succession of the Panaro Valley, confirms what was defined by previous paleo-environmental studies on this formation cropping out in the study area.

Parole chiave: *Schizechinus serialis*, Echinoidi, Formazione delle Argille Azzurre, Appennino settentrionale

Keywords: *Schizechinus serialis*, Echinoids, Blue Clay Formation, Northern Apennines, Italy

1. Introduzione

Schizechinus Pomel, 1869 è un genere di echinoide la cui posizione sistematica è ancora oggi incerta e molto dibattuta (Kroh & Smith, 2006; Kroh & Mooi, 2025). Il primo a descrivere una specie, successivamente inserita nel genere *Schizechinus*, fu Wright (1855) che istituì *Echinus duciei* per il Miocene di Malta. In seguito Pomel (1869) introdusse il genere *Schizechinus* per un gruppo di quattro specie originariamente attribuite a *Psammechinus*. La grande confusione che si generò in seguito (Manzoni, 1880; Pomel, 1883, 1887; Cottreau *et al.*, 1891; Stefanini, 1908a; Cottreau, 1913; Lambert & Thiery, 1914; Checchia Rispoli, 1916; Mortensen, 1943; Phillippe, 1998; Kroh, 2005; Kroh & Smith, 2006) fu alimentata dalla mancata designazione, da parte di Pomel (1869), della specie-tipo del genere tra quelle da lui descritte. Tre delle quattro specie menzionate da Pomel (1869) erano infatti forme viventi che si distanziavano notevolmente dall'attuale definizione di *Schizechinus*. Per risolvere questa ambiguità Kroh & Smith (2006) proposero di denominare *Schizechinus serresii* (Desor, 1856) come specie tipo del genere al posto di *Echinus serresii* (Des Moulins, 1837). Tale variazione fu però rifiutata dall'ICZN (2008), lasciando il problema tutt'ora irrisolto.

Attualmente l'utilizzo del genere *Schizechinus* rimane limitato ad un piccolo gruppo di echinoidi fossili, con distribuzione stratigrafica compresa tra il Miocene e il Pleistocene del Mediterraneo (Kier, 1972; McNamara & Kendrick, 1994). Nell'areale del Mediterraneo il genere *Schizechinus* è comparso nel Miocene così come nella vicina Paratetide e nel Medio Oriente (Wright, 1855; Desor, 1856; Laube, 1869; Pomel, 1887; Lambert, 1907; Kier, 1972; Borghi *et al.*, 2017b). Durante il Pliocene e il Pleistocene questo echinoide era ancora diffuso nell'areale, dimostrandosi resistente al deterioramento climatico che iniziò a far sentire i suoi effetti verso la fine del Piacenziano (Pomel, 1887; Lambert, 1910, 1931; Smith & Kroh, 2011; Borghi *et al.*, 2017b). La sua presenza è stata ancora accertata nel Calabrian inferiore di Emilia, Puglia

e Sicilia. La scomparsa di *Schizechinus*, probabilmente imputabile ai cambiamenti climatici, avvenne in concomitanza con l'ingresso nel Mediterraneo di *Sphaerechinus granularis* dall'Atlantico nord-orientale; echinoide più adatto alle mutate condizioni ambientali. *Schizechinus* è stato uno degli echinoidi più diffusi nel Pliocene e Pleistocene dell'Emilia (Borghi, 1993; Borghi *et al.*, 2017b), dove è segnalato in numerose località (Fig. 1).

Sulla base di caratteri omogenei quali: la grande taglia della teca, le ridotte dimensioni dei tubercoli principali, generalmente organizzati in serie regolari ed omogenee, Borghi *et al.* (2017b) hanno confermato la presenza di *Schizechinus serialis* nel Plio-Pleistocene dell'Emilia e del Lazio. Nonostante tali studi non esistano segnalazioni di questo echinoide per la provincia di Modena. Lo scopo della corrente nota è stato dunque quello di esaminare gli esemplari conservati presso il Museo Civico di Vignola e dare segnalazione di questo echinoide nel Pliocene dell'Appennino modenese, oltre che approfondire l'inquadramento paleoecologico degli echinoidi fossili derivati dalla Successione Neogenico-Quaternaria della valle del Fiume Panaro. Verrà inoltre proposta una revisione degli echinoidi pliocenici della provincia di Modena.

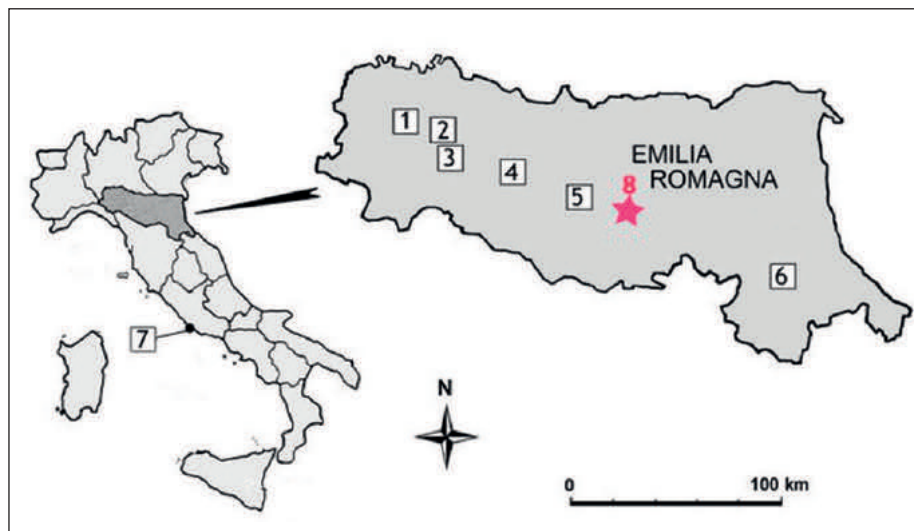


Fig. 1 – Località di ritrovamento di *Schizechinus serialis* nel Pliocene e Pleistocene italiano. 1) Torrente Arda, Castell'Arquato (PC), Gelasiano; 2) Torrente Stirone e Rio Gisolo presso Salsomaggiore (PR), Gelasiano-Calabriano; 3) Cava di Campore, Salsomaggiore (PR), Piacenziano; 4) Torrente Enza, San Polo (RE), Calabriano; 5) San Valentino (RE), Piacenziano; 6) Castrocaro (FC), Zancleano; 7) Anzio (RM) Gelasiano; 8) Fiume Panaro, Vignola e Marano s/P (MO), Zancleano e Piacenziano (modificato da Borghi *et al.*, 2017b).

2. Inquadramento geologico della bassa valle del Fiume Panaro

Nella valle del Panaro la base della Successione Neogenico-Quaternaria (Fig. 2) è costituita da sedimenti argilloso-limosi, appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre, che appoggiano in discordanza sul substrato ligure, in questo caso rappresentato dalla Formazione delle Argille a Palombini appartenenti ai Complessi di base cretacei (Ricci Lucchi *et al.*, 1982; Gasperi *et al.*, 2005). Questo contatto trasgressivo, osservabile nella valle del Panaro appena a monte della briglia posta a nord del ponte di Marano, è dovuto al ripristino di condizioni marine stabili dopo il collasso della soglia di Gibilterra avvenuto al termine della crisi di salinità del Messiniano (Garcia-Castellanos *et al.*, 2009). A testimonianza di ciò, nelle Argille a Palombini affioranti presso Marano sul Panaro sono osservabili blocchi calcarei compenetrati da litodomi e alcuni metri di depositi conglomeratico-sabbiosi di spiaggia ricchi di molluschi (Catellani & Corradini, 1990). Proseguendo a valle di Marano s/P nell'alveo del Panaro affiora in modo continuo, per una lunghezza di circa 4 km, la Successione Neogenico-Quaternaria. Tale successione, descritta in vari studi (Cremonini & Ricci Lucchi, 1982; Catellani & Corradini, 1990), è venuta a giorno in conseguenza dei fenomeni erosivi che a partire dagli anni '70 del secolo scorso hanno interessato vari corsi d'acqua del Pedepennino emiliano.

La formazione più antica di questa successione è costituita dalle plioceniche Argille Azzurre (Vai, 1987); deposte all'interno del Bacino Padano con ingenti spessori di argille limose massive bioturbate con malacofauna, alternate a più sottili strati costituiti da sabbie fini. Questa unità litostratigrafica è ampiamente affiorante, principalmente in grandi bacini calanchivi dal tipico colore grigio-azzurro, lungo tutto il margine adriatico dell'Appennino. All'interno delle Argille Azzurre è stata descritta da diversi Autori, nel tempo, un'abbondante fauna fossile per il Pedepennino modenese, bolognese e reggiano (Coppi, 1869, 1881; Foresti, 1874; Pantanelli, 1893; Marasti & Raffi, 1977; Fornaciari, 1997; Santi, 1988; Catellani & Corradini, 1990; Borghi, 2001; Garassino & De Angeli, 2004; Bertolaso & Garilli, 2009; Bertolaso *et al.*, 2009; Soldati *et al.*, 2009; De Angeli *et al.*, 2011; Pasini & Garassino, 2012; Giansante, 2015; Vescogni *et al.*, 2018; Borghi M., 2020, 2021a, b; Borghi *et al.*, 2022; Graziosi, 2022; Bisconti *et al.*, 2023; Rondelli *et al.*, 2023, 2025; Rondelli, 2025a, b).

Nell'alveo del Panaro le Argille Azzurre sono rappresentate da sedimenti poco o nulla stratificati, ricchi di malacofauna fossile. A valle di Marano sul Panaro si osserva un progressivo aumento della frazione pelitica, che diviene via via predominante nel tratto tra Ca' Ghiarelli e Zinzano. Il primo affioramento di interesse, per aver restituito due dei campioni oggetto di studio (MCV1038 e MCV1039), è ubicato presso Marano s/P sotto la prima briglia posta in protezione del ponte che conduce a Guiglia. Presso tale affioramento, ormai completamente asportato dalla dinamica fluviale, erano presenti banchi

sabbiosi con molluschi quali: *Spisula subtruncata*, *Macra corallina*, *Chamelea gallina*, *Glycymeris* sp., *Venus multilamella*, *Pelecypora islandicoides*, *Glossus humanus* e *Amusium cristatum*. Questa associazione è stata interpretata (Catellani & Corradini, 1990) come indicativa di un ambiente di spiaggia sommersa. Alla base della seconda briglia di Marano, più a valle di quella sopra, gli strati pelitico-sabbiosi sono caratterizzati da *Corbula gibba*, *Ditrupa cornea*, *Amyclina italica*, *Turritella spirata* e *Lunatia helicina*. Questa associazione risulta indicativa di un ambiente instabile, più profondo rispetto a quello descritto per l'affioramento più a monte. Compatibilmente con un modello paleogeografico, che prevede l'esistenza di un fondale che degrada progressivamente tra Marano e Vignola, si assiste alla transizione da depositi maggiormente litoranei ad un ambiente circalitorale. La località nella quale la fauna è più ricca e variegata, anche se molto simile a quella presente sotto la prima briglia di Marano, si rinviene nell'alveo del fiume presso Vignola nell'affioramento di Ponte Muratori. Le argille sabbiose piacentiane affioranti in questa località, depostesi circa 2,6 milioni di anni fa in un mare sub-tropicale profondo all'incirca una cinquantina di metri (Vescogni *et al.*, 2018), si sono rivelate particolarmente ricche di malacofauna fossile costituita da 42 specie di bivalvi, 79 gasteropodi, 1 scafopode, echinoidi (vedi Cap. 6), coralli solitari appartenenti al genere *Flabellum*, granchi fossili come *Cancer sismondai* (Santi, 1998) e denti di squalo di *Carcharodon carcharias* (Rondelli, 2025a). Dall'affioramento di Ponte Muratori proviene uno degli echinoidi studiati nella corrente nota (MCV930).

L'ambiente deposizionale identificato per questo affioramento, nel quale sono presenti faune ad affinità ambientale differente mescolate tra loro, è quello di un fondale già discretamente profondo e scarsamente influenzato del moto ondoso. Questo antico ambiente sedimentario era tuttavia condizionato da varie correnti, piene fluviali e forti burrasche che trasportavano clasti e bioclasti dai livelli superiori della spiaggia sommersa al suo interno. Nei corpi sigmoidali detritici diffusamente osservabili nel greto del Panaro, la cui particolare geometria indica la presenza di un fondale originariamente inclinato che faceva da collegamento fra la linea di costa e le zone più profonde del bacino, sono stati trovati nel tempo alcuni reperti fossili eccezionali per il Modenese, oggi conservati presso il Museo Civico di Vignola. Il primo di questi ritrovamenti fu effettuato nel novembre del 1987 da Renato Berselli, il quale trovò una mandibola di tapiro appartenente a *Tapirus arvernensis* (Sala *et al.*, 1990; Giansante, 2015). In seguito nel 1994 Alessandro Vescogni trovò alcune ossa appartenenti ad un cetaceo, recentemente attribuito a *Balaenoptera* sp. (Graziosi, 2022; Rondelli, 2025b). Poco a valle del ponte della ferrovia di Vignola la successione pliocenica si interrompe con la presenza di un piccolo spessore di peliti appartenenti alla miocenica Formazione a Colombacci depostasi in ambiente lagunare e salmastro. Oltre questo limitato affioramento, la successione pliocenica riprende con argille di ambiente

circalitorale e batiale, interessato dalla presenza di molluschi come *Anadara diluvii*, *Limopsis aurita*, *Xenophora testigera*, *Amyclina italica*, *Mitrella nassoides* e *Dentalium rectum* (Catellani & Corradini, 1990).

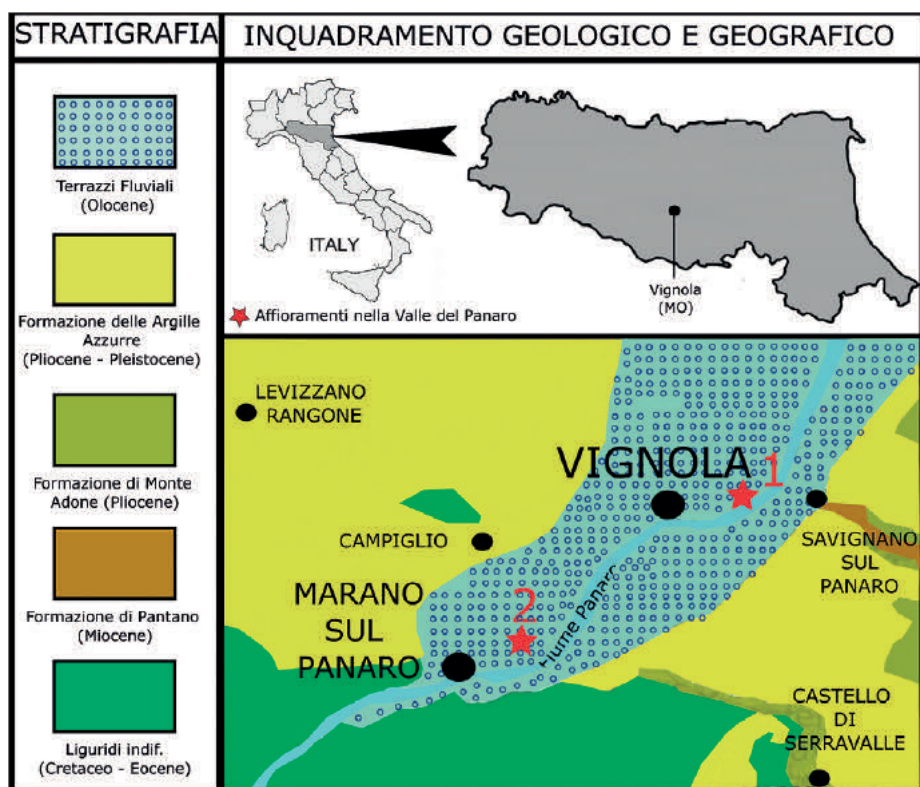


Fig. 2 – Inquadramento geologico semplificato del tratto pedemontano del Panaro nell'Appennino modenese. 1) Affioramento di Ponte Muratori presso Vignola; 2) Affioramento presso Marano s/P (modificato da Gasperi et al., 2005; cfr. Rondelli, 2025a).

Più a valle, senza apparente soluzione di continuità, avviene la transizione ai depositi quaternari fra Casa Santa Croce e Specola. Presso il tetto dei depositi marini sono presenti alcuni sottili livelli detritici interessati dalla presenza di: *Turritella tricarinata*, *Ostrea edulis*, *Chlamys opercularis*, *Spisula subtruncata* ed echinoidi come *Brissopsis* sp. in posizione di vita (Catellani & Corradini, 1990). Presso Bocchirolo un potente banco formato da argille limose di colore verde-nerastro si intercala alle peliti grigio-azzurre. All'interno di questa porzione pleistocenica di successione, nell'autunno del 1980 un

elefante fossile attribuito a *Mammuthus meridionalis* e risalente a 700.000 anni fa è stato ritrovato nell'alveo del Panaro (Catellani & Corradini, 1990; Parea, 2015). Con questi sedimenti termina la successione marina. La Successione Neogenico-Quaternaria della valle del Panaro è infatti chiusa da depositi continentali sabbiosi e ghiaiosi, potenti circa una cinquantina di metri, testimonianti la definitiva emersione della Pianura Padana.

3. Materiali, metodi e note sulla classificazione

La ricerca ha riguardato il materiale paleontologico conservato presso il Museo Civico di Vignola, costituito da tre echinoidi inventariati con i numeri di catalogo MCV1038 e MCV1039, provenienti dagli affioramenti pliocenici di Marano sul Panaro, e un campione, inventariato con numero di catalogo MCV930, proveniente dall'affioramento di Ponte Muratori a Vignola. Lo studio è stato eseguito seguendo metodologie affini a quelle applicate da Borghi *et al.* (2017b). Nella corrente nota è stato scelto di effettuare misurazioni solamente sui parametri D, Da, Dp, H, nA e nIA. La scelta di concentrarsi solamente su tali parametri, generalmente i più significativi, deriva dal fatto che altri parametri presentano una grande variabilità tra i diversi individui della stessa specie, come evidenziato in Borghi *et al.* (2017b), non risultando quindi significativi. Le misure sui campioni (Tab. 1) sono state effettuate utilizzando un calibro con precisione di 0,1 mm. Dato lo scarso grado di conservazione degli esemplari in esame, verrà descritto solamente il campione MCV1038 che presenta tutti i caratteri per una corretta attribuzione specifica.

Per l'analisi degli echinoidi pliocenici dell'Appennino modenese sono stati presi in esame anche gli echinoidi conservati presso il Museo Civico di Ecologia e Storia Naturale di Marano s/P.

- Nella Tab. 1 le abbreviazioni indicano rispettivamente:
D: diametro della teca
Da: diametro dell'apparato apicale (misurato lungo l'asse III-5)
Dp: diametro del peristoma
H: altezza della teca
nA: numero massimo di piastre nelle colonne ambulacrali
nIA: numero massimo di piastre nelle colonne interambulacrali.

Tab. 1 – Misure effettuate sull'echinoide analizzato.

<i>Schizechinus serialis</i> (Pomel, 1887)	D (mm)	H/D (%)	Da/D (%)	Dp/D (%)	nA	nIA
MCV1038	55	63	18	-	40	28

4.1 Paleontologia sistematica

Famiglia: *Toxopneustidae* (Troschel, 1872)

Genere: *Schizechinus* (Pomel, 1869)

Schizechinus serialis (Pomel, 1887)

Materiale analizzato: 3 campioni (MCV930, MCV1038, MCV1039)

1880 *Echinus hungaricus* (Laube) – Manzoni: 330-331.

1887 *Anapesus serialis* (Pomel) – Pomel: 303-304, tav. 4, figg. 1-7.

1897 *Echinus hungaricus* (Laube) – Vinassa De Regny: 147.

1916 *Lythechinus* (*Schizechinus*) *chateleti* (Lambert) – Checchia Rispoli: 236-237, tav. 27, figg. 2-5.

1923 *Lythechinus serialis* (Pomel) – Checchia Rispoli: 16-17, tav. 1, figg. 2-4, tav. 2, figg. 1-3.

2017b *Schizechinus serialis* (Pomel) – Borghi *et al.*: tavv. 1, 2, 3, 5.

4.2 Distribuzione stratigrafica

Schizechinus serialis è noto nel Mediterraneo tra Miocene e Pleistocene (Calabriano) (Wright, 1855; Desor, 1856; Laube, 1869; Pomel, 1887; Manzoni, 1880; Vinassa de Regny, 1897; Lambert, 1907, 1910, 1931; Checchia Rispoli, 1913, 1923; Kier, 1972; Borghi, 1993; Smith & Kroh, 2011; Borghi *et al.*, 2017b).

4.3 Descrizione e classificazione dei campioni

La teca dell'echinoide analizzato è di notevoli dimensioni, dal profilo emisferico e, nonostante i notevoli schiacciamenti subiti, dal contorno subcircolare. Non è stato possibile esaminare la faccia orale in quanto il campione si presenta ancora sulla propria matrice originale. L'apparato apicale risulta mal conservato. I tubercoli primari, uno per ogni piastra sia nelle aree ambulacrali che interambulacrali, formano serie regolari verticali che vanno dall'apice sino al peristoma. I tubercoli secondari formano una serie regolare, sia verticale che orizzontale, negli ambulacri e negli interambulacri. I tubercoli formano una sola serie orizzontale in ogni piastra. Una granulazione fine, sviluppata soprattutto sulla faccia orale, si concentra attorno ai tubercoli principali e presso le suture orizzontali. Le caratteristiche sopra descritte, come tubercoli primari e secondari principali poco voluminosi, in proporzione alle dimensioni della piastra che li contiene, e disposti in serie regolari e omogenee, sia verticali che orizzontali, oltre alla granulazione fine disposta attorno ai tubercoli principali e lungo la sutura adapicale delle piastre, sono parametri riconosciuti da Borghi *et al.* (2017b) per *Schizechinus serialis*, a cui vengono assegnati i campioni in esame nella corrente nota.

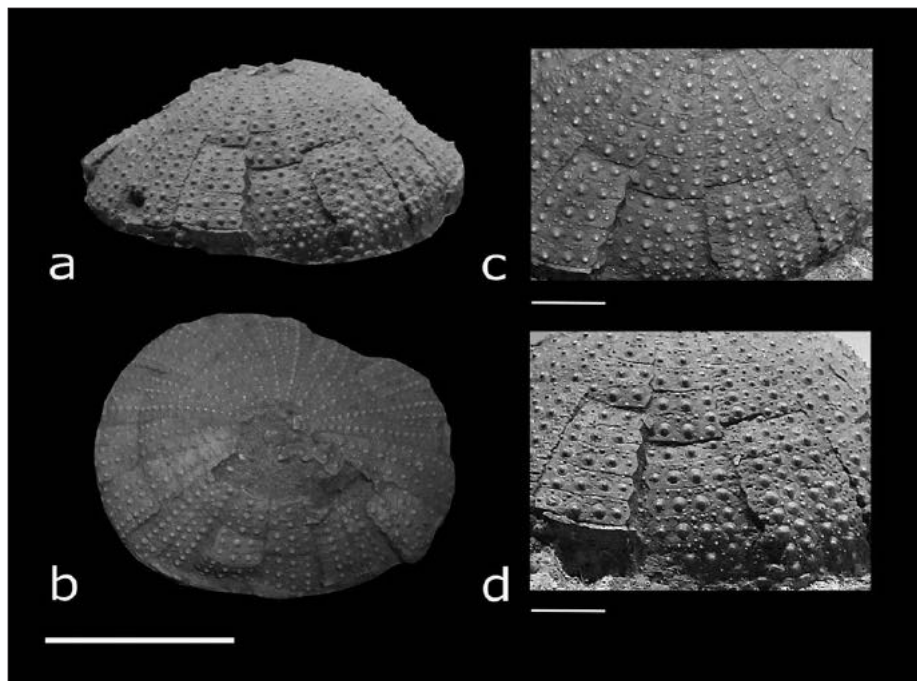


Fig. 3 – *Schizechinus serialis* (MCV1038) dal Pliocene di Marano s/P; a) vista laterale; b) vista aborale, scala 4 cm; c) particolare della tubercolazione ambulacrale apicale, scala 8 mm; d) particolare della tubercolazione interambulacrale, scala 8 mm.

5. Paleoecologia degli echinoidi pliocenici della Valle del Panaro

L'affioramento di Ponte Muratori, oltre a tutta la Successione Neogenico-Quaternaria della valle del Panaro, rappresentava una delle emergenze geologiche e paleontologiche più importanti della provincia di Modena prima della notevole erosione di origine antropica che ha interessato negli ultimi decenni il Panaro. Solo nell'affioramento di Ponte Muratori sono infatti state riconosciute 122 specie di molluschi (42 bivalvi, 79 gasteropodi, 1 scafopode; Vescogni *et al.*, 2018). I fossili predominanti sono rappresentati dai bivalvi come *Flabellipecten flabelliformis*, *Pecten jacobaeus*, *Achantocardia echinata*, *Glossus humanus*, *Pelecypora brocchi*, *Aequipecten scabrella*, *Glycymeris inflata* e *Amusium cristatum*. Essi sono spesso disarticolati e associati a colonie di *Ostrea edulis*, *Modiolus adriaticus*, *Atrina pectinata* ed al brachiopode *Terebratula ampulla*. I gasteropodi più significativi sono *Natica tigrina*, *Neverita josephina*, *Conus*

striatulus, *Conus antidiluvianus*, *Bathytoma cataphracta*, *Gemmula contigua* e *Aphorrais pespelecani*. Tra le specie di gasteropodi spiccano, anche per le dimensioni che raggiungono, il muricide *Bolinus brandaris* e *Ficus geometra*. La famiglia delle *Ranellidae* è ben rappresentata con la specie *Ranella olearia*; mentre il genere *Cymatium* è rappresentato dalle specie *Cymatium parthenopeum*, *Cymatium corrugatum*, *Cymatium doderleini* e *Charonia (Sassia) apenninica*. *Charonia nodosa*, specie di grandi dimensioni, è presente con un solo esemplare, conservato nelle collezioni del Museo Civico di Vignola, proveniente da sedimentazioni affioranti tra le due briglie di Marano s/P. La famiglia *Terebridae*, rappresentata principalmente da *Terebra acuminata* e *Terebra reticularis*, è considerata un ottimo indicatore paleoclimatico di temperature superficiali non inferiori a 15-18 °C (Davoli, 1976). Il genere *Subula* è rappresentato da *Subula fuscata*, mollusco estremamente adattabile alle variazioni di salinità. Della superfamiglia *Mitroidea*, attualmente vivente in acque da tropicali a temperate, è presente *Mitra astensis*; mentre dell'ordine *Cancilla* sono presenti *Cancilla scrobiculata*, *Cancilla (Ziba) fusulus* e *Cancilla planicostata*. Per la famiglia *Costellariidae* la specie *Vexillum ebenus* var. *plicatula* sembra essere l'unica rappresentante di questo genere a Vignola. Gli scafopodi sono rappresentati solamente da *Dentalium sexangulum*. Per la Successione Neogenico-Quaternaria della valle del Panaro sono noti anche resti di cetaceo (Graziosi, 2022; Rondelli, 2025b), vertebrati continentali (Sala *et al.*, 1990; Catellani & Corradini, 1990; Giansante, 2015; Parea, 2015), granchi appartenenti a *Cancer sismondai* (Santi, 1998) e denti di *Carcharodon carcharias* (Rondelli, 2025a). In tale contesto paleoecologico va ad inserirsi l'echinoide *Schizechinus*, considerato tipico dell'ambiente infralitorale (Guardiani, 1993; Fornaciari, 1997; Dominici, 2001; Kroh, 2005; Bajo *et al.*, 2008). L'echinoide oggi più affine a *Schizechinus* è *Lytechinus variegatus* (Fig. 4). Questo echinoide, che può raggiungere dimensioni fino a 100 mm di diametro, vive in nutrite comunità nell'Oceano Atlantico Occidentale e nei Caraibi, frequentando preferenzialmente i fondali fangosi e sabbiosi, a profondità comprese tra 30 e 40 m. Questo echinoide possiede tuttavia una ampia estensione batimetrica; lo si può trovare infatti anche sui fondali costieri, dove si ciba, come detritivoro, di resti organici (Watts *et al.*, 2007).

Un simile inquadramento paleoambientale è coerente con precedenti studi riguardanti la Successione Neogenico-Quaternaria della valle del Panaro. Presso Marano s/P Catellani & Corradini (1990) riconobbero infatti un ambiente di spiaggia sommersa, che digradava verso valle in un ambiente circalitorale. Presso l'affioramento di Ponte Muratori a Vignola Vescogni *et al.* (2018) riconobbero invece un ambiente con una profondità di circa 50 m, condizioni di salinità normale e un clima subtropicale. L'inquadramento paleoecologico dei due siti di ritrovamento degli echinoidi conservati al Museo Civico di Vignola è coerente con quello di *Schizechinus serialis*. Nell'originario ambiente in cui si sono deposte

le argille plioceniche della valle del Panaro, assieme a *Schizechinus serialis*, era presente anche *Ova canalifera* (Fig. 5), echinoide che attualmente vive nel Mediterraneo tra 9 e 100 m di profondità in fondali melmosi o sabbiosi (Mortensen, 1951), con massima frequenza tra 20-30 m (Kohler, 1927). Nel Plio-Pleistocene dell'Emilia questa specie è presente sia in sedimenti limosi che limo-sabbiosi dell'infralitorale e del circolitorale superiore (Fornaciari, 1977; Guardiani, 1993). Tale inquadramento paleoambientale viene confermato anche per i depositi della valle del Panaro. È utile inoltre aggiungere che *Stylocidaris affinis*, specie endemica del Mediterraneo, e *Cidaris cidaris*, di cui sono state osservate spine isolate presso l'affioramento di Ponte Muratori a Vignola (Fig. 6; vedi Cap. 6), abitano abitualmente su fondali molli da 30 fino a 1000 m di profondità (Borghi, 1999).

L'identificazione di *Brissopsis* sp. (Catellani & Corradini, 1990), genere di echinoide tipico di acque profonde fino a 1500 m (Tortonese, 1965), conferma la maggiore profondità, per gli affioramenti pliocenici posti a valle dell'abitato di Vignola, già ipotizzata da Catellani & Corradini (1990) per i depositi pliocenici più settentrionali della Successione Neogenico-Quaternaria della valle del Panaro.

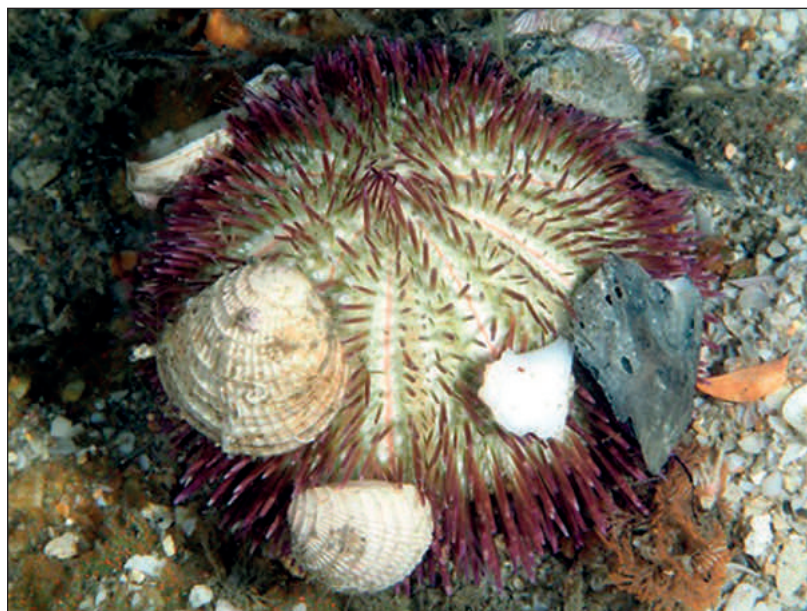


Fig. 4 – *Lytechinus variegatus*: si nota che l'echinoide è ricoperto da gusci di bivalvi o da clasti recuperati dal fondale. Questo comportamento, tipico degli esemplari che frequentano gli ambienti più superficiali, viene attuato allo scopo di difendersi dalla luce solare più intensa e dai raggi ultravioletti (da <https://reefguide.org/keys/pixhtml/variegatedurchin4.html>).

6. Echinoidi pliocenici del Modenese

Il Modenese è una provincia nota per le “ricche” associazioni di echinoidi fossili miocenici, rinvenute principalmente all'interno della Formazione di Pantano (Burdigaliano sup.-Langhiano inf.; Mazzetti, 1872, 1874, 1879, 1881a, 1881b, 1896; Manzoni & Mazzetti, 1878, Manzoni, 1879, 1880, 1881; Coppi, 1884, Mazzetti & Pantanelli, 1885, 1887, Stefanini, 1908b, 1909; Nelli, 1910; Laureri, 1963; Borghi, 2012, 2013, 2019; Borghi & Stara, 2016, 2020; Borghi *et al.*, 2017a; Borghi & Magnani, 2020; Borghi & Battilani, 2021; Rondelli, 2022a, 2022b, 2023a, 2023b, 2024b, Rondelli & Battilani, 2023, 2024; Rondelli & Borghi, 2025) e più scarsamente nella Formazione del Termina (Serravalliano-Tortoniano; Landi, 1929; Rondelli *et al.*, 2025b). Il declino degli echinoidi miocenici del Mediterraneo cominciò nel Messiniano inferiore, culminando poi con la probabile scomparsa totale del gruppo dal bacino nella fase detta di lago-mare del Messiniano terminale (Agiadi *et al.*, 2024a,b). A partire dallo Zancleano si assistette al rientro attraverso lo stretto di Gibilterra di numerose specie ad affinità atlantica molte delle quali già presenti nel Mediterraneo prima della crisi di salinità del Messiniano (Borghi & Garilli, 2022).

In questo contesto gli echinoidi Plio-Pleistocenici del Modenese sono limitati a campioni, trovati da P. Doderlein e F. Coppi, oggi conservati presso le collezioni paleontologiche dell'Università di Modena e Reggio Emilia. I primi studi riguardanti questa fauna fossile si devono a Landi (1929) che segnalò, provenienti da località poste appena a monte di Maranello, Fiorano Modenese e Sassuolo, echinoidi come: *Psammechinus* sp. da Bagalo e Nicciola, *Echinus* sp. dalla Tagliata, *Echinus batheri* da Cianca e Fossetta (considerato nella corrente nota *Echinus* sp., data la presenza nel Pliocene del Mediterraneo di *Echinus melo* e *Gracilechinus acutus* distinguibili solo con porzioni estese della teca), *Sphaerechinus* sp. da Cianca, Fossetta, Bagalo e Nicciola (specie non considerata valida per il Pliocene perché entrata solo successivamente (Calabrian) nel Mediterraneo (Borghi & Garilli, 2022), facilmente scambiata con *Schizechinus* o *Echinus*), *Echinocyamus pusillus* dalla Tagliata, *Echinolampas* sp. da Cianca e Fossetta, *Brissopsis* sp. da Cianca e Fossetta [nel Pliocene del Mediterraneo sono presenti *B. lyrifera* (più abbondante) e *B. atlantica* (scarsa) distinguibili solo con estese porzioni della teca] e *Spatangus purpureus* da Cianca e Fossetta [per la corrente nota considerato come *Spatangus* sp. data la presenza nel Pliocene del Mediterraneo di *S. purpureus* e *S. subinermis* (Stara *et al.*, 2023) distinguibili unicamente su porzioni estese della teca].

Per quanto riguarda l'attribuzione a *Dorocidaris papillat* va sottolineato che, come riportato anche da Borghi (1999), esso rappresenta un contenitore che anticamente è stato utilizzato data la difficoltà nel classificare i cidaridi sulla base di spine e piastre isolate. Non è possibile dunque discriminare, viste

le difficoltà nella classificazione di aculei frammentari come quelli figurati da Landi (1929), tra *Cidaris cidaris* e *Stylocidaris affinis*, due specie che sono sicuramente presenti nel Pliocene dell'Emilia (Borghi, 1999).

Le attribuzioni di Landi (1929) vengono dunque interpretate come segue: *Cidaris limaria* da Cianca e Fossetta (considerato nella corrente nota come probabile *Cidaris cidaris* e/o *Stylocidaris affinis*), *Dorocidaris papillata* da Cianca e Fossetta (considerato nella corrente nota come probabile *Cidaris cidaris* e/o *Stylocidaris affinis*), *Dorocidaris mingaudi* da Cianca e Fossetta (considerato nella corrente nota come probabile *Cidaris cidaris* e/o *Stylocidaris affinis*), *Cidaris margaritifera* da Cianca, Fossetta e Bagolo (echinoide affine all'attuale *Cidaris rugosa* endemico dell'Atlantico), *Histocidaris rosaria* da Cianca e Fossetta, *Eucidaris desmoulinsi* da Cianca e Fossetta [viene mantenuta tale attribuzione nonostante in un lavoro recente (Madeira *et al.*, 2011) sia stata messa in dubbio la validità di questa specie, assegnata invece a *Eucidaris tribuloides*]. A queste segnalazioni si aggiungono quelle di *Brissopsis* sp. (Catellani & Corradini, 1990) per i depositi affioranti a valle di Vignola e di aculei di *Cidaris cidaris* e/o *Stylocidaris affinis* provenienti dall'affioramento di Ponte Muratori di Vignola. Per i depositi pliocenici inferiori del Fiume Secchia a San Michele dei Mucchietti sono stati descritti invece (Borghi *et al.*, 2022; Rondelli *et al.*, 2023): *Mazettia paretii*, *Schizaster braidensis*, *Brissopsis lyrifera*, *Holanthus ovatus*, *Centrostephanus* cfr. *longispinus*, *Cidaris margaritifera*, *Echinocyamus pusillus*, *Eucidaris desmoulinsi*, *Histocidaris rosaria*, *Psammechinus* sp.



Fig. 5 – Ova canalifera dal Pliocene di Ponte Muratori di Vignola conservata presso il Museo di Ecologia e Storia Naturale di Marano s/P, scala 2 cm (collezione Brandoli; n. di inventario 423)

Allo scopo di integrare la conoscenza echinologica pliocenica del Modenese si è ritenuta opportuna un'analisi del materiale paleontologico conservato presso il Museo Civico di Vignola e Museo Civico di Ecologia e Storia Naturale di Marano s/P. Presso quest'ultimo sono conservati un esemplare di *Schizechinus serialis* (collezione Brandoli, numero di inventario 500), proveniente dalla valle del Rio Chianca, ed uno di *Ova canalifera* proveniente dall'affioramento di Ponte Muratori di Vignola (collezione Brandoli, numero di inventario 423; Fig. 5). Presso il Museo Civico di Vignola è presente un'*Ova canalifera* (MCV 833) proveniente sempre da Ponte Muratori. *Ova canalifera* è segnalato anche per le Argille Azzurre, afferenti però al Calabriano (Pleistocene), affioranti lungo il Torrente Tiepido nei pressi di Gorzano di Maranello (Borghi, 2020).

Gli echinoidi pliocenici della provincia di Modena vengono identificata in 19 specie. Essi risultano dunque decisamente meno abbondanti delle associazioni mioceniche della Formazione di Pantano delle province di Modena e Reggio Emilia, caratterizzate da 42 specie rappresentate principalmente da echinoidi irregolari e solo in minor parte da echinoidi regolari (Borghi, 2012, 2013, 2019; Borghi & Stara, 2016, 2020; Borghi *et al.*, 2017a; Borghi & Magnani, 2020; Borghi & Battilani, 2021; Rondelli, 2022a, 2022b, 2023a, 2023b, 2024b, Rondelli & Battilani, 2023). Nell'associazione pliocenica del Modenese si denota inoltre un maggiore equilibrio tra il numero di specie di echinoidi irregolari e regolari.

7. Conclusioni

Nella corrente nota sono segnalati per la prima volta echinoidi fossili nel Pliocene dell'Appennino modenese, riconducibili all'estinto *Schizechinus serialis*. Tale segnalazione conferma come questo echinoide sia abbondante e ricorrente nei depositi pliocenici dell'Emilia. Per il Modenese sono stati identificati esemplari provenienti dalla Formazione delle Argille Azzurre plio-pleistoceniche di Vignola e Marano s/P, oltre che per il Pedepennino a monte di Fiorano Modenese (Rio Chianca). Per l'affioramento pliocenico di Ponte Muratori, oltre che per la Successione Neogenico-Quaternaria della valle del Panaro, viene identificata una associazione echinologica composta da *Schizechinus serialis*, *Cidaris cidaris*, *Stylocidaris affinis*, *Brissopsis* sp. ed *Ova canalifera*.

L'inquadramento paleoambientale di *Schizechinus serialis*, generalmente tipico di fondali costieri poco profondi, è coerente con precedenti studi (Cattellani & Corradini, 1990; Vescogni *et al.*, 2018) che si erano occupati dei depositi pliocenici della valle del Panaro. Gli echinoidi pliocenici del Modenese vengono ricondotti a 19 specie: *Schizechinus serialis*, *Ova canalifera*,

Mazettia paretii, *Schizaster braidensis*, *Brissopsis lyrifera*, *Holanthus ovatus*, *Centrostephanus* cfr. *longispinus*, *Histocidaris rosaria*, *Eucidaris desmoulini*, *Cidaris cidaris*, *Stylocidaris affinis*, *Cidaris margaritifera*, *Echinocyamus pusillus*, *Brissopsis* sp., *Psammechinus* sp., *Echinus* sp., *Sphaerechinus* sp., *Echinolampas* sp. e *Spatangus* sp. Gli echinoidi pliocenici della provincia di Modena si sono rivelati più poveri, come diversità specifica, rispetto all'associazione miocenica della Formazione di Pantano, oltre a dimostrare una minore differenza tra abbondanza di echinoidi irregolari e regolari.



Fig. 6 – Aculei e piastre di *Cidaris cidaris* conservati presso il Museo Civico di Vignola (MCV 1052), scala: 2 cm.

Ringraziamenti

Immagini di reperti paleontologici “su concessione del Ministero della Cultura - Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per le province di Modena, Reggio Emilia e Ferrara, riproduzione vietata a scopo di lucro, anche indiretto”. Si ringrazia la Dott.ssa Rossana Gabusi (SABP-MO, RE, FE). Gli Autori desiderano ringraziare il Gruppo Vignolese Ricerche (“Al Palèsi amici del Museo di Vignola”) ed il Comune di Vignola, per aver permesso di visionare i campioni custoditi all'interno del Museo Civico di Vignola e per i numeri di catalogo. Allo stesso modo ringraziamo Sandro Marsigli per le foto, le informazioni ed i numeri di catalogo dei reperti custoditi presso il Museo Civico di

Ecologia e Storia Naturale di Marano s/P. Un grande ringraziamento va ad Enrico Borghi della Società Reggiana di Scienze Naturali per la lettura critica, le correzioni al testo e per il numeroso materiale bibliografico fornito.

Bibliografia

- AGIADI K., HOHMANN N., GLIOZZI E., THIVIAOU D., BOSELLINI F.R., TAVIANI M., BIANUCCI G., COLLARETA A., LONDEIX L., FARANDA C., BULIAN F., KOSKERIDOU E., LOZAR F., MANCINI A.M., DOMINICI S., MOISSETTE P., BAJO CAMPOS I., BORGHİ E., ILIOPOULOS G., ANTONARAKOU A., KONTAKIOTIS G., BESIOU E., ZARKOGIANNIS S.D., HARZHAUSER M., SIERRO F.J., CAMERLENGHI A., GARCÍA-CASTELLANOS D., 2024a – A revised marine fossil record of the Mediterranean before and after the Messinian salinity crisis. *Earth Syst. Sci.*, **16**, pp. 4767-4775.
- AGIADI K., HOHMANN N., GLIOZZI E., THIVIAOU D., BOSELLINI F.R., TAVIANI M., BIANUCCI G., COLLARETA A., LONDEIX L., FARANDA C., BULIAN F., KOSKERIDOU E., LOZAR F., MANCINI A.M., DOMINICI S., MOISSETTE P., BAJO CAMPOS I., BORGHİ E., ILIOPOULOS G., ANTONARAKOU A., KONTAKIOTIS G., BESIOU E., ZARKOGIANNIS S.D., HARZHAUSER M., SIERRO F.J., CAMERLENGHI A., GARCÍA-CASTELLANOS D., 2024b – Late Miocene transformation of Mediterranean Sea biodiversity. *Sci. Adv.*, **10**, pp. 1-12.
- BAJO I., RICO A., CÁRDENAS J., MAESTRE V., BORGHİ E., 2008 – Asociaciones de equinoideos en las calcarenitas messinienses de Alcalá de Guadaira (Sevilla, SO España). *Geogaceta*, **45**, pp. 55-58.
- BERTOLASO L., GARILLI V., 2009 – Description of *Aclis aurisparpa* n. sp. (Gastropoda, Aclididae) from the Pliocene of Emilia-Romagna (N. Italy). *Boll. Soc. Paleontol. It.*, **48**, pp. 15-19.
- BERTOLASO L., BORGHİ E., GARCIA RAMOS D., 2009 – Brachiopodi neogenici e pleistocenici dell'Emilia (Parte seconda). *Parva Naturalia* (2007-2009), **8**, pp. 3-42.
- BISCONTI M., CHICCHI S., MONEGATTI P., SCACCHETTI M., 2023 – Taphonomy, osteology and functional morphology of a partially articulated skeleton of an archaic Pliocene right whale from Emilia-Romagna (NW Italy). *Boll. Soc. Paleontol. It.*, **62**(3), pp. 231-262.
- BORGHİ E., 1993 – Nuove acquisizioni relative a *Schizechinus serialis* (Pomel, 1887). *Bollettino della Società Reggiana di Scienze Naturali*, (Anno 13) **2**, pp. 1-11.
- BORGHİ E., 1999 – Echinodermi fossili dell'Emilia: i cidaridi del Plio-Pleistocene. *Bollettino della Società Reggiana di Scienze Naturali*, **8**, pp. 105-126.
- BORGHİ E., 2001 – Osservazioni sui brachiopodi neogenici e pleistocenici dell'Emilia-Romagna. *Parva Naturalia* (2000-2001), pp. 45-81.
- BORGHİ E., 2012 – Il genere *Spatangus* (Echinoidea) nel Langhiano dell'Appennino reggiano. *Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali* (2010), pp. 43-61.
- BORGHİ E., 2013 – Il genere *Mazettia* (Maretiidae), un caratteristico echinoide del Miocene dell'Emilia-Romagna. *Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali* (2012), pp. 9-20.
- BORGHİ E., 2019 – Gli echinoidi della Formazione di Pantano (Miocene medio-inferiore) dell'Emilia. *Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali* (2019), pp. 30-48.
- BORGHİ E., 2020 – Gli schizasteridi (Echinoidea) del Plio-Pleistocene dell'Emilia. *Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali* (2020), pp. 20-38.
- BORGHİ E., 2021a – Il genere *Psammechinus* (Echinoidea) nel Plio-Pleistocene dell'Emilia. *Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali*, (2020), pp. 2-13.
- BORGHİ E., 2021b – Gli schizasteridi (Echinoidea) del Plio-Pleistocene dell'Emilia. *Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali* (2020), pp. 20-38.
- BORGHİ E., CIAPPELLI F., 2014 – Prima segnalazione del genere *Hypsoclypus* (Echinoidea) nel Pliocene italiano. *Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali* (2014), pp. 9-18.
- BORGHİ E., STARA P., 2016 – I cidaroidi (Echinoidea) del Miocene inferiore-medio dell'Emilia-Romagna e di San Marino. *Parva Naturalia*, **11**, pp. 13-45.
- BORGHİ E., CARROZZI L., RINALDI O., 2017a – Tripneustes, un raro echinoide rinvenuto nel Miocene dell'Appennino reggiano. *Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali* (2016), **12**, pp. 7-12.
- BORGHİ E., CAMPOS I.B., GATT M., 2017b – Il Genere *Schizechinus* Pomel, 1869 (Echinoidea) nel Pleistocene dell'Emilia. *Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali* (2017), pp. 1-22.

- BORGHI E., STARA P., 2020 – *Nudobriissus* (Lambert, 1920), un raro echinoide del Miocene medio-inferiore dell'Emilia e della Sardegna. Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali (2019), pp. 6-13.
- BORGHI E., MAGNANI S., 2020 – *Cidaridi completi* (Echinoidea) con spine a ventaglio nel Miocene del Pescale (Modena). Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali (2019), pp. 22-29.
- BORGHI E., BATTILANI D., 2021 – *First record of the Cyclaster genus* (Echinoidea) in the European Miocene. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **152**, pp. 73-80.
- BORGHI E., GARILLI V., 2022 – *Climate-driven diversity changes of Mediterranean echinoids over the last 6 Ma*. Acta Palaeontologica Polonica **67**(4), pp. 781-805.
- BORGHI E., RONDELLI R., MAGNANI S., 2022 – *First record of the Mazettia genus* (Echinoidea) in the Pliocene. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **153**, pp. 89-98.
- BORGHI M., 2020 – *Coralli coloniali nel Plio-Pleistocene dell'Emilia occidentale*. Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali, (2019), pp. 1-5.
- CATELLANI D., CORRADINI D., 1990 – *Nel Segno dell'Elefante*. El Quatr'ari Ed., Savignano s/P, pp. 23-36.
- CHECCHIA RISPOLI G., 1916 – *Gli echinidi viventi e fossili della Sicilia. Parte IV. Echinidi pliocenici*. Paleontographia Italica, **22**, pp. 229-242.
- CHECCHIA RISPOLI G., 1923 – *Gli echinidi del Pliocene di Anzio*. Memorie della Carta Geologica d'Italia, **9** (parte I), pp. 1-29.
- COPPI F., 1869 – *Fossili miocenici e pliocenici del Modenese*. Ann. Soc. Nat. in Modena, **3**, pp. 163-228.
- COPPI F., 1881 – *paleontologia modenese o guida al paleontologo con nuove specie*. Arnaldo Forni Ed., Modena, 142 pp.
- COPPI F., 1884 – *Il Miocene medio nei colli modenesi; appendice alla paleontologia modenese*. Boll. R. Comitato Geologico d'Italia, **15**(5-6), pp. 171-201.
- COTTEAU G., PERON A., GAUTHIER V., 1891 – *Échinides fossiles de l'Algérie. Étages Miocène et Pliocène*. 10^e fasc., G. Masson, Paris, 273 pp.
- COTTREAU J., 1913 – *Les Echinides néogènes du bassin méditerranéen*. Annales de l'Institut Océanographique de Monaco, **6**(3), pp. 1-192.
- DAVOLI F., 1976 – *Terebridae (Gastropoda: Toxoglossa) come probabili validi documenti per l'interpretazione paleoecologica e geologico-storica di bacini neogenici europei*. Boll. Soc. Paleontol. It., **15**(1), pp. 49-58.
- DE ANGELI A., GARASSINO A., PASINI G., 2011 – *Retropluma craverii* (Crema, 1895) (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Retroplumidae) from the Pliocene of Reggio Emilia (N Italy). Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano, **152**, pp. 37-44.
- DES MOULINS C., 1837 – *Troisième Mémoire sur les Échinides. Synonymie générale*. Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux, **9**(6), pp. 45-364.
- DESOR P.J.E., 1855-1858 – *Synopsis des échinides fossiles*. Rheinwald, Paris, 490 pp.
- DOMINICI S., 2001 – *Taphonomy and paleoecology of shallow marine macrofossil assemblages in a collisional setting (late Pliocene-early Pleistocene, western Emilia, Italy)*. Palaios, **16**, Tulsa, 336 pp.
- FORESTI L., 1874 – *Catalogo dei Molluschi Fossili Pliocenici delle colline bolognesi: parte 2*. Memorie dell'Accademia di Scienze dell'Istituto di Bologna, III, IV.
- FORNACIARI A., 1997 – *Analisi paleoecologica dei depositi pleistocenici del T. Enza*. Università degli Studi di Parma, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Tesi di Laurea, 98 pp.
- GARASSINO A., DE ANGELI A., 2004 – *Decapod crustacean fauna from the Pliocene and Pleistocene of Arda, Stirone and Enza Rivers* (Piacenza, Parma and Reggio Emilia Provinces, N Italy). Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano, **145**, pp. 29-57.
- GARCIA-CASTELLANOS D., ESTRADA F., JIMÉNEZ-MUNT I., GORINI C., FERNÁNDEZ M., VERGÉS J., DE VICENTE R., 2009 – *Catastrophic flood of the Mediterranean after the Messinian salinity crisis*. Nature, **462**, pp. 778-781.
- GASPERI G., BETTELLI G., PANINI F., PIZZIOLO M., 2005 – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, foglio 219 "Sassuolo"*. ISPRA, 195 pp.
- GIANSAnte A., 2015 – *Il tapiro di Vignola. "Al Palèsi"*, Museo Civico di Vignola, Quaderni 2015.
- GRAZIOSI G., 2022 – *Resti fossili di cetaceo rinvenuti negli affioramenti di argilla pliocenica a Vignola (Modena)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **153**, pp. 27-141.
- GUARDIANI A., 1993 – *Evoluzione paleoambientale di un tratto del Pliocene superiore del T. Stirone*. Tesi di Dottorato, Dipart. di Geologia, Università di Parma, 45 pp.
- KIER P.M., 1972 – *Tertiary and Mesozoic Echinoids of Saudi Arabia*. Smithsonian Contributions to Paleobiology, **10**, 105 pp.

- KOHLER R., 1927 – *Les Echinodermes des mers d'Europe*. Tome second, Librairie Dion, Paris, 362 pp.
- KROH A., 2005 – *Catalogus fossilium Austriae. Band 2. Echinoidea neogenica*. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 210 pp.
- KROH A., SMITH A.B., 2006 – *Schizechinus Pomel, 1869 (Echinodermata, Echinoidea): proposed conservation of usage by suppression of Echinus serresii Des Moulins, 1837 and designation of Psammechinus serresii Desor, 1856 as the type species*. Bulletin of Zoological Nomenclature, **63**(4), pp. 259-266.
- KROH A., MOOI R., 2025 – *World Echinoidea atabase*. *Schizechinus Pomel, 1869 †*. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=512562> on 2025-04-27.
- LAMBERT J., 1907 – *Description des échinides fossiles des terrains miocéniques de la Sardaigne*. Mémoires de la Société Paléontologique Suisse, **34**, pp. 1-72.
- LAMBERT J., 1910 – *Description des échinides des terrains néogènes du bassin du Rhône*. Mémoires de la Société Paléontologique Suisse, **37**(1), pp. 1-48.
- LAMBERT J., 1931 – *Etude sur les Echinides fossiles du Nord de l'Afrique*. Mémoires de la Société Géologique de France, Nouvelle Série (Mémoire no. 16), **7**(2), pp. 1-108.
- LAMBERT J., THIERY P., 1909-1925 – *Essai de Nomenclature Raisonnée des Échinides*. Fasc. 4 (mars 1914), pp. 241-320.
- LANDI M., 1929 – *Gli echinidi neogenici di Montegibbio (Appennino modenese)*. Giornale di Geologia, Annali del R. Museo Geologico di Bologna, Serie 2, Vol. IV, pp. 2-22.
- LAUBE G.C., 1869 – *Die Echinoiden der österreichisch-ungarischen oberen Tertiärlagerungen*. Verhandlungen der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt, **3**(9), pp. 182-184.
- LAURERI S., 1963 – *Nuovi echinoidi elveziani della media Val d'Enza (Reggio Emilia)*. Boll. Soc. Geol. It., **81**(1), pp. 3-31.
- MADEIRA P., KROH A., CORDEIRO R., MEIRELES R., ÁVILA S.P., 2011 – *The fossil echinoids of Santa Maria Island, Azores (Northern Atlantic Ocean)*. Acta Geologica Polonica, **61**(3), pp. 243-264.
- MANZONI A., 1879 – *Gli echinodermi fossili dello Schlier delle colline di Bologna*. Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, **39**, pp. 149-164.
- MANZONI A., 1880 – *Echinodermi fossili della molassa serpentinoso e supplemento agli echinodermi dello Schlier delle colline di Bologna*. Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, **42**, pp. 185-190.
- MANZONI A., 1881 – *Sugne silicee della molassa miocenica del Bolognese*. Atti Soc. Toscana Sc. Nat., Memorie, **5**(1) (1880), pp. 173-176.
- MANZONI A., MAZZETTI G., 1878 – *Echinodermi nuovi della molassa miocenica di Montese nella provincia di Modena*. Atti Soc. Toscana Sc. Nat., **3**(2), pp. 350-356.
- MARASTI R., RAFFI S., 1977 – *Osservazioni sulla malacofauna del Piacenziano di Quattro Castella (Reggio Emilia)*. Atti Soc. Italiana Sci. Naturali Museo Civico di Storia Naturale in Milano, **118**(2), pp. 226-234.
- MAZZETTI G., 1872 – *Cenno intorno di fossili di Montese*. Ann. Soc. Nat. in Modena, **6**, pp. 1-12.
- MAZZETTI G., 1874 – *Catalogo dei fossili miocenici e pliocenici del Modenese e suoi contorni*. Ann. Soc. Nat. in Modena, **8**, pp. 151-177.
- MAZZETTI G., 1879 – *La molassa marnosa delle montagne modenese e reggiane e lo Schlier delle colline del Bolognese*. Ann. Soc. Nat. in Modena, **13**(1), pp. 1-22.
- MAZZETTI G., 1881a – *Echinodermi fossili di Montese*. Ann. Soc. Nat. in Modena, serie 2, **15**, pp. 108-126.
- MAZZETTI G., 1881b – *Echinodermi fossili di Pantano*. Ann. Soc. Nat. in Modena, serie 2, **15**, pp. 127-129.
- MAZZETTI G., 1896 – *Catalogo degli Echinoidi fossili della collezione Mazzetti esistente nella Regia Università di Modena*. Memorie R. Accademia Scienze Lettere e Arti, Modena, serie 2, **11**, pp. 409-461.
- MAZZETTI G., PANTANELLI D., 1885 – *Cenno monografico intorno alla fauna fossile di Montese. Parte prima*. Atti Soc. Nat. in Modena, Memorie, **4**, pp. 58-96.
- MAZZETTI G., PANTANELLI D., 1887 – *Cenno monografico intorno alla fauna fossile di Montese. Parte seconda*. Atti Soc. Nat. in Modena, Memorie, **6**, pp. 46-82.
- MCMANARA K.J., KENDRICK G., 1994 – *Cenozoic molluscs and echinoids from Barrow Island, Western Australia*. Records of the Western Australian Museum, Supplement, **51**, pp. 1-50.
- MORTENSEN T., 1943 – *A monograph of the Echinoidea*. III, 2, Camarodonta. I. Orthopsidæ, Glyphocyphidæ, Temnopleuridæ and Toxopneustidæ, VII, C.A. Reitzel, Copenhagen, 553 pp.
- MORTENSEN T., 1951 – *A monograph of the Echinoidea*. V. 2, Spatangoida II. C.A. Reitzel, Copenhagen, 593 pp.

- NELLI B., 1910 – *Fossili miocenici del Modenese*. Boll. Soc. Geol. It., XXVII, Fasc. 3 (4° trimestre).
- PANTANELLI D., 1893 – *Lamellibranchi Pliocenici. Enumerazione e sinonimia delle specie dell'Italia Superiore e Centrale*. Bollettino Società Malacologica Italiana, 17, pp. 49-295.
- PAREA G.C., 2015 – *Cosa raccontano le ossa dell'elefante affiorate nell'alveo del Panaro presso Savignano assieme ai sedimenti che le inglobavano*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 146, pp. 135-156.
- PASINI G., GARASSINO A., 2012 – *First record of cirolanids (Crustacea, Isopoda, Cymothoida) from the middle Pliocene of Parma and Reggio Emilia Provinces (Emilia-Romagna, N Italy)*. Atti della Società italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano, 153, pp. 13-20.
- PHILLIPPE M., 1998 – *Les échinides miocènes du Bassin du Rhône: révision systématique*. Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon, 36, pp. 1-441.
- POMEL A., 1869 – *Revue des échinodermes et de leur classification pour servir d'introduction à l'étude des fossiles*. I-IXVII, Paris (Deyrolle).
- POMEL A., 1883 – *Classification méthodique et Gènes des Échinides vivantes et fossiles*. Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris pour obtenir le Grade de Docteur en Sciences Naturelles, 503, 131 pp.
- POMEL A., 1887 – *Paléontologie ou description des animaux fossiles de l'Algérie*. Zoophytes. 2° fascicule. Échinodermes. 2° livraison, 344 pp.
- RICCI LUCCHI F., COLALONGO M.L., CREMONINI G., GASPERI G., IACCARINO S., PAPANI G., RAFFI S., RIO D., 1982 – *Evoluzione sedimentaria e paleogeografica nel margine appenninico*. In: G. Cremonini & F. Ricci Lucchi (a cura di) "Guida alla geologia del margine appenninico-padano", pp. 17-46.
- RONDELLI R., 2022a – *Paleoecologia della Formazione di Pantano (Membro di Sassoguidano) nei pressi di Montese tra Appennino modenese e bolognese*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 153, pp. 67-88.
- RONDELLI R., 2022b – *Paleoecologia della Formazione di Pantano, medio Appennino modenese tra le valli del Fiume Secchia e del Torrente Tiepido*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 153, pp. 99-126.
- RONDELLI R., 2023a – *Paleoecologia della Formazione di Pantano (Membro di Sassoguidano) presso Pavullo nel Frignano (Appennino modenese)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 154, pp. 65-88.
- RONDELLI R., 2023b – *Paleoecologia della Formazione di Pantano (Membro di Montecuccolo) in Appennino modenese*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 154, pp. 89-122.
- RONDELLI R., 2024a – *Nuovi dati stratigrafici, paleontologici e paleoambientali sulla Formazione di Pantano (Membro di Sassoguidano) affiorante presso Serra dei Guidoni (Appennino modenese e bolognese)*. Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali (2023), pp. 36-58.
- RONDELLI R., 2024b – *Paleoecologia della Formazione di Pantano (Membro di Sassoguidano) tra Guiglia e Zocca e fasi evolutive della Formazione di Pantano (Appennino modenese e bolognese)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 155, pp. 55-93.
- RONDELLI R., 2025a – *Il grande squalo bianco (Carcharodon carcharias Linnaeus, 1758) nel Pliocene di Vignola (Appennino modenese)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 156, pp. 85-109.
- RONDELLI R., 2025b – *Balaenoptera sp. nel Pliocene superiore di Vignola*. "Al Palèsi", Museo Civico di Vignola, Quaderni 2025.
- RONDELLI R., BATTILANI D., 2023 – *Il genere Gregoryaster nel Langhiano dell'Appennino emiliano*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 154, pp. 141-156.
- RONDELLI R., BATTILANI D., 2024 – *Analisi paleontologica dell'orizzonte grossolano basale della Formazione di Pantano e revisione degli elasmobranchi miocenici inferiori dell'Appennino modenese*. Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali, pp. 1-38.
- RONDELLI R., BORGHI E., BORGHI M., 2023 – *Analisi paleontologica sulla trasgressione pliocenica nell'alveo del Fiume Secchia presso San Michele dei Mucchietti (Modena)*. Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali (2021-2022), pp. 1-27.
- RONDELLI R. & BORGHI E. 2025 – *Denti di elasmobranchi miocenici dell'Appennino reggiano*. Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali, pp. 191-235.
- RONDELLI R., BORGHI E., BORGHI M., 2025a – *Denti di elasmobranchi pliocenici dell'Appennino reggiano conservati presso il museo "il Correggio"*. Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali, pp. 40-79.
- RONDELLI R., BORGHI E., BORGHI M., 2025b – *Denti di elasmobranchi nel Tortonian di Montegibbio (Appennino modenese)*. Notiziario Società Reggiana di Scienze Naturali, pp. 145-172.
- SALA B., UNGARO S., VINCENZI L., 1990 – *Tapirus arvernensis Croizet & Jobert del Villafranchiano inferiore di Vignola (Modena)*. Boll. Soc. Paleont. It. 29(2), pp. 129-136.
- SANTI L., 1998 – *Cancer sismondai Meyer nelle argille plioceniche del Fiume Panaro*. "Al Palèsi", Museo Civico di Vignola, Quaderni 1998.

- SOLDATI M., BRUSCHI V.M., BULDRINI F., CAMPANA G., CORATZA P., DALLAI D., DEVOTO S., LODESANI U., PIA-CENTINI D., RABACCHI R., SANTINI C., TOSATTI G., VESCOGNI A., 2009 – *Studio multidisciplinare finalizzato alla riqualificazione ambientale della valle del Rio della Rocca (Comune di Castellarano, Provincia di Reggio Emilia)*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **140**, pp. 89-147.
- STARA P., MELIS R., BELLODI A., FOLLESA M.C., CORRADINI C., CARUGATI L., MULAS A., SIBIRIU M., CANNAS R., 2023 – *New insights on the systematics of echinoids belonging to the family Spatangidae Gray, 1825 using a combined approach based on morphology, morphometry, and genetics*. Front. Mar. Sci. 10:1033710. doi: 10.3389/fmars.2023.1033710.
- STEFANINI G., 1908a – *Echinidi miocenici di Malta esistenti nel Museo di geologia di Firenze*. Mem. Soc. Geol. It., **27**, pp. 435-483.
- STEFANINI G., 1908b – *Echinoidi del Miocene medio dell'Emilia (parte prima)*. Palaeontographia Italica, **14**, pp. 65-119.
- STEFANINI G., 1909 – *Echinoidi del Miocene medio dell'Emilia (parte seconda)*. Palaeontographia Italica, **15**, pp. 57-114.
- TORTONESE E., 1965 – *Fauna d'Italia. Echinodermata*. Ed. Calderini, Bologna, 432 pp.
- VAI G.B., 1987 – *Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part. 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure*. In: A.W. Bally (ed.) "Atlas of Seismic Stratigraphy", vol. 1. AAPG Stud. Geol., **27**, pp. 1-10.
- VESCOGNI A., CEREGATO A., CORATZA P., GRILLENZONI C., GUALTIERI A., LUGLI S., PADOVANI V., PANINI F., PAPAZZONI C.A., REMITTI F., RONCHETTI F., 2018 – *L'affioramento di Ponte Muratori (Fiume Panaro, Vignola, MO)*. "Geoframe", Progetto Lauree Scientifiche, Scienze Geologiche, Università di Modena e Reggio E.
- VINASSA DE REGNY P., 1897 – *Echinidi neogenici del Museo parmense*. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Pisa, **15**, pp. 139-155.
- WATTS S.A., MC CLINTOCK J.B., LAWRENCE J.M., 2007 – *Ecology of Lytechinus, Chapter 23*. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, **37**, pp. 473-497.
- WRIGHT T., 1855 – *On fossil Echinoderms from the Island of Malta with notes on the stratigraphical distribution of the fossil organisms in the Maltese beds*. Annals of the Magazine of Natural History, London, ser. 2, **15**, pp. 101-276.



Riccardo Rondelli^{}, Filippo Panini^{*}, Sergio Magnani^{*}**

Segnalazione preliminare di bioclasti di piattaforma carbonatica nella Formazione di Ranzano (alveo del F. Secchia a valle di Castellarano e San Michele dei Mucchiotti)

Riassunto

La Formazione di Ranzano, appartenente alla Successione Epiligure, rappresenta la ripresa della sedimentazione clastica bacinale a dominante arenitica al di sopra del prisma di accrezione ligure dopo lo sviluppo della fase tettonica ligure dell'Eocene medio. La formazione è generalmente contraddistinta da una scarsissima componente bioclastica, risultando quasi ovunque sterile. Viene segnalato e descritto in questa nota un raro affioramento fossillifero della porzione inferiore della Formazione di Ranzano, ubicato lungo il corso del F. Secchia tra San Michele dei Mucchiotti nel Modenese e Castellarano nel Reggiano. Esso è caratterizzato da una significativa presenza di bioclasti come macroforaminiferi (nummuliti e discocicline), alghe calcaree, gasteropodi, bivalvi, serpulidi e frammenti di colonie coralline. Questi resti fossili, sicuramente interessati da un evidente rimaneggiamento, si trovano mescolati e dispersi all'interno della prevalente frazione grossolana terrigena, generalmente nella parte basale o inferiore degli strati torbiditici. La Formazione di Ranzano della bassa valle del Secchia, attribuita in letteratura all'Oligocene inferiore, è implicata in una vasta struttura plicativa (sinclinale di Viano) che si estende lungo l'intero Pedepennino reggiano. Le caratteristiche litologiche e sedimentologiche della porzione inferiore a dominante arenitico-conglomeratica della formazione hanno permesso di ricondurla alla porzione prossimale di una conoide sottomarina, non molto distante dallo sbocco degli apparati distributori del sedimento. Sulla base delle caratteristiche composizionali della frazione terrigena, l'area emersa, che forniva la quasi totalità del materiale epiclastico, era probabilmente rappresentata da porzioni della paleocatena alpino/appenninica e del margine orientale della litosfera continentale europea costituita dal blocco Sardo-Corso (ancora addossato all'attuale penisola iberica ed all'area provenzale) e dal microcontinente meso-mediterraneo o AlKaPeCa¹. L'occorrenza di bioclasti derivati da originari depositi di una piattaforma carbonatica pericontinentale, con clima tropicale, potrebbe essere

^{*} Società Reggiana di Scienze Naturali "C. Iacchetti", c/o Via F.P. Tosti 1, 42124 REGGIO EMILIA; e-mail: ricca90.rr@gmail.com.

^{**} "Al Palèsi Amici del Museo", Museo Civico di Vignola "Augusta Redorici Roffi", Via J. Cantelli 4, 41058 VIGNOLA (MO); e-mail: alpalesi.vignola@libero.it.

^{*} Già Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia; e-mail: 56filix@gmail.com.

¹ Il termine AlKaPeCa è composto dalle iniziali di Al-boran, Ka-byliya, Pe-loritani e Ca-labria e si riferisce al microcontinente (o terrane) meso-mediterraneo situato 10 milioni di anni fa all'interno del dominio tetideo, tra le placche iberiche e l'Europa a nord, la Puglia a est e l'Africa a sud.

dovuta a: 1) peculiari condizioni locali presenti nelle aree litorali del bacino epiligure (sviluppo di limitate piattaforme carbonatiche sostanzialmente coeve alla Formazione di Ranzano); 2) emersione di depositi terrigeni e carbonatici eocenici sottoposti ad erosione, deposizione in ambiente deltizio o litorale e successiva risedimentazione entro una conoide sottomarina. Depositi eocenici misti carbonatico/terrigeni sono peraltro affioranti in aree orientali della Sardegna e della Corsica ed inoltre incontrati in sondaggi profondi ubicati nel Tirreno settentrionale in corrispondenza della dorsale Elba-Pianosa.

Abstract

Preliminary report of carbonate shelf bioclasts in the Ranzano Formation (River Secchia downstream of Castellarano and San Michele dei Mucchietti, Italy). The Ranzano Formation belongs to the Epiligurian Succession. It is the resumption of predominantly arenaceous clastic sedimentation in the basin above the Ligurian accretion prism after the development of the Ligurian tectonic phase of the Mid-Eocene. The formation is generally characterised by a very low bioclastic component, which is sterile almost everywhere. This note reports and describes a rare fossiliferous outcrop in the lower portion of the Ranzano Formation, located along the R. Secchia between San Michele dei Mucchietti (Province of Modena) and Castellarano (Province of Reggio Emilia). This outcrop is characterised by a significant presence of bioclasts such as macroforaminifera (nummulites and discocyclines), calcareous algae, gastropods, bivalves, serpulids, and fragments of coral colonies. These fossil remains, which were clearly subject to significant reworking, are found mixed and scattered within the predominantly coarse terrigenous fraction, generally in the basal or lower part of the turbidite layers. The Ranzano Formation in the lower Secchia Valley, which has been attributed to the Lower Oligocene, is involved in a vast fold structure (Viano syncline) that extends along the entire Reggio Emilia Apennine foothills. The lithological and sedimentological characteristics of the lower, predominantly sandstone-conglomerate portion of the formation have allowed it to be traced back to the proximal portion of an underwater fan, not far from the outlet of the sediment distribution systems. Based on the compositional characteristics of the terrigenous fraction, the area which emerged provided almost all of the epiclastic material. This area was probably made up of portions of the Alpine/Apennine paleochain and the eastern margin of the European continental lithosphere, which corresponded to the Sardinian-Corsican block (still leaning against the present Iberian Peninsula and the Provençal area) and the Meso-Mediterranean microcontinent, aka AlKaPeCa. The occurrence of bioclasts resulting from original deposits of a peri-continental carbonate shelf with a tropical climate might be due to: i) particular local conditions present in the coastal areas of the Epiligurian basin (development of limited carbonate shelves substantially contemporary with the Ranzano Formation); ii) emergence of Eocene terrigenous and carbonate deposits subject to erosion, deposition in a deltaic or coastal environment and subsequent resedimentation within an underwater alluvial fan. Mixed carbonate/terrigenous Eocene deposits also crop out in the eastern areas of Sardinia and Corsica; samples were recovered from deep boreholes located in the northern Tyrrhenian Sea near the Elba-Pianosa ridge.

Parole chiave: Piattaforme carbonatiche pericontinentali, Paleoecologia, Eocene, Oligocene, Formazione di Ranzano, Appennino settentrionale

Keywords: Peri-continental carbonate shelf, Palaeo-environment, Eocene, Oligocene, Ranzano Formation, Northern Apennines, Italy

1. Introduzione

Nella parte nordoccidentale della catena appenninica (Fig. 1), la Formazione di Ranzano (Arenarie di Ranzano *sensu* Pieri, 1961) e le unità litostratigrafiche quasi equivalenti e coeve affioranti al confine tra Liguria e Piemonte (Mutti *et al.*, 1995), rappresentano la ripresa della sedimentazione clastica a dominante arenitica dopo lo sviluppo della fase tettonica ligure (mesoalpina) dell'Eocene medio. La deposizione di queste formazioni avvenne, in discordanza stratigrafica sulla paleocatena alpino-appenninica rappresentata nel suo settore più interno dal prisma di accrezione ligure, tra il Priaboniano sommitale e il Rupeliano. L'attuale area di affioramento della Formazione di Ranzano può essere suddivisa in due zone distinte: il bacino terziario piemontese (BTP) e l'Appennino pavese ed emiliano (bacino epiligure appenninico). Queste zone, oltre che essere caratterizzate da una diversa evoluzione sedimentaria fortemente influenzata da una intensa mobilità tettonica sin-deposizionale, risultano oggi separate da un importante lineamento tettonico (Linea Villavernia-Varzi), attivo fino ad epoche molto recenti. Nell'Appennino pavese ed emiliano la Formazione di Ranzano, complessivamente compresa entro la Successione Epiligure (Ricci Lucchi & Ori, 1985; Bettelli *et al.*, 1989), si sviluppa in un complesso ed articolato sistema di corpi sedimentari dopo la precedente deposizione di corpi caotici da frane sottomarine (Brecce argillose di Baiso) e di peliti di scarpata-bacino varicolorate (Marne di Monte Piano) con areniti torbiditiche (Formazione di Loiano). La correlazione tra questi corpi sedimentari riferibili alla Formazione di Ranzano risulta tutt'altro che semplice, oltre che per varie discontinuità stratigrafiche interne (Martelli *et al.*, 1993, 1998; Mutti *et al.*, 1995; Piazza *et al.*, 2016), anche a causa dell'assenza di una sufficiente continuità, per cause erosive, degli affioramenti dell'Appennino emiliano. Un tentativo significativo di comprendere il quadro stratigrafico complessivo della formazione è stato svolto, in passato, sia per ciò che riguarda l'area appenninica (Martelli *et al.*, 1993, 1998; Di Giulio *et al.*, 2002; Piazza *et al.*, 2016) che per i corrispondenti depositi dell'adiacente BTP (Mutti *et al.*, 1995). Un particolare elemento che ha guidato queste ricostruzioni stratigrafiche, oltre a quello biostratigrafico (Catanzariti *et al.*, 1997; Mancin & Pirini, 2003), è stata l'analisi delle caratteristiche composizionali dei sedimenti arenitici (Cibin, 1993; Cibin *et al.*, 2001, 2003). Quest'ultima ha permesso di delineare una comune evoluzione temporale degli apporti, oltre a formulare ipotesi su natura, ed ubicazione, delle aree sorgenti del detrito extrabacinale proveniente da aree soggette ad erosione subaerea. Questo detrito andava poi ad alimentare, dalle aree costiere verso zone bacinali, i corpi sedimentari torbiditici o prodotti da flussi viscosi e da trasporto in massa che tipicamente costituiscono, a scala regionale, la Formazione di Ranzano su tutto il versante padano dell'Appennino. Gli apporti clastici extrabacinali, anche grossolani, sono nettamente dominanti

nel panorama complessivo della formazione, ma sono segnalati anche sporadici apporti intrabacinali rappresentati, in prevalenza, da resti fossili. Le analisi composizionali di dettaglio (Cibin, 1993) hanno evidenziato percentuali complessive di bioclasti, sul totale dello scheletro arenitico, che si aggirano tra 1% e 2%, con alcune situazioni locali (Appennino parmense, località Zermagnone) ove si raggiunge il 4-6%. L'occorrenza di bioclasti rappresenta, dunque, un tipo di apporto poco significativo in volume, ma comunque segnalato nella Formazione di Ranzano, principalmente come ritrovamenti di macroforaminiferi, fin dai primi lavori di cartografia geologica del secolo scorso. Per l'Appennino emiliano, in particolare, sono state descritte piccole nummuliti e discocicline ritenute rimaneggiate (Losacco, 1967). Segnalazioni di blocchi e clasti di dimensioni pluri-decimetriche con nummuliti, lamellibranchi e molluschi sono inoltre presenti in letteratura relativamente ai depositi "caotici" di Monte Specchio e Monte Barigazzo nel Parmense (Dalla Casa & Ghelardoni, 1967; Mutti *et al.*, 1995; Martelli *et al.*, 1998).

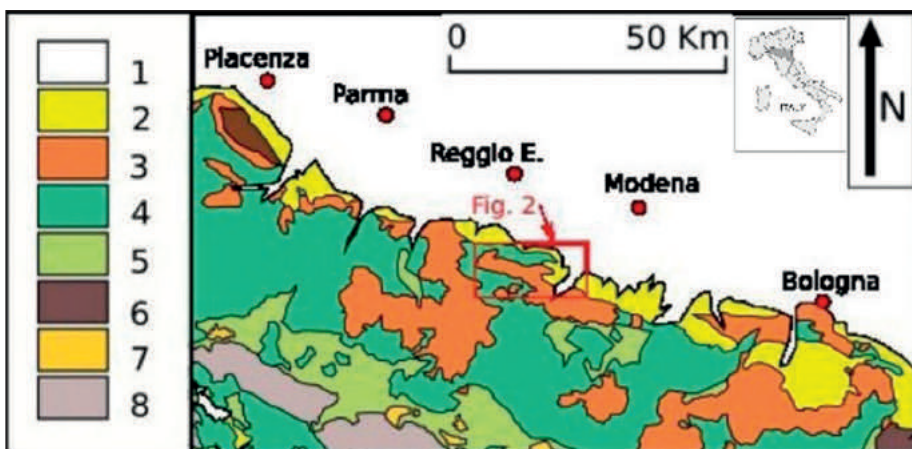


Fig. 1 – Carta geologica schematica dell'Appennino emiliano. Legenda: 1) depositi alluvionali quaternari; 2) successioni tardo-mioceniche e plio-quaternarie; 3) Successione Epiligure, Eocene medio-Miocene sup.; 4) Unità Liguri, Giurassico-Eocene medio; 5) Unità Subliguri, Unità Sestola Vidiciatico, Unità Val Staffola/Coscogno/Montepastore, Cretaceo-Miocene inf.; 6) Successione Umbro-Marchigiana e Romagnola, Triassico-Miocene; 7) Unità Cervarola, Miocene inf. e medio; 8) Falda Toscana e Unità Modino, Triassico-Miocene (modificato da Conti *et al.*, 2020).

Si tratta in questo caso di resti rimaneggiati di depositi litorali e di piattaforma peri-continentale, veicolati in massa da flussi gravitativi in un contesto bacinale più profondo, assieme a materiali provenienti dal substrato ligure ed epiligure della stessa formazione. Ancora in corrispondenza dell'area di M.

Barigazzo (Vescovi, 2002) è segnalata, al passaggio tra due membri della formazione (Val Pessola e Varano de' Melegari), una litofacies pelitico-arenacea caratterizzata dalla presenza di "brecciole" particolarmente ricche di clasti carbonatici, senza però specificare se si tratta di clasti di derivazione intra o extra-bacinale.

Sedimenti in facies di piattaforma, con significativi resti fossili, vengono segnalati anche nei quasi corrispondenti depositi del margine occidentale del BTP (Cavanna *et al.*, 1989; Di Giulio, 1990). Essi, di età priaboniano-rupeliana e spessi alcune decine di metri (Unità Rio Trebbio, cfr. Mutti *et al.*, 1995), vengono interpretati come legati ad un evento di locale sollevamento e cannibalizzazione di depositi più antichi della stessa Formazione di Ranzano. Tale evento sarebbe connesso ad una fase tettonica sin-deposizionale (individuazione dell'alto strutturale dell'Antola) che, secondo gli Autori, portò all'istaurarsi dei due distinti bacini precedentemente menzionati (BTP e bacino epiligure emiliano). Depositifossiliferi con molluschi e alghe calcaree (Gnaccolini, 1978; Mutti *et al.*, 1995) si ritrovano nel BTP anche in un'unità sovrastante, oltre che trasgressiva, di età rupeliana (Unità Molare-Borbera). Secondo la ricostruzione evolutiva della sedimentazione nei due contesti deposizionali (BTP e bacino epiligure emiliano) proposta da Mutti *et al.* (1995), potrebbe essere plausibile una correlazione cronologica tra i depositi fossiliferi del BTP e quelli, rimaneggiati, inclusi come blocchi o clasti nei depositi caotici del Parmense. Questi ultimi rappresenterebbero il prodotto di una successiva fase di destabilizzazione tettonica, in parte riconoscibile anche nel BTP, associata con la deposizione di arenarie conglomeratiche, localmente fossilifere, derivate dalla cannibalizzazione di depositi più antichi.

Nell'Appennino reggiano, ed in particolare nella sua parte pedeappenninica più prossima alla pianura (Fig. 2), la Formazione di Ranzano affiora in una fascia compresa tra la valle dell'Enza e quella del Secchia dove è implicata in una grande struttura tettonica a direzione appenninica (sinclinale di Viano). Ad eccezione delle generiche segnalazioni riportate nella cartografia geologica prodotta nel secolo scorso (Losacco, 1967), non si registrano altre descrizioni di significative associazioni fossili macroscopiche rinvenute entro la Formazione di Ranzano in queste aree appenniniche a cavallo tra Reggiano e Modenese.

Anche in una nota specifica sulla formazione, relativa alla natura di depositi conglomeratici affioranti presso Viano e Paderna, in corrispondenza del fianco meridionale della sinclinale (Masini & Pecchioli, 1988), non si accenna alla presenza di bioclasti di qualsiasi tipo. I depositi detritici arenitico-conglomeratici della Formazione di Ranzano possono quindi essere considerati fino ad ora, soprattutto in questo settore appenninico emiliano sud-orientale, come un deposito pressoché sterile in termini di contenuto macrofossilifero.

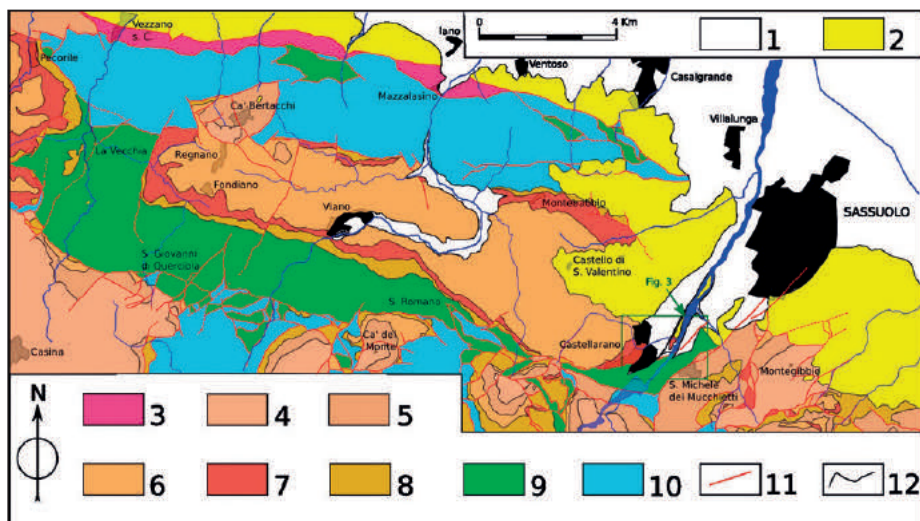


Fig. 2 – Carta geologica semplificata dell'area Viano-Secchia. Legenda: 1) Depositi quaternari alluvionali; 2) Formazione delle Argille Azzurre e Formazione a Colombacci (Messiniano sup.-Pleistocene inf.); 3) Formazione evaporitica e peliti pre-evaporitiche (Messiniano inf.); 4) Formazione del Termina e Gruppo di Bismantova (Burdigaliano sup.-Messiniano inf.); 5) Formazione di Contignaco, Formazione di Antognola e Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa (Oligocene sup.-Burdigaliano); 6) Formazione di Ranzano: torbiditi pelitiche e arenaceo-pelitiche (Oligocene inf.); 7) Formazione di Ranzano: torbiditi arenitico-conglomeratiche (Oligocene inf.); 8) Marne di Montepiano e Breccie argillose di Baiso (Eocene medio-Oligocene inf.); 9) Argille di Viano e Flysch di M. Cassio (Campaniano sup.-Eocene inf.); 10) Argille Varicolori di Cassio, Arenarie di Scabiazza e Argille a Palombini con lembi di ofioliti giurassiche (Cretaceo inf.-Campaniano); 11) Faglie; 12) Limiti stratigrafici (modificata da Papani et al., 2002 e da Gasperi et al., 2005).

Recenti osservazioni degli scriventi su un particolare affioramento ubicato lungo l'alveo fluviale del Secchia poco a sud di Sassuolo al confine tra le province di Modena e Reggio Emilia (Fig. 3), hanno al contrario rilevato la presenza di una significativa quantità di bioclasti entro la predominante porzione arenitica e microconglomeratica, di natura extrabacinale, in alcuni strati della formazione.

Oltre alla descrizione e generica classificazione degli esemplari di questa, per certi versi, eccezionale associazione rinvenuta entro la Formazione di Ranzano, verranno discusse, in questa nota, anche le implicazioni di carattere paleogeografico relative alle possibili aree sorgenti dei sedimenti e ai meccanismi di commistione tra il detrito epiclastico e quello biogenico.

2. Inquadramento geologico

L'affioramento oggetto di questo studio è situato lungo l'alveo del Secchia (Figg. 3 e 4) all'altezza di San Michele dei Mucchi e Castellarano, circa 10 km a monte dell'abitato di Sassuolo (Fig. 2). Le ingenti attività estrattive avvenute a partire dagli anni '50 del XX secolo hanno innescato, in conseguenza dell'asportazione di una larga parte delle originarie ghiaie d'alveo, un'intensa erosione accelerata da parte del corso d'acqua che ha completamente eliminato i depositi alluvionali più recenti nell'alveo di magra del Secchia (Bonazzi, 1996). Il substrato geologico così esposto si è dimostrato facilmente erodibile, andando incontro ad una rapida incisione che dal tratto pedemontano e di alta pianura si è esteso rapidamente verso monte (Bonazzi, 1995, 1996). Tale fenomeno ha interessato la successione neogenico-quadernaria e poi il sottostante substrato epiligure e ligure (Bettelli *et al.*, 2002). L'erosione regressiva verso monte dell'alveo fluviale è stata interrotta alla fine degli anni '70 con la costruzione di una diga/traversa che ha sbarrato il corso d'acqua all'altezza di Castellarano, con la creazione di un invaso artificiale.

La costruzione del manufatto accelerò però in modo parossistico l'erosione del tratto a valle che si approfondì in pochi anni di oltre una quindicina di metri. L'alveo fluviale si trova ora confinato, per alcuni chilometri, in una sorta di forra o canyon (Fig. 4) intagliato nel substrato roccioso. Da alcuni decenni lungo l'alveo fluviale è infatti osservabile per alcuni chilometri una successione geologica "continua" (Rondelli *et al.*, 2023), che nel tratto più a valle comprende la parte basale della Successione neogenica messiniano-pleistocenica facente parte del fianco meridionale della struttura sinclinalica di San Valentino, della quale costituisce l'estremità sud-occidentale (Gasperi *et al.*, 2005). La base di tale successione, che si appoggia in discordanza su un substrato epiligure già notevolmente tettonizzato, è costituita dalla Formazione a Colombacci, in questa località ricca alla base di blocchi e clasti di ambiente recifale del Messiniano inferiore (Bosellini *et al.*, 2003). La successione prosegue con l'affioramento, per alcuni chilometri verso valle, di peliti plioceniche di ambiente batiale (Formazione delle Argille Azzurre) con fossili come echinoidi (Borghi *et al.*, 2022), crostacei, pteropodi, resti vegetali, ofiroidi, malacofauna (Rondelli *et al.*, 2023) e coralli (Spadini, 2023). Verso valle, all'altezza di Veggia, si osserva poi il contatto con i sovrastanti e discordanti depositi pleistocenici sabbioso-conglomeratici e pelitici, rispettivamente di canale fluviale e di piana alluvionale, che testimoniano la definitiva emersione dell'area pedecollinare prossima alla pianura. Il substrato stratigrafico di questa successione neogenica (Fig. 3) è costituito da unità litostratigrafiche appartenenti alla Successione Epiligure ed in particolare dalla Formazione di Ranzano (Pieri, 1961; Thieme, 1961), databile in larga misura all'Oligocene inferiore. Verso monte la Successione Epiligure viene poi a contatto per faglia

con il suo substrato stratigrafico, in quest'area rappresentato dalle formazioni della Successione della Val Tresinaro (Flysch di M. Cassio e Argille di Viano) di età cretaceo-paleogenica.

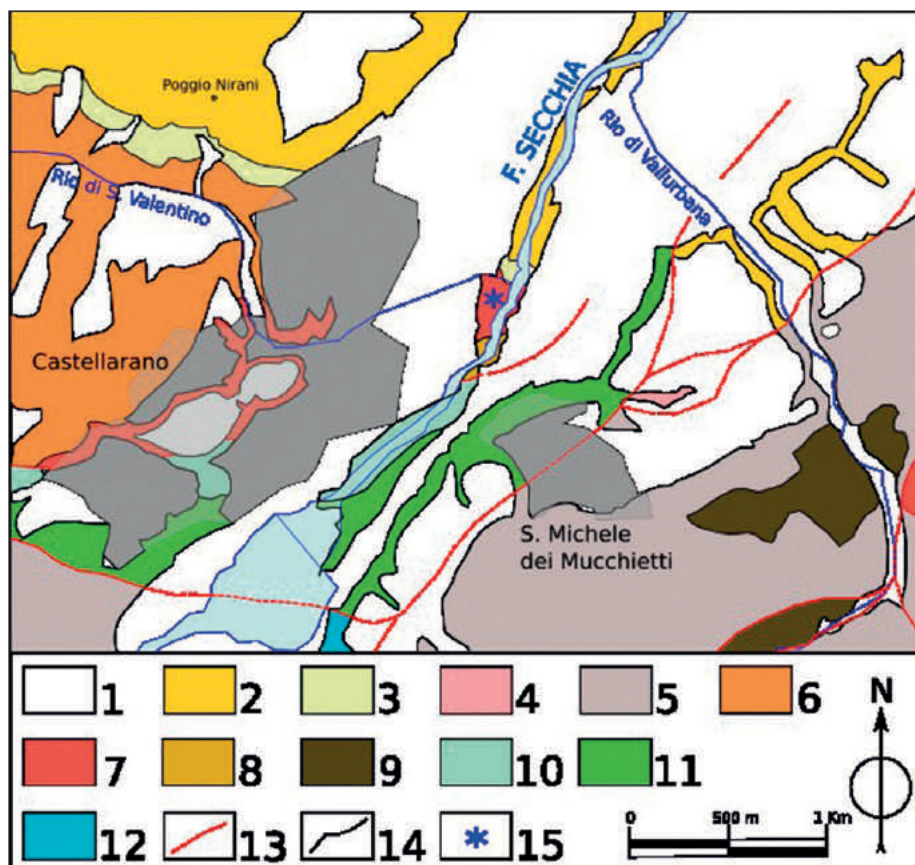


Fig. 3 – Carta geologica della bassa valle del Secchia. *Legenda:* 1) Depositi di versante e di frana, depositi alluvionali attuali e terrazzati (Pleistocene sup.-Olocene); 2) Formazione delle Argille Azzurre (Pliocene-Pleistocene inf.); 3) Formazione a Colombacci (Messiniano sup.); 4) Formazione di Antognola (Oligocene sup.-Miocene inf.); 5) Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa (Oligocene sup.); 6) Formazione di Ranzano: torbiditi pelitiche e arenaceo-pelitiche (Oligocene inf.); 7) Formazione di Ranzano: torbiditi arenitico-conglomeratiche (Oligocene inf.); 8) Marne di Montepiano; 9) Breccie argillose di Baiso (Eocene medio-sup.); 10) Argille di Viano (Paleocene inf.-Eocene inf.); 11) Flysch di M. Cassio (Campaniano sup.-Maastrichtiano); 12) Argille Varicolori di Cassio (Cretaceo sup.); 13) Faglie e loro possibile prosecuzione; 14) limiti stratigrafici; 15) ubicazione dell'affioramento fossilifero (modificata da Gasperi et al., 2005).

Le unità litostratigrafiche liguri ed epiliguri sono, come detto, coinvolte nel fianco meridionale di una estesa struttura sinclinalica (sinclinale di Viano) che si sviluppa verso NW per una ventina di chilometri, con un asse a direzione appenninica (W/NW-E/SE). Essa è riferita a fasi tettoniche tardo-oligoceniche e mioceniche basali (evento Canossa) che portano ad una forte ristrutturazione di tutto il bacino epiligure (Remitti *et al.*, 2010). Nella bassa Val Secchia il fianco meridionale della struttura di Viano, quasi verticalizzato, subisce una vistosa torsione antioraria per effetto di una piega tardiva ad asse verticale (Bettelli *et al.*, 1987). Anche a causa di questo piegamento, la sinclinale si interrompe bruscamente verso est (Fig. 3) dove incontra, oltre l'alveo, una serie di dislocazioni parallele al corso del Secchia (fascio di M. Scisso). Negli affioramenti della Formazione di Ranzano lungo l'alveo fluviale sono presenti vari sistemi e varie tipologie di discontinuità tettoniche (Fig. 7E) tra cui, particolarmente evidenti e diffuse, sono quelle alla mesoscala, oggetto peraltro di uno studio recente che ha ipotizzato vari eventi deformativi (Balocchi & Santagata, 2018).

3. L'affioramento fossilifero entro la Formazione di Ranzano

In un tratto dell'alveo fluviale fortemente inciso, poco a monte di una singolare forma di erosione ("fungo" del Secchia, Fig. 4; cfr. Bonazzi, 1995), oggi purtroppo completamente asportata dalla dinamica fluviale che ne ha scalzato la base, affiora la porzione inferiore della Formazione di Ranzano che appartiene, come già accennato, al fianco meridionale della sinclinale di Viano.

Qui, come lungo tutta questa struttura plicativa, la formazione è costituita da una successione dominata da depositi torbiditici arenitico-conglomeratici in banchi metrici e plurimetrici (Figg. 4 e 5). Il substrato stratigrafico sul quale poggiano i banchi basali della Formazione di Ranzano è rappresentato da peliti grigie e rossastre (Marne di Monte Piano), sulle quali mostrano spesso un contatto discontinuo ed erosivo, in qualche caso regolato da superfici meccaniche secondarie (Fig. 7C). Verso l'alto stratigrafico la porzione inferiore arenaceo-conglomeratica passa gradualmente a torbiditi arenaceo-pelitiche più sottilmente stratificate, ancora riferibili alla Formazione di Ranzano.

Lungo il corso del Secchia questa porzione superiore della formazione non è osservabile in quanto, poche decine di metri più a valle, i depositi epiliguri si immergono al di sotto della Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano. Nella cartografia geologica più recente (Gasperi *et al.*, 2005) la Formazione di Ranzano è stata suddivisa in vari membri, non solo su base litologica, ma anche composizionale e stratigrafica (Martelli *et al.*, 1998). Gli affioramenti della bassa Val Secchia e della sinclinale di Viano sono stati attribuiti al Membro della Val Pessola (litofacies RAN 2a) per quanto riguarda

la porzione inferiore arenitico-conglomeratica e a quello di Varano de' Megliari per l'intervallo superiore a dominante arenitico-pelitica. Va comunque rimarcato che nella nota di Martelli *et al.* (1998) le successioni presenti in corrispondenza della struttura di Viano non vengono né analizzate in dettaglio né descritte in modo specifico.



Fig. 4 – In alto a sinistra la particolare forma di erosione, a guisa di fungo, che si poteva osservare negli anni '90 del secolo scorso (Bonazzi, 1995, 1996). In basso a sinistra la stessa forma vista in panoramica da valle nel 2001 quando l'alveo del Secchia aveva già subito una fortissima erosione lineare con approfondimento di parecchi metri del canale fluviale. L'erosione laterale del canale negli anni successivi ha provocato il crollo di questa curiosa forma. A destra panoramica dell'affioramento della Formazione di Ranzano, nel 2023, lungo l'alveo del Secchia visto da monte e dominato da banchi plurimetri di torbiditi arenitico-conglomeratiche della Formazione di Ranzano, immergenti verso i quadranti settentrionali.

I dati riguardanti le caratteristiche composizionali si riferiscono prevalentemente alla porzione inferiore della formazione (Membro della Val Pessola) e sono relativi alla frazione arenitica (Cibin, 1993) e a quella conglomeratica (Masini & Pecchioli, 1988). Da queste note si può riassumere come la componente extrabacinale conglomeratica comprenda una porzione predominante di litotipi magmatici e metamorfici (tra il 45% e il 65%), un apporto significativo da rocce ofiolitiche (15-20%) e un terzo altrettanto significativo da rocce sedimentarie (12-34%). Le areniti (petrofacies "C" di Cibin, 1993) sono decisamente litiche, con medie che superano il 50% e con i frammenti di metamorfiti e vulcaniti che predominano sui litici sedimentari; caratteristica è la grande abbondanza di serpentiniti massive che possono raggiungere il 40% dell'ossatura totale e la presenza di radiolariti e di siltiti, di rocce carbonatiche e di filladi e argilloscisti (*shales*) di basso grado metamorfico.

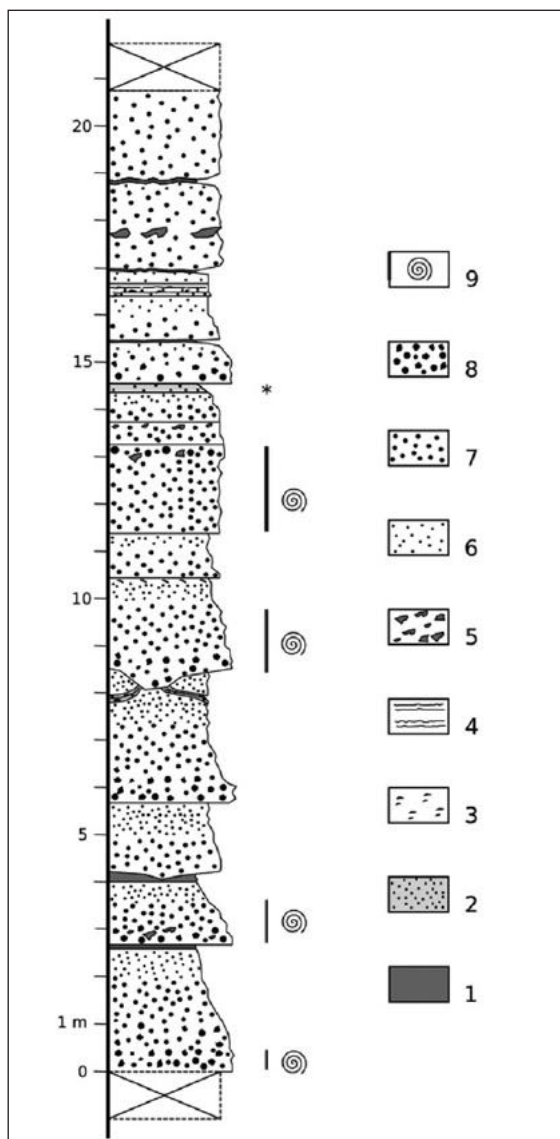


Fig. 5 – Log stratigrafico del tratto di successione fossilifero. Legenda: 1) peliti; 2) peliti sabbiose; 3) frustoli e clasti vegetali carbonificati; 4) orizzonti laminati; 5) clay chips e “blocchi” pelitici intrabacinali; 6) orizzonti arenitici a grana fine e media; 7) orizzonti arenitici a grana grossolana e molto grossolana; 8) orizzonti conglomeratici e microconglomeratici; 9) livelli macrofossiliferi. L’asterisco indica l’orizzonte pelitico-sabbioso debolmente carbonatico campionato.

In estrema sintesi i dati composizionali indicherebbero (Cibin, 1993) aree sorgenti emerse riferibili a porzioni di crosta continentale cristallina pre-alpina (di pertinenza europea) e a porzioni di catena costituite da unità liguridi, sia di crosta oceanica con relativa copertura sedimentaria che derivate dalle successioni tardo-cretacee e paleogeniche (Flysch ad Elmintoidi e Flysch terziari carbonatico-terrigeni).

Per quanto riguarda l'estensione cronologica, al Membro della Val Pessola è attribuita a scala regionale (Papani *et al.*, 2002) un'età che va dal Priaboniano terminale (parte avanzata della zona MNP20) fino al Rupeliano (Zona MNP21a – MNP22) mentre il Membro di Varano de' Melegari è attribuito al Rupeliano (Zone MNP22 e MNP23).

Gli affioramenti ove si rinvencono i resti fossiliferi comprendono (Fig. 5) una decina di strati che complessivamente costituiscono una quindicina di metri di successione. Si tratta in prevalenza di banchi plurimetrici arenitico-conglomeratici (Fig. 6A) generalmente gradati e con una base spesso erosiva. Verso la parte superiore dello strato si passa ad areniti fini e, in qualche caso, è conservato un tetto rappresentato da livelli centimetrici e decimetrici arenitici fini e siltosi laminati, con una forte concentrazione di materiale carbonioso, anche di dimensioni pluri-centimetriche (Fig. 6D). L'ossidazione della materia organica carboniosa rende questi livelli tipicamente di un colore rossastro, dunque facilmente riconoscibili anche a distanza. All'interno degli intervalli arenitici grossolani e conglomeratici sono spesso presenti frammenti (Fig. 6C) e clasti pelitici (*chips*), anche derivati (Fig. 7F) dal substrato pre-Ranzano (Marne di Monte Piano). Solo piuttosto raramente sono conservate le porzioni pelitiche sommitali degli strati, di norma di spessore centimetrico; fa eccezione un orizzonte pelitico di una quindicina di centimetri, grigiastro, indurito e con una certa frazione carbonatica (Fig. 7B), che potrebbe rappresentare un orizzonte emipelagico, non torbiditico. Le nannoflore presenti in questo orizzonte non hanno fornito indicazioni certe sulla sua attribuzione cronostratigrafica: l'associazione è particolarmente scarsa con la sola significativa presenza di forme indicanti l'Eocene superiore, ma con il sospetto che possa trattarsi verosimilmente di un rimaneggiamento da materiali pelitici epiliguri più antichi (Monte Piano) non ancora consolidati ed esposti entro il bacino in aree topograficamente più elevate.

Sotto a questo livello, negli orizzonti arenitici grossolani e conglomeratici di quattro strati plurimetrici e metrici (Fig. 5), si ritrovano, dispersi in modo casuale nel sedimento, gli esemplari fossili di varia tipologia (macroforaminiferi, frammenti di colonie coralline, frammenti di bivalvi, gasteropodi e noduli algali visibilmente arrotondati: Figg. 6B, 6E, 6F) che caratterizzano questo particolare tratto della sedimentazione torbiditica della formazione.



Fig. 6 – Particolari della Formazione di Ranzano in corrispondenza del tratto di successione studiato: A) Orizzonte conglomeratico con elementi derivanti dal substrato ligure (radiolariti, ofioliti e calcari silicei), scala 3 cm; B) Sezione di gasteropode conservato all'interno delle arenarie microconglomeratiche, scala 1 cm; C) Clasti di varia taglia e forma costituiti da materiale pelitico intrabacinale (Marne di Monte Piano) inglobati all'interno di un orizzonte sabbioso, scala 50 cm; D) Intervallo costituito da arenarie fini. In figura è visibile un frammento vegetale carbonificato associato ad abbondanti ossidi e idrossidi di ferro, scala 20 cm; E) Frammento di corallo contenuto all'interno di un orizzonte conglomeratico, scala 2 cm; F) Macroforaminiferi (forme discoidi biancastre) contenuti all'interno di un orizzonte grossolano, scala 2 cm.

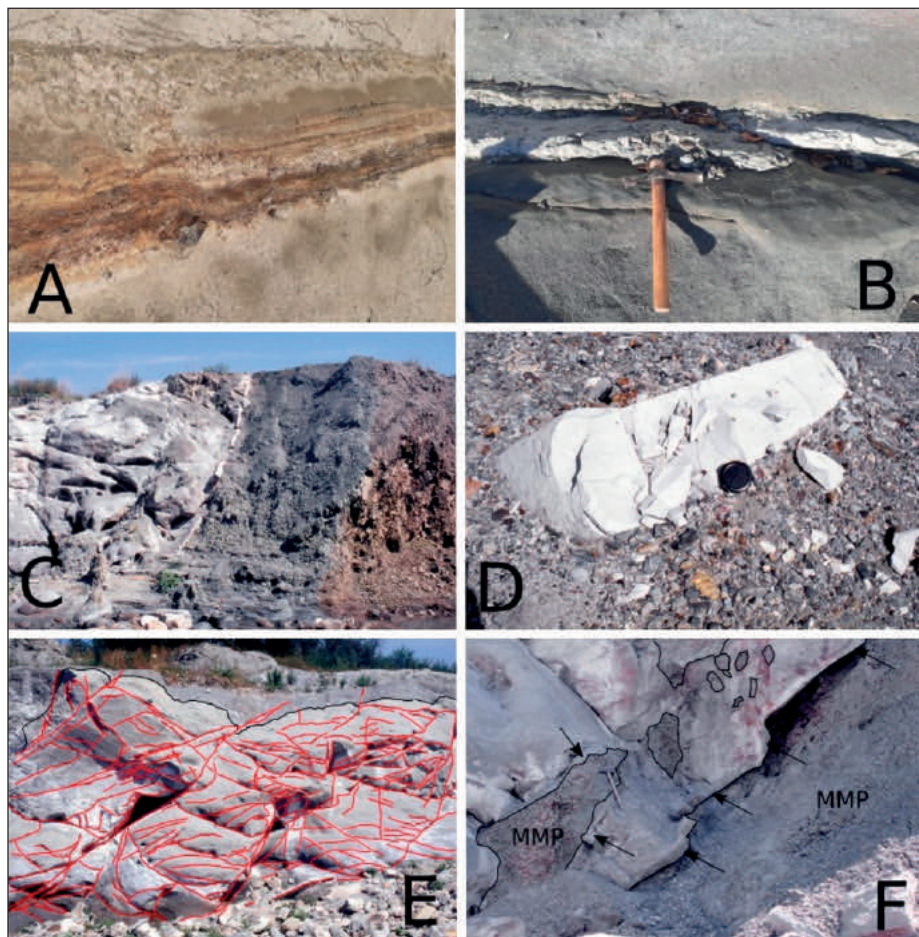


Fig. 7 – Particolari di affioramenti della Formazione di Ranzano lungo l'alveo del Secchia: A) Intervallo superiore laminato di uno strato caratterizzato dalla diffusa presenza di residui vegetali carbonificati ed ossidati con la tipica colorazione rossastra. Alla base dell'orizzonte clasti carboniosi di taglia centimetrica allineati; nella parte superiore strutture erosive e da carico con riempimento delle areniti dello strato superiore. B) Livello marnoso-siltoso compatto campionato per analisi biostratigrafiche e presente nella parte superiore del tratto di successione misurata. C) Contatto tra la Formazione di Ranzano (a sinistra) e Marne di Monte Piano (a destra) costituite da un orizzonte inferiore rossastro e varicolorato ed uno superiore grigio-verdognolo, così come si osserva in molte località lungo il fianco meridionale della sinclinale di Viano. L'affioramento visibile una quindicina di anni fa si trovava in corrispondenza della sponda destra del Secchia, qualche centinaio di metri a monte del tratto di successione fossilifera. Il contatto è probabilmente di tipo tettonico. D) Clasto calcareo-marnoso di ampie dimensioni entro la porzione conglomeratica basale di uno strato torbiditico; il clasto deriva dalla porzione superiore

di torbiditi calcareo-marnose cretacee (probabilmente Flysch di M. Cassio) e deriva da porzioni del substrato ligure esposto in aree sottomarine ed inglobato e trasportato durante il flusso granulare del detrito epiclastico tipico del Ranzano. Le caratteristiche litologiche poco resistenti alla frammentazione e alla degradazione e la taglia del blocco escludono la possibilità che esso abbia subito un benché minimo trasporto in ambiente fluviale. E) Esempio delle diffuse discontinuità tettoniche (evidenziate in rosso) di vario tipo (dislocazioni, diaclasi, bande di deformazione e zone a bande di deformazione) e variamente orientate che interessano un banco arenitico fine ad assetto sub-verticale. In alto nella foto è evidenziato con una linea nera il giunto con lo strato superiore a base conglomeratica. F) Blocchi e masse di varia taglia (evidenziate con linea nera) di peliti delle Marne di Monte Piano (MMP) inglobate come clasti nella parte inferiore di un banco arenitico-conglomeratico. Con molta probabilità le peliti erano esposte lungo i canali distributori del sedimento intagliati nel substrato a monte della conoide sottomarina costituita dall'accumulo dei flussi torbiditici. Il discreto contenuto in carbonato dei blocchi pelitici ha provocato in fase diagenetica una particolare cementazione di qualche cm di spessore (indicata in foto dalle frecce) delle areniti inglobanti che circondano i clasti pelitici di maggiori dimensioni.

I resti fossili, la cui dimensione non supera mai quella di alcuni centimetri, sono generalmente abrasati e arrotondati per effetto o di una precedente esposizione subaerea, o di un prolungato trasporto all'interno del flusso granulare detritico. Essi appaiono, inoltre, fortemente decalcificati probabilmente a causa di pregresse condizioni diagenetiche aggressive e, forse, dell'esposizione agli attuali agenti atmosferici.

Le caratteristiche lito-sedimentologiche della successione stratigrafica descritta, comuni a quelle generali della parte inferiore della Formazione di Ranzano della bassa Val Secchia e dell'intera struttura di Viano, indicano meccanismi deposizionali connessi a flussi granulari viscosi di grande volume, con selezione del materiale in ogni singolo evento legato alle dimensioni dei clasti e al loro peso specifico. La parte inferiore arenitico-conglomeratica degli strati mostra una grossolana ed imperfetta gradazione, indicante una certa coesione e una tendenza a scarsa selezione del sedimento ad opera dei flussi. La presenza di clasti pelitici anche di grandi dimensioni, inglobati all'interno della frazione arenitico-conglomeratica, conferma la deposizione da flussi molto viscosi e di grande energia, capaci di trasportare elementi di taglia notevole. La natura di questi clasti, in prevalenza peliti delle Marne di Monte Piano (Fig. 7F) ma anche, nella parte inferiore della formazione, blocchi di marne calcaree attribuibili al Flysch di M. Cassio (Fig. 7D), indica chiaramente che si tratta di elementi intrabacinali provenienti da parti esposte del substrato soggette ad erosioni. Esse venivano coinvolte da fenomeni gravitativi che innescavano e mantenevano i flussi granulari responsabili della risedimentazione in massa di depositi sabbioso/ghiaiosi originariamente collocati in aree costiere o litorali.

Solo nella parte alta degli strati, dove la grana della frazione arenitica si riduce, si ritrovano strutture sedimentarie da correnti trattive rappresentate da una laminazione piano-parallela od ondulata nella quale sono implicati i

materiali vegetali carbonificati (Fig. 6D e Fig. 7A), spesso di dimensioni molto maggiori della frazione litica e, se di forma appiattita, vistosamente allineati secondo l'andamento della laminazione.

4. Analisi paleontologica

Il materiale paleontologico oggetto della corrente nota è conservato presso il Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche dell'Università di Modena e Reggio Emilia con numero di catalogo IPUM35300.

Tutti i macrofossili esaminati all'interno della Formazione di Ranzano sono conservati solitamente come elementi isolati all'interno della classica frazione arenitico-microconglomeratica della formazione, con la quale condividono la taglia. Questa frazione occupa generalmente la porzione inferiore degli strati plurimetrici gradati o costituisce la quasi totalità dello strato quando sono presenti fenomeni erosivi a carico della porzione arenitica fine sommitale. Solo in rarissimi casi è stata osservata l'originaria matrice che doveva ospitare i bioclasti (Fig. 8D), costituita da una calcilutite estremamente fine dal colore bianco. Oltre ai macroforaminiferi, rappresentati principalmente da nummuliti e discocicline (Fig. 8C), gli altri resti fossili appartengono a diversi gruppi di organismi, tutti tendenzialmente afferenti ad acque relativamente poco profonde all'interno della zona fotica. I bioclasti di gran lunga più numerosi sono costituiti da noduli algali o rodoliti (Fig. 8B). La natura sub-sferica, o comunque piuttosto arrotondata, di queste bio-concrezioni, viene generalmente messa in relazione con i meccanismi specifici di genesi di questi accumuli sul fondo marino (rotolamento e accrescimento progressivo in un ambiente ad energia piuttosto elevata). Si tratterebbe, in questo caso, di depositi penecontemporanei al materiale litico prevalente della formazione, ma generati in ambiente litorale o deltizio. La forma tondeggiante comune anche a molti degli altri clasti litici extrabacinali ed il contesto deposizionale torbiditico s.l., nel quale essi sono inseriti, potrebbero, tuttavia, far ritenere che possa trattarsi di elementi rimaneggiati da depositi più antichi. Le forme arrotondate sarebbero, in tale ipotesi, almeno in parte derivate dal trasporto subaereo avvenuto precedentemente alla definitiva collocazione dei materiali nel contesto sedimentario bacinale profondo tipico della Formazione di Ranzano.

Nell'affioramento studiato sono stati osservati anche un buon numero di bivalvi come: *Glycymeris* (Fig. 9A), *Tellinoidea* (Fig. 9C) e *Ostrea* (Fig. 9E). Essi sono generalmente, ad eccezione dell'esemplare di *Ostrea* (Fig. 9E), di piccole dimensioni e si presentano sistematicamente disarticolati ed usurati, caratteristica indicativa di un trasporto lungo e severo in condizioni di alta energia. Scarsi sono i gasteropodi, osservati unicamente in un esemplare (Fig. 6B) ricondotto a *Cerithium* sp. Presente è anche il serpulide *Rotularia spirulea* (Fig.

9D), organismo spesso osservato in associazione a macroforaminiferi (nummuliti) (Hassan-vand *et al.*, 2018). I resti di celenterati (Fig. 8A) sono abbastanza frequenti, ma rappresentati esclusivamente da frammenti, sia di coralli solitari che coloniali. I primi (Fig. 9B) appartengono solamente al genere *Flabellum* (Eocene-attuale), un gruppo di coralli non fotosintetici molto diffuso nel registro fossile, in grado di abitare quasi tutti gli ambienti marini. I coralli coloniali, rappresentati da frammenti di dimensioni non superiori ad alcuni centimetri, sono invece presenti con diverse tipologie di colonie (Fig. 8A).

Oltre ai macroforaminiferi ed ai coralli, i quali verranno esaminati in futuri studi specifici, di particolare interesse per la datazione dei bioclasti rinvenuti è il serpulide *Rotularia spirulea* (Fig. 9D). Esso è caratteristico, oltre che dei sedimenti eocenici italiani datati tra Luteziano e Priaboniano (Rovereto, 1899, 1904a, 1904b), anche di quelli coevi dell'area mediterranea e, più in generale, europea (Hassan-vand *et al.*, 2018). Nel complesso, per ciò che riguarda l'interpretazione paleoambientale, l'associazione fossilifera rinvenuta, caratterizzata dalla presenza di numerosi organismi di ambiente fotico come alghe calcaree, macroforaminiferi e coralli coloniali, è inoltre indicativa di un ambiente di piattaforma con clima tropicale.

La probabile età oligocenica inferiore del tratto di successione della Formazione di Ranzano affiorante lungo il fianco meridionale della sinclinale di Viano (Fregni, 1986; Martelli *et al.*, 1998), la natura di deposito torbidoitico s.l. di mare profondo di questa formazione e lo stato di conservazione dei resti fossili, caratterizzato da frammentazione, decalcificazione e segnali di usura con vistosi arrotondamenti, rendono evidente che il materiale bioclastico rinvenuto abbia subito un sicuro rimaneggiamento. Sul significato di questo rimaneggiamento si possono ipotizzare due diversi scenari. Il primo prevede una provenienza intrabacinale dei bioclasti da depositi carbonatici di piattaforma, anche se non necessariamente ed esclusivamente penecontemporanei al momento di definitiva risedimentazione del materiale epiclastico terrigeno. Si tratterebbe in questo caso di locali, e probabilmente limitate, aree di piattaforma affiancate ad aree litorali e/o deltizie a prevalente sedimentazione terrigena dello stesso bacino epiligure. Queste piattaforme, a dominante sedimentazione carbonatica potrebbero essersi sviluppate, anche con eventuali interruzioni e discontinuità, tra l'Eocene superiore e l'Oligocene inferiore.

Un secondo scenario, forse il più probabile, prevede la derivazione del materiale bioclastico da depositi carbonatici di piattaforma extrabacinali, più antichi rispetto alla Formazione di Ranzano, e collocati in aree emerse di catena e/o dell'avampaese europeo pre-alpino sul quale, le falde alloctone, si erano sovrapposte nelle prime fasi tettoniche a vergenza alpina. Essi sarebbero stati soggetti ad erosione subaerea e trasporto fluviale, per una loro prima collocazione in ambiente marino costiero o deltizio, assieme ai materiali epiclastici terrigeni.

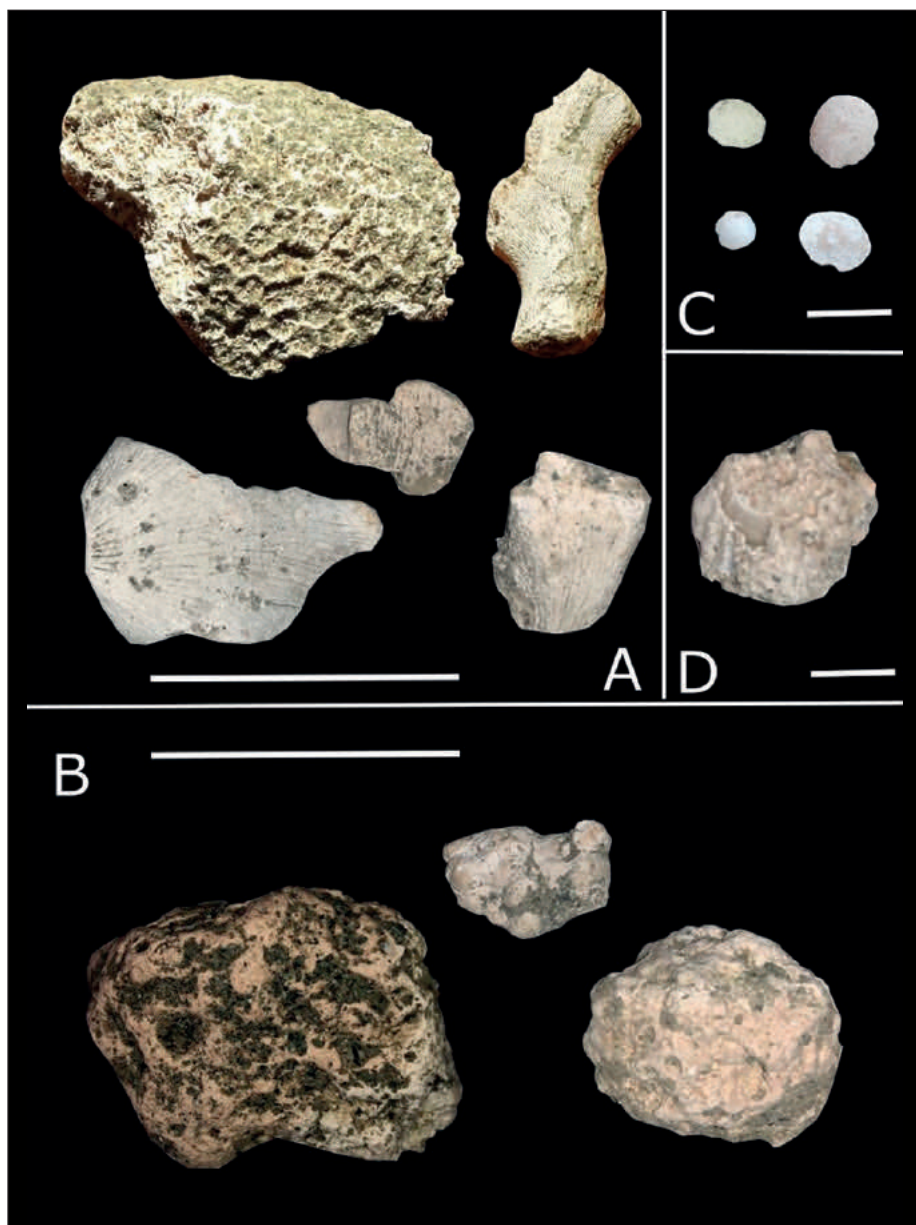


Fig. 8 – Principali bioclasti riconosciuti all'interno dell'affioramento studiato: A) Frammenti di colonie coralline, scala 2 cm; B) Noduli algali (rodoliti), scala 2 cm; C) Macroforaminiferi, scala 0,5 cm; D) Frammento di bivalve con residui dell'originaria matrice, scala 0,5 cm.

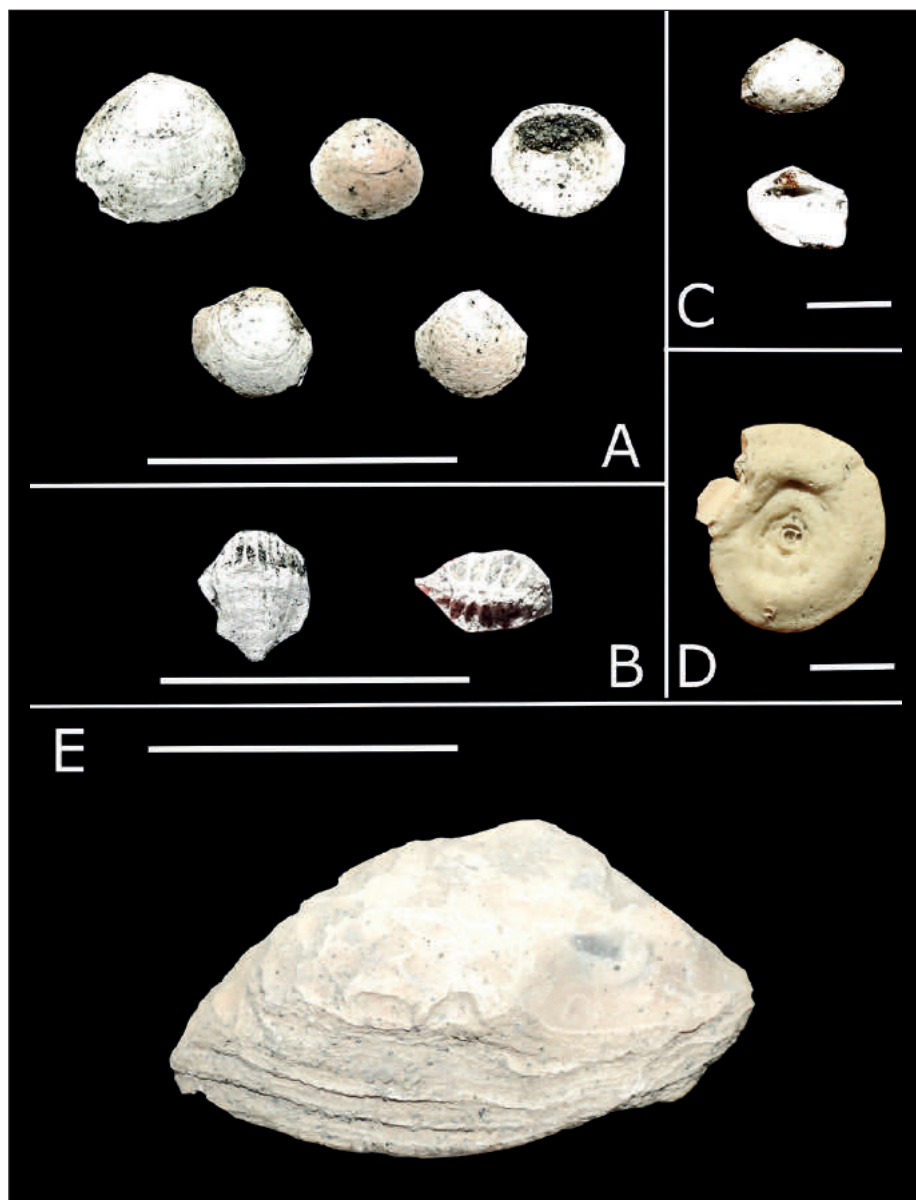


Fig. 9 – Principali bioclasti riconosciuti all'interno dell'affioramento studiato: A) Bivalvi del genere *Glycymeris*, scala 2 cm; B) Coralli del genere *Flabellum*, scala 1 cm; C) Bivalvi del genere *Tellinoidea*, scala 0,5 cm; D) Il serpulide *Rotularia spirulea*, scala 0,5 cm; E) *Ostrea* indet., scala 3 cm.

5. Considerazioni paleogeografiche

Le varie ricostruzioni paleogeografiche relative al limite Eocene-Oligocene proposte per l'area dell'attuale Mediterraneo occidentale concordano nel posizionare la protocatena alpino-appenninica come interposta tra il margine continentale europeo, rappresentato dal blocco Sardo-Corso, e il margine occidentale e settentrionale di Adria (Fig. 10).



Fig. 10 – Schizzo paleogeografico relativo all'Eocene terminale con un'ipotetica e approssimativa ubicazione del bacino epiligure emiliano sud-orientale (stella). Legenda: Tosc = Toscana; Co = Corsica; Sa = Sardegna; Ca = Calabria; Pe = Peloritani. L'area evidenziata in giallo chiaro rappresenta la possibile zona del microcontinente meso-mediterraneo e dell'eventuale area oceanica residua incorporata nella paleocatena durante le prime fasi tettoniche a vergenza europea o alpina. La dislocazione (in origine una trasforma oceanica?) raffigurata con la linea rossa rappresenta lo svincolo tra la zona meridionale con evoluzione e vergenza post-eocenica appenninica (litosfera adriatica che sottoscorre alla paleocatena) e quella settentrionale ove permane la vergenza di tipo alpino con la litosfera europea che progressivamente sottoscorre alla paleocatena eocenica (modificato da Nirta et al., 2024 e Van de Vyver et al., 2024).

Quest'ultimo non era ancora del tutto coinvolto nelle fasi tettoniche a vergenza appenninica e risultava sede della sedimentazione dei domini apuano e toscano, mentre il primo era già ampiamente interessato dalla tetto-genesi alpina, con le unità di catena accavallate sull'avampaese europeo. Alla fine dell'Eocene, l'area sardo-corsa si trovava ancora addossata alla penisola iberica ed all'area provenzale poiché i processi di estensione ed apertura del bacino alghero-provenzale, e la conseguente rotazione antioraria di Sardegna e Corsica, erano ancora in una fase iniziale. Il prisma di accrezione ligure, ed il bacino epiligure impostato su di esso, vengono in quasi tutte le ricostruzioni collocati ad est/sud-est del blocco continentale sardo-corso. Appare dunque scontato come le aree sorgenti del materiale che alimentava la sedimentazione della Formazione di Ranzano e, in particolare, delle frazioni detritiche grossolane, possano essere individuate nelle aree di crosta continentale emerse (sardo-corse) e nelle falde liguri ad esse sovrapposte.

Una possibile interessante variante al quadro paleogeografico descritto consiste nella eventualità che, tra il blocco sardo-corso e l'area oceanica ligure-piemontese, fosse presente (Fig. 10) un'area a crosta continentale (microcontinente meso-mediterraneo o AlKaPeCa; cfr. Dallan & Nardi, 1984; Alvarez, 1991; Guerrera *et al.*, 1993; Van Dijk & Scheepers, 1995; Michard *et al.*, 2002; Molli & Tribuzio, 2004; Molli, 2008), origine delle future falde calabro-peloritane. In alcune ricostruzioni paleogeografiche (Guerrera *et al.*, 1993; Tortorici *et al.*, 2009; Handy *et al.*, 2010) viene anche ipotizzata la presenza di un ramo della Tetide alpina, a crosta oceanica, interposto tra il blocco sardo-corso ed il microcontinente meso-mediterraneo. Questa vasta area, con litosfera sia continentale che oceanica, venne interessata, a partire dal Cretaceo superiore-Paleocene, dalle prime fasi tettoniche, eoalpine e/o mesoalpine precoci, a vergenza europea (Molli & Malavieille, 2011). La progressione della convergenza tra la placca iberica e quella adriatica, durante l'Eocene, innescò l'inversione del piano di subduzione e determinò, tra l'Eocene medio ed il superiore, la deformazione anche del margine orientale di AlKaPeCa (Fig. 11). Al di sopra di tale margine si addossò la paleocatena ligure, sulla quale era collocato il bacino epiligure. Nell'Eocene superiore viene inoltre segnalato (Danisik *et al.*, 2007; Molli & Malavieille, 2011) un sensibile sollevamento dell'area continentale, con erosione di parte della copertura sedimentaria del substrato ercinico rappresentata da depositi eocenici. Con l'Oligocene inferiore si affermarono, in corrispondenza della placca iberica, le fasi estensionali che porteranno poi all'apertura del bacino ligure-provenzale, alla rotazione antioraria del blocco sardo-corso e al progressivo avanzamento della paleocatena appenninica sul margine interno di Adria che verrà, a sua volta, via via interessato dall'orogenesi.

Circa la collocazione di possibili depositi di piattaforma carbonatica

pericontinentale che possano aver fornito il materiale di natura bioclastica oggetto di questa nota, va segnalato come siano presenti nella Sardegna orientale (Carmignani *et al.*, 2001) depositi di piattaforma carbonatica eocenici inferiori (formazione di M. Cardiga) ricchi di macroforaminiferi (nummulitidi, assilinidi, orbitoidi), resti di echinidi, bivalvi, gasteropodi, ostreidi, litotamnidi, cefalopodi e coralli. Essi hanno dei corrispondenti anche nella vicina Corsica (Van de Vyver *et al.*, 2024) dove affiorano, in varie zone (Balagne, Corte e Sari-Solenzara), calcari “autoctoni” piuttosto fossiliferi (nummuliti, microforaminiferi, gasteropodi, bivalvi, echinodermi, briozoi, alghe corallinacee ed altri bioclasti), di età compresa tra il Paleocene e l’Eocene medio. Eventuali corrispondenti di questi depositi terziari carbonatici di piattaforma (che si ritrovano peraltro intercalati, o sovrapposti, a formazioni clastiche terrigene, sia continentali che marine) potevano essere presenti anche sui resti dell’area continentale meso-mediterranea, così come essersi sviluppati in corrispondenza di aree litorali eo-oligoceniche del bacino epiligure impostato sulla porzione sommersa della paleocatena. Da queste aree litorali i materiali, sia terrigeni che carbonatici, raggiungevano le aree più profonde dello stesso bacino epiligure per effetto di fenomeni gravitativi sin-deposizionali o in seguito ad erosioni subaeree innescate da fenomeni di sollevamento tettonico e a successive loro rimobilizzazioni.

Un’idea su ciò che poteva costituire l’originario prolungamento verso ovest, e verso le aree più litorali degli attuali affioramenti epiliguri eo-oligocenici dell’Appennino emiliano, possiamo forse averla (Cornamusini & Pascucci, 2014) da due perforazioni profonde (Mimosa 1 e Martina 1) eseguite nel Tirreno settentrionale a sud dell’isola di Pianosa, in corrispondenza di un’attuale zona di alto strutturale (dorsale Elba-Pianosa). Le perforazioni hanno mostrato la presenza di una potente successione (circa 3000 m) costituita da sedimenti terrigeni, prevalentemente bacinali (peliti e corpi torbidity) di età eocenica, dall’Ypresiano al Luteziano terminale. Una discontinuità interna, corrispondente alla base del Luteziano, separa due differenti sistemi torbidity. Essa potrebbe rappresentare la risposta sedimentaria all’acme della fase tettonica ligure, corrispondendo dunque alla discontinuità basale della Successione Epiligure emiliana. Tra i rari bioclasti intercettati in questa successione sono comunque segnalate nummuliti ed alghe. Su questa prima successione eocenica se ne depose, in discontinuità, una seconda di età oligocenica, ancora costituita da sedimenti bacinali terrigeni torbidity simili a quelli epiliguri. Tra le due successioni è presente una lacuna stratigrafica estesa, dal Priaboniano al Rupeliano basale. Essa potrebbe evidentemente corrispondere ad una fase di instabilità tettonica, durante la quale porzioni della successione più antica, o dei suoi equivalenti verso l’area sardo-corsa, avrebbero potuto verosimilmente essere oggetto di fenomeni erosivi e conseguenti rimozioni. Interessante a questo proposito (Fig. 11) è la scansione temporale degli eventi geodinamici,

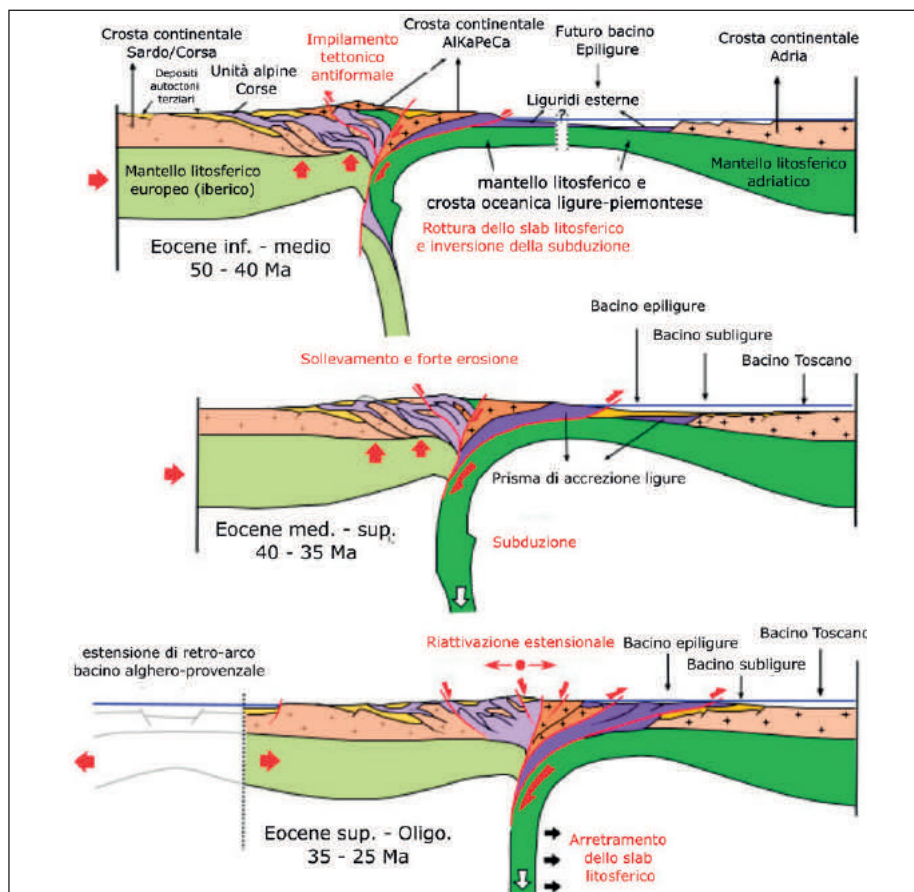


Fig. 11 – Sezioni litosferiche relative al transetto corrispondente al blocco sardo-corso e all’antistante paleocatena alpino-appenninica durante il Paleogene. Le sezioni originarie riguardano la porzione settentrionale della Corsica dove affiorano le unità oceaniche e continentali tettonizzate con vergenza occidentale, ma possono essere concettualmente estese anche a settori più meridionali antistanti l’attuale Sardegna. Sono evidenziate le tappe finali della fase tettonica ligure che interessa l’area oceanica ligure-piemontese e, parzialmente, il margine continentale europeo. Viene proposta l’ipotesi di un’inversione del piano di subduzione tra il Paleocene sup. e l’Eocene inf. e conseguenti forte sollevamento ed erosione, nell’Eocene medio-sup., della paleocatena alpina nella quale era stata coinvolta parte della crosta continentale del micro-continente meso-mediterraneo. L’erosione del margine occidentale del blocco sardo-corso e dell’antistante paleocatena, che procede anche nell’Eocene sup. e nell’Oligocene, durante la fase di riattivazione estensionale connessa all’apertura del bacino alghero-provenzale, fornisce materiale per le aree più profonde del bacino epiligure e può interessare anche i depositi eocenici di piattaforma carbonatica “autoctoni” depositi sia sul basamento pre-alpino sia sulle unità oceaniche di catena (modificata da Molli & Malavieille, 2011).

a livello litosferico, proposta per l'Eocene/Oligocene lungo un transetto corrispondente al blocco sardo-corso ed alla paleocatena antistante (Molli & Malavieille, 2011).

Nella ricostruzione paleogeografica proposta in Cornamusini & Pascucci (2014), l'area della dorsale Elba-Pianosa viene individuata come l'originaria prosecuzione meridionale degli affioramenti epiliguri emiliani. Tuttavia, in tale ricostruzione, non si è forse tenuto conto del sensibile trasporto verso nord dell'insieme delle Liguridi esterne sulle quali si è impostato il bacino epiligure emiliano e del Pavese/Monferrato. Le unità alloctone liguri che ora costituiscono il versante padano della catena nord-appenninica sono state, infatti, tettonicamente sovrapposte, a partire dall'Oligocene superiore-Miocene basale, prima alla Falda toscana e, successivamente, alle unità di avanfossa più recenti del margine occidentale di Adria, fino a quelle padane. Per una corretta valutazione della originaria posizione reciproca tra i depositi terziari che ancora fronteggiano il blocco sardo-corso e quelli epiliguri emiliani, andrebbero, a questo punto, attentamente definite quali siano state l'entità e la traiettoria dell'alloctonia che ha interessato la Falda toscana (e le Liguridi esterne/Epiliguri a loro sovrapposte) durante le fasi tettoniche mioceniche ed eventualmente quelle successive. Queste ultime fasi neogeniche, vere responsabili della costruzione dell'attuale catena appenninica, hanno, come noto, determinato una sensibile dislocazione delle unità toscane, sia rispetto al loro substrato metamorfico e di basamento pre-alpino apuano, sia rispetto alle porzioni dell'avampaese padano/adriatico che progressivamente venivano coinvolte ed inglobate nella catena stessa.

7. Conclusioni

L'ambiente sedimentario relativo al tratto di successione stratigrafica corrispondente alla porzione inferiore della Formazione di Ranzano oggetto di questa nota può essere verosimilmente identificato nella porzione prossimale di una conoide sottomarina, non molto distante dallo sbocco degli apparati distributori del sedimento. I dati reperibili in letteratura per gli affioramenti del basso Appennino reggiano sulla direzione delle correnti ricavati da vari tipi di strutture sedimentarie (Bonazzi, 1971; Masini & Pecchioli, 1988) indicano flussi prevalenti da NW con apporti secondari da SW. Ciò potrebbe indicare un bacino con un pendio "regionale", ora orientato da NW verso SE, parallelamente all'attuale asse della catena e apporti sedimentari immessi lungo direzioni ad esso ortogonali (da SW verso NE). Si potrebbe dunque immaginare lo sviluppo di un corpo sedimentario composito, allungato parallelamente ad un'area emersa, alimentato da apparati distributori che incidevano perpendicolarmente l'area di scarpata di raccordo tra la piattaforma peri-continentale e la piana sottomarina.

Le caratteristiche litologiche dell'area emersa che forniva la maggior parte del materiale che alimentava i flussi gravitativi sono già state ampiamente delineate dagli studi composizionali sulla frazione arenitica e conglomeratica della Formazione di Ranzano (vedi Cap. 3).

Sulla base delle ricostruzioni paleogeografiche e palinspastiche proposte per l'area mediterranea occidentale e relative ad un intervallo Eocene superiore-Oligocene inferiore, appare più che probabile che l'area continentale da cui proveniva il materiale fosse rappresentata (Fig. 11) dal blocco sardo-corso e/o da un'area continentale, a pertinenza europea, più orientale (microcontinente meso-mediterraneo), e da porzioni emerse della paleocatena alpino/appenninica frutto dell'evento deformativo culminato nell'Eocene medio. La presenza entro i depositi arenitico-conglomeratici di blocchi e clasti di materiali liguridi marnosi o pelitici (Fig. 7D), spesso di taglia molto grande ma poco resistenti al trasporto fluviale, indica che porzioni di paleocatena erano esposte anche in ambiente sottomarino ed erano coinvolte ed inglobate nei flussi gravitativi del materiale terrigeno extrabacinale provenienti da zone meno profonde del bacino epiligure. L'occorrenza all'interno del sistema torbido della Formazione di Ranzano della Val Secchia dei bioclasti derivati da originari depositi di piattaforma carbonatica, eccezionali nel generale contesto sterile della formazione, potrebbe riflettere peculiari condizioni locali legate ad un relativo scarso sviluppo areale di piattaforme carbonatiche coeve (o di poco più antiche) o ad una minima esposizione in ambiente subaereo di depositi carbonatici di ambiente litorale.

La mancanza di sedimenti epiliguri eo-oligocenici di ambiente litorale o di piattaforma peri-continentale conservati in catena, impedisce di avere una qualsiasi diretta indicazione sulle caratteristiche dell'area sorgente dei flussi gravitativi che alimentavano la deposizione di ambiente marino profondo della Formazione di Ranzano. Le caratteristiche della frazione terrigena epiclastica suggeriscono comunque rocce madri da crosta di tipo continentale, sia di basamento che di copertura sedimentaria; ad esse si associano rocce di crosta oceanica e relativa copertura inglobate, o esumate, entro un prisma di accrezione. Resta evidentemente da appurare se si tratta di materiali direttamente derivati dal substrato ligure pre-Eocene medio e da quello di crosta continentale pre-alpina o se derivano dalla rimozione/erosione di depositi "epiliguri" precedenti. Indicazioni significative su questo punto potrebbero giungere dall'analisi dettagliata della componente bioclastica e dall'attribuzione cronostratigrafica degli esemplari presenti, non solo nell'affioramento descritto in questa nota, ma anche in quelli della stessa formazione segnalati in altre località dell'Appennino emiliano.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare il Dott. Paolo Serventi per la comunicazione dei numeri di catalogo del materiale paleontologico oggetto di studio. Si ringraziano inoltre il Prof. Cesare Andrea Papazzoni per alcune attribuzioni tassonomiche sul materiale raccolto e la Prof.ssa Chiara Fioroni per l'analisi micropaleontologica sulle nannoflore. Si ringraziano infine Enrico Borghi (Società Reggiana di Scienze Naturali) per la rilettura critica del testo e la Prof.ssa Andrea Mary Lord per la revisione dell'Abstract.

Bibliografia

- ALVAREZ W., 1991 – *Tectonic evolution of the Corsica-Apennines-Alps region studied by the method of successive approximations*. *Tectonics*, **10**, pp. 936-947.
- BALOCCHI P., SANTAGATA T., 2018 – *The transpressive deformation zone of the Ranzano Formation along the River Secchia near Castellarano (Northern Apennines)*. *Atti Soc. Nat. Mat. di Modena*, **149**, pp. 57-67.
- BETTELLI G., BONAZZI U., FAZZINI P., GELMINI R., PANINI F., 1987 – *La geologia del versante padano dell'Appennino settentrionale. Guida alla escursione*. Convegno S.G.I. 25-28/5/1987, Modena.
- BETTELLI G., BONAZZI U., FAZZINI P., PANINI F., 1989 – *Schema introduttivo alla geologia delle Epiliguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **39**, pp. 215-244.
- BETTELLI G., PANINI F., CAPITANI M., 2002 – *Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano sud-orientale*. *Atti 3° Seminario Cartografia Geologica*, Bologna, Regione Emilia-Romagna.
- BONAZZI U., 1971 – *Le Arenarie di Ranzano: caratteristiche sedimentologiche e analogie con altre arenarie paleogeniche emiliane*. *Atti Soc. Nat. Mat. di Modena*, **102**, pp. 1-32.
- BONAZZI U., 1995 – *Una forma di erosione differenziale nell'alveo del fiume Secchia (Pedeappennino modenese)*. *Atti Soc. Nat. Mat. di Modena*, **126**, pp. 19-27.
- BONAZZI U., 1996 – *Modificazioni d'alveo del fiume Secchia avvenute negli ultimi cento anni nei dintorni di Sassuolo (Modena)*. *Atti Soc. Nat. Mat. di Modena*, **127**, pp. 67-99.
- BORCHI E., RONDELLI R., MAGNANI S., 2022 – *First record of the Mazettia genus (Echinoidea) in the Pliocene*. *Atti Soc. Nat. Mat. di Modena*, **153**, pp. 89-98.
- BOSELLINI F., PANINI F., VESCOGNI A., 2003 – *Ciotoli e blocchi di origine recifale nei conglomerati basali della Formazione a Colombacci (Messiniano, bassa Val Secchia, Appennino Settentrionale)*. *Atti Ticinesi di Scienze della Terra*, **44**, pp. 45-55.
- CARMIGNANI L., CONTI P., BARCA S., CERBAI N., ELTRUDIS A., FUNEDDA A., OGGIANO G., PATA E.D., 2001 – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, ISPRA, Foglio 549 "Muravera"*. Sardegna, 141 pp.
- CATANZARITI R., MARTELLI L., RIO D., 1997 – *Late Eocene to Oligocene Calcareous Nanofossils Biostratigraphy in the Northern Apennines: the Ranzano Sandstone*. *Mem. Sci. Geol.*, **49**, pp. 207-253.
- CAVANNA F., DI GIULIO A., GALBIATI B., MOSNA S., PEROTTI C.R., PIERI M., 1989 – *Carta geologica dell'estremità orientale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese*. *Atti Tic. Sci. Terra*, n. **32**.
- CIBIN U., 1993 – *Evoluzione composizionale delle areniti nella Successione Epiligure eo-oligocenica (Appennino settentrionale)*. *Giornale di Geologia*, **55**, pp. 69-92.
- CIBIN U., SPADAFORA E., ZUFFA G.G., CASTELLARIN A., 2001 – *Continental collision history from arenites of episutural basins in the Northern Apennines, Italy*. *Geological Society of America Bulletin*, **113**, pp. 4-19.
- CIBIN U., DI GIUGLIO A., MARTELLI L., 2003 – *Oligocene-Early Miocene tectonic evolution of the Northern Apennines (northwestern Italy) traced through provenance of piggy-back basin fill successions*. *Geological Society Special Publications*, **208**(1), pp. 269-287, London.
- CORNAMUSINI G., PASCUCCI V., 2014 – *Sedimentation in the Northern Apennines-Corsica tectonic knot (Northern Tyrrhenian Sea, Central Mediterranean): offshore drilling data from the Elba-Pianosa Ridge*. *International Journal of Earth Sciences*, **103**(3), pp. 821-842.
- DALLA CASA G., GHELARDONI R., 1967 – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*.

- Foglio 84 "Pontremoli" e 85 "Castelnovo ne' Monti". Servizio Geologico d'Italia, pp. 83.
- DALLAN L., NARDI R., 1984 – *Ipotesi dell'evoluzione dei domini "liguri" della Corsica nel quadro della paleogeografia e della paleotettonica delle unità alpine*. Boll. Soc. Geol. It., **103**, pp. 515-527.
- DANISIK M., KUHLEMANN J., DUNK I., SZEKELY B., FRISCH W., 2007 – *Burial and exhumation of Corsica (France) in the light of fission track data*. Tectonics, **26**, TC1001, doi:10.1029/2005TC001938.
- DI GIULIO A., 1990 – *Litostratigrafia e petrografia della successione eo-oligocenica del Bacino Terziario Ligure-Piemontese, nell'area compresa tra le valli del Grue e Curone (Prov. di Alessandria, Italia settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **109**, pp. 279-298.
- DI GIULIO A., MANCIN N., MARTELLI L., 2002 – *Geohistory of the Ligurian orogenic wedge: first inferences from Epiligurian sediments*. Boll. Soc. Geol. It., Spec. Vol., pp. 375-384.
- FREGNI P., 1986 – *L'età Eocene medio-Oligocene inferiore delle Marne di Monte Piano nella sinclinale di Viano (Prov. Reggio E., Appennino Settentrionale)*. Riv. It. Pal. Strat., **92**(2), pp. 261-280.
- GASPERI G., BETTELLI G., PANINI F., PIZZIOLLO M., 2005 – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 219 "Sassuolo"*. Regione Emilia-Romagna, 195 pp.
- GNACCOLINI M., 1978 – *Depositi oligocenici di "fan-delta" nella regione compresa tra Bosio e la Cresta di Cravara (Bacino Terziario Ligure-Piemontese)*. Riv. It. Pal. Strat., **84**(3), pp. 673-699.
- GUERRERA F., MARTÍN-ALGARRA A., PERRONE V., 1993 – *Late Oligocene-Miocene syn- late-orogenic successions in western and central Mediterranean chains from the betic Cordillera to the southern Apennines*. Terra Nova, **5**, pp. 525-544.
- HANDY M.R., SCHMID S.M., BOUSQUET R., KISSLING E., BERNOULLI D., 2010 – *Reconciling plate-tectonic reconstructions of Alpine Tethys with the geological-geophysical record of spreading and subduction in the Alps*. Earth-Science Reviews, **102**, pp. 121-158.
- HASSAN-VAND M.K., KOČI T., BAHRAMI A., YAZDI M., SAFARI A., 2018 – *The serpulid polychaete Rotularia spirulaea (Lamarck, 1818) from the Eocene of Isfahan (Iran) and its palaeoecological implication*. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. **287**(2), pp. 123-142.
- LOSACCO U., 1967 – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 86 "Modena"*. Litografia Poligrafica dello Stato, Roma.
- MANCIN N., PIRINI C., 2003 – *Middle Eocene to Early Miocene foraminiferal biostratigraphy in the Epiligurian Succession (Northern Apennines, Italy)*. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, **107**(3), pp. 371-393.
- MARTELLI M., CIBIN U., GIULIO A., CATANZARITI R., RIO D., 1993 – *Revisione litostratigrafica della formazione di Ranzano*. Proposta per la Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, 3° Convegno Gruppo inf. di Sedim. del CNR, Riassunti, pp. 13-14.
- MARTELLI M., CIBIN U., GIULIO A., CATANZARITI R., 1998 – *Litostratigrafia della Formazione di Ranzano (Priaboniano-Rupelino, Appennino Settentrionale e Bacino Terziario Piemontese)*. Boll. Soc. Geol. It., **117**, pp. 151-185.
- MASINI L., PECCHIOLI A., 1988 – *I conglomerati delle Arenarie di Ranzano nella Bassa Val Ceno e nei dintorni di Viano (Appennino Emiliano)*. Acta Naturalia, l'Ateneo Parmense, **24**, pp. 123-141.
- MICHARD A., CHALOUAN A., FEINBERG H., GOFFÉ B., MONTIGNY R., 2002 – *How does the Alpine belt end between Spain and Morocco?* Bulletin de la Société Géologique de France, **173**, pp. 3-15.
- MOLLI G., 2008 – *Northern Apennine-Corsica Orogenic System: An Updated Overview*. Geological Society Special Publications, **298**, pp. 413-442, London.
- MOLLI G., TRIBUZIO R., 2004 – *Shear zones and metamorphic signature of subducted continental crust as tracers of the evolution of the Corsica/Northern Apennine orogenic system*. In: I. Alsop, R.E. Holdsworth, J.W. McCaffrey & M. Hand (eds.): "Flow process in faults and shear zones", Geological Society Special Publication, **224**, pp. 321-335, London.
- MOLLI G., MALAVIEILLE J., 2011 – *Introduction to the Field trips of the Corse Alp*. Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, ISSN 1441-8142, vol. **39**, paper 1. In: J. Malavieille, G. Molli, A. Vitale Brovarone & O. Beyssac (eds.) "CorseAlp 2011", Field Trip Guidebook.
- MUTTI E., PAPANI L., DI BIASI D., DAVOLI G., MORA S., SEGARELLI S., TINTERRI R., 1995 – *Il bacino terziario epimesoalpino e le sue implicazioni sui rapporti tra Alpi e Appennino*. Mem. Soc. Geol., **47**, pp. 217-244.
- NIRTA G., REMITTI F., BARBERO E., FESTA A., 2024 – *Offscraping and shallow ophiolite accretion in the Ligurian Accretionary Wedge (Tuscan Apennines): role of seafloor structural inheritance*. Journal of the Geological Society, **181**, 15 pp.

- PAPANI G., DE NARDO M.T., BETTELLI G., RIO D., TELLINI C., VERNIA L., FORNACIARI E., IACCARINO S., MARTELLI L., PAPANI L., CIBIN U., SPADAFORA E., GABOARDI S., 2002 – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio n. 218 "Castelnovo ne' Monti"*. Regione Emilia-Romagna.
- PIAZZA A., ARTONI A., OGATA K., 2018 – *The Epiligurian wedge-top succession in the Enza Valley (Northern Apennines): evidence of a syn-depositional transpressive system*. *Swiss J Geosci* (2016), **109**, pp. 17-36.
- PIERI M., 1961 – *Nota introduttiva al rilevamento del versate appenninico padano eseguito nel 1955-59 dai geologi dell'Agip*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **80**(1), pp. 1-34.
- REMITTI F., VANNUCCHI P., BETTELLI G., FANTONI L., PANINI F., VESCOVI P., 2010 – *Tectonic and sedimentary evolution of the frontal part of an ancient subduction complex at the transition from accretion to erosion: the case of the Ligurian wedge of the Northern Apennines, Italy*. *GSA Bull.*, **123**(1-2) (2011), pp. 51-70.
- RICCI LUCCHI F., ORI G.G., 1985 – *Field excursion D: syn-orogenic deposits of a migrating basin system in the NW Adriatic Foreland*. In: P.H. Allen, P. Homewood & G. Williams (eds.) "Excursion Guidebook", *Foreland Basins Symposium*, Fribourg, pp. 137-176.
- RONDELLI R., BORGHI E., BORGHI M., 2023 – *Analisi paleontologica sulla trasgressione pliocenica nell'alveo del fiume Secchia presso San Michele dei Mucchietti (Modena)*. *Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali* (2021-2022), pp. 1-27.
- ROVERETO G., 1899 – *Serpulidae del Terziario e del Quaternario in Italia*. *Palaeontographia Italiana*, **4**, pp. 47-92.
- ROVERETO G., 1904a – *Studi monografici sugli anellidi fossili del Terziario*. *Palaeontographia Italica*, **10**, pp. 1-73.
- ROVERETO G., 1904b – *Contributo allo studio dei Vermeti fossili*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **23**, pp. 67-83.
- SPADINI V., 2023 – *Anthozoans (Cnidaria) from the Zanclean of the Secchia River (Northern Italy)*. *Notiziario della Società Reggiana di Scienze Naturali*, pp. 59-80.
- THIEME R., 1961 – *Serie stratigrafica di Antognola*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **80**(1), pp. 89-98.
- TORTORICI L., CATALANO S., MONACO C., 2009 – *Ophiolite-bearing mélanges in southern Italy*. *Geological Journal*, **44**, pp. 153-166.
- VAN DE VYVER C., CARPENTIER C., FORD M., VERGÈS J., MELINTE-DOBRIANESCU M., 2024 – *Sedimentology and structure of the Paleogene Nummulitic series of Corsica: reconstruction of the southern termination of the western Alpine foreland basin*. *Basin Research*, **36**, e12898. <https://doi.org/10.1111/bre.12898>.
- VAN DIJK J.P., SCHEEPERS P.J.J., 1995 – *Neotectonic rotations in the Calabrian Arc; implications for a Pliocene-Recent geodynamic scenario for the Central Mediterranean*. *Earth-Science Reviews*, **39**(3-4), pp. 207-246.
- VESCOVI P., con il contributo di: ANDREZZI M., DE NARDO M. T., LASAGNA S., MARTELLI L., RIO D., TELLINI C., VERNIA L., 2002 – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 216 "Borgo Val di Taro"*. Regione Emilia-Romagna, 115 pp.

Giovanni Martinelli*

La presenza di paleoacque sotterranee in Pianura Padana: aspetti idrochimici, climatologici e geomorfologici

Riassunto

L'acqua consumata di origine superficiale in Emilia-Romagna è pari al 40% mentre quella di origine sotterranea è pari al 60% del totale ed è attinta da circa 100.000 pozzi caratterizzati da profondità comprese tra i 5 e i 600 m di profondità. Gli elevati livelli di consumo stimati in circa 736 milioni m³/anno generano marcati fenomeni di subsidenza e deterioramento della qualità delle acque sotterranee in tutta la Pianura Padana. È dunque necessario migliorare le conoscenze sulle modalità di alimentazione e di ricarica degli acquiferi emiliano-romagnoli. L'articolo esamina le caratteristiche idrochimiche delle paleoacque, auspicando ulteriori studi sugli acquiferi per giungere ad un uso più sostenibile della risorsa idrica e all'esaurimento del fenomeno della subsidenza indotta dal sovra-sfruttamento delle acque sotterranee.

Abstract

Presence of ancient groundwater in the Po Plain (Italy): hydrochemical, climatological and geomorphological features. *The consumption of surface water in Emilia-Romagna equals 40% of the total, whereas the remaining 60% consists of groundwater. The latter is drawn from about 100,000 wells at depths of 5 to 600 metres. The extremely high levels of consumption of groundwater, estimated at about 736 millions m³/year, have caused intense subsidence and deterioration of groundwater quality parameters in the whole Po Plain. It is therefore necessary to improve our knowledge on the feeding and recharge patterns of the Emilia-Romagna aquifers. This article examines the hydrochemical characteristics of groundwater, in particular of palaeowaters, hoping for further investigations on aquifers in order to achieve more sustainable use of hydric resources and drastically reduce the of subsidence phenomena induced by the groundwater overdraft. Furthermore, the climatic and geomorphological consequences resulting from the isotopic characteristics of groundwater and surface waters found in our region are examined. Finally, the negative geomorphological changes linked to widespread subsidence are discussed.*

Parole chiave: Acque fossili, paleoacque, paleoclimi, Pianura Padana

Keywords: Fossil waters, palaeowaters, palaeoclimates, Po Plain, Italy

* INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Via Ugo La Malfa 153, 90146 PALERMO; e-mail: giovanni.martinelli15@gmail.com.

1. Introduzione

Il territorio della Regione Emilia-Romagna è caratterizzato da una superficie di 22.509 km² ed è ubicato in una delle aree economicamente più sviluppate d'Italia. La superficie di territorio dedicata alla agricoltura è di 13.198 km². Le caratteristiche produttive della regione e, in particolare, l'assetto del comparto agricolo inducono forti consumi di acqua che viene attinta dai fiumi, dai canali di bonifica e dagli acquiferi sotterranei. L'acqua consumata di origine superficiale è pari al 40% mentre quella di origine sotterranea è pari al 60% del totale e viene attinta da circa 100.000 pozzi caratterizzati da profondità comprese tra i 5 e i 600 metri. Gli elevati livelli di consumo, stimati in circa 736 milioni m³/anno (Bonsignore *et al.*, 2008), generano marcati fenomeni di subsidenza e deterioramento della qualità delle acque sotterranee. Oltre il 20% delle acque sotterranee è destinato ad impieghi connessi con l'agricoltura (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998).

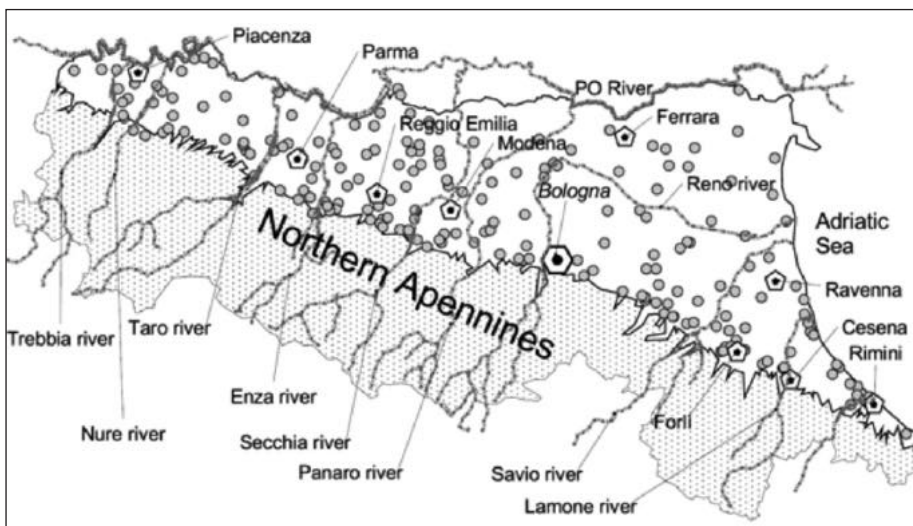


Fig. 1 – Area investigata con localizzazione dei 208 pozzi utilizzati nella prospezione di tipo idrochimico ed isotopico (Martinelli *et al.*, 2014). 168 pozzi erano caratterizzati da profondità tra 60 e 550 m. Nella zona dei conoidi sono stati utilizzati anche pozzi di profondità compresa tra 10 e 58 m.

L'Emilia-Romagna è situata nella parte meridionale della Pianura Padana ed è circondata dalla catena appenninica a sud, dal Mare Adriatico a est e dal Fiume Po a nord. Le quote appenniniche massime sono in provincia di Modena e Reggio Emilia. Le differenze tra le quote presenti nel territorio dell'Emilia-Romagna inducono notevoli processi di frazionamento che

generano differenziazioni nelle concentrazioni isotopiche presenti nelle acque di precipitazione e nelle acque sotterranee della regione.

Alla luce dei fenomeni di sfruttamento delle acque sotterranee e della conseguente subsidenza, è dunque necessario migliorare le conoscenze sulle modalità di alimentazione e di ricarica degli acquiferi emiliano-romagnoli. Gli isotopi dell'ossigeno e dell'idrogeno sono soggetti a fenomeno di frazionamento nei processi di condensazione tipici di tutte le precipitazioni (Craig, 1961). Altri autori (cfr. Dansgaard, 1964) hanno valutato la relazione tra i fenomeni di frazionamento dei rapporti isotopici $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ e D/H e la temperatura ambientale. Siegenthaler & Oeschger (1980) hanno precisato la relazione che correla i rapporti isotopici $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ e D/H nelle acque di precipitazione e la quota.

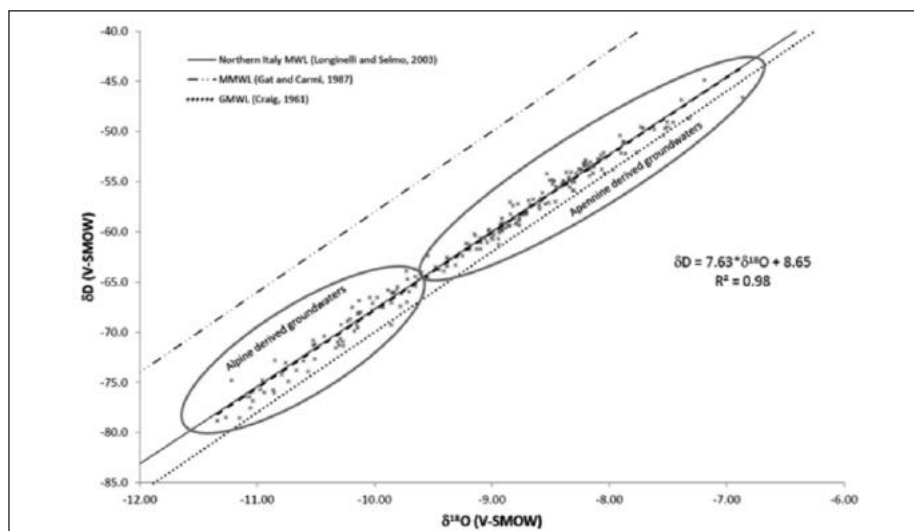


Fig. 2 – Rette ottenute dai valori isotopici di Martinelli et al. (2014). Sono indicate anche le equazioni ottenute da Longinelli & Selmo (2003) per il Nord Italia e da Global MWL (Craig, 1961) e la Mediterranean MWL (Gat & Carmi, 1988). Sono indicate anche le acque di origine padano-alpina e le acque di origine appenninica.

2. Aspetti climatologici

Nel presente lavoro vengono precisate le conseguenze climatologiche e geomorfologiche dovute alle caratteristiche isotopiche delle acque sotterranee e superficiali presenti in Emilia-Romagna. Sono stati considerati tutti i dati pubblicati dal 1975 che hanno permesso a Dadomo & Martinelli (2005) una caratterizzazione delle precipitazioni, delle acque sotterranee e di alcune acque superficiali, completate e perfezionate da Martinelli et al. (2014). Il gradiente

isotopico verticale per l'Emilia-Romagna è di circa $-0,15 \delta^{18}\text{O}/100 \text{ m}$ (Fig. 1) ed è proporzionale a valori di gradiente termico di circa $-0,5 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ (Dansgaard, 1964; Siegenthaler & Oeschger 1980).

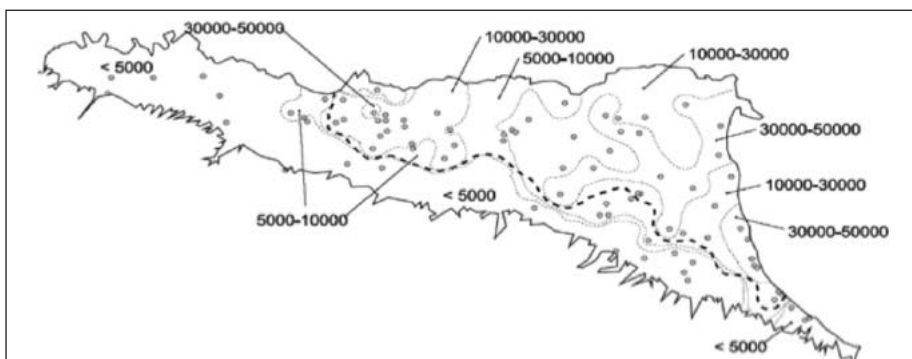


Fig. 3 – Distribuzione geografica dei valori di età ^{14}C (in anni B.P. corretti secondo Pearson & Hanshaw, 1970) negli acquiferi considerati. È anche indicato il “confine isotopico” (linea tratteggiata) che suddivide l’ambiente appenninico da quello padano-alpino. Nelle acque sotterranee non freatiche dell’ambiente appenninico non sono presenti acque di ambiente padano-alpino e viceversa.

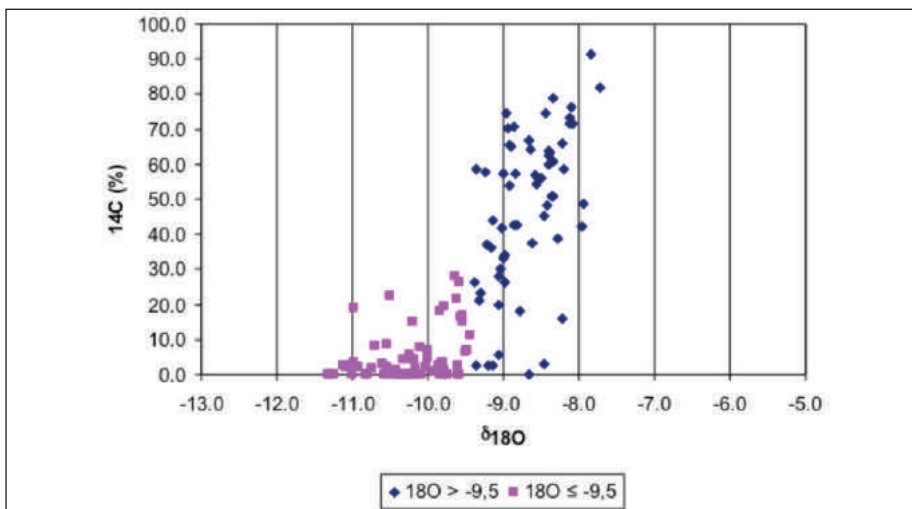


Fig. 4 – Confronto tra i valori isotopici dell’ossigeno e del carbonio 14. Le acque più antiche (ad es. ^{14}C 0-30%) sono caratterizzate da valori particolarmente impoveriti di ^{18}O . Si tratta di acque padano-alpine in cui i valori isotopici sono stati influenzati da temperature di condensazione più basse. Nel territorio regionale sono presenti acque antiche di origine appenninica e acque antiche di origine padana. Vari acquiferi profondi sono saturati da acque antiche infiltrate in condizioni climatiche diverse dalle attuali.

Nel territorio regionale sono presenti acque antiche di origine appenninica e acque antiche di origine padana. Vari acquiferi profondi sono saturati da acque antiche infiltratesi in condizioni climatiche diverse dalle attuali.

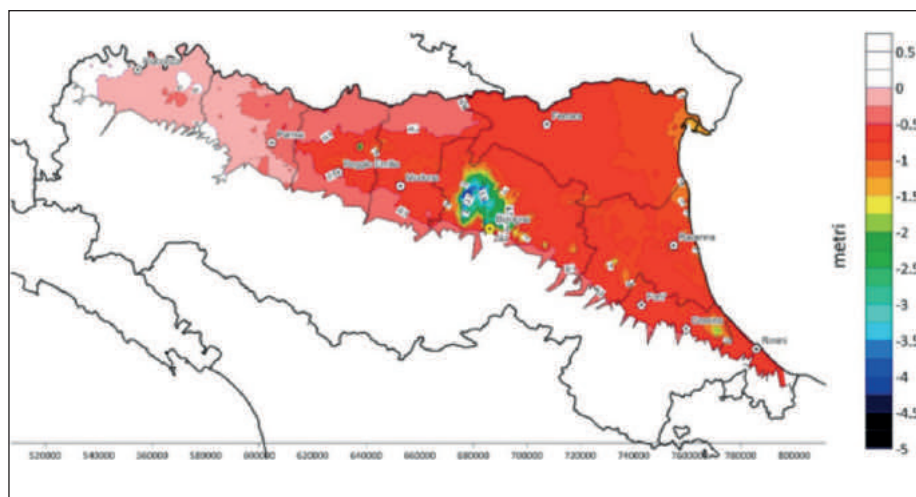


Fig. 5 – Mappa della subsidenza cumulata nel periodo 1897-2021. Il sovrasfruttamento degli acquiferi negli ultimi 120 anni ha generato una nuova superficie topografica più bassa rispetto a quella originale, alterando le caratteristiche geomorfologiche dell'epoca pre-industriale (Rusconi et al., 2025).

3. Fenomeni di subsidenza

Molte aree di pianura del territorio italiano sono caratterizzate da fenomeni di subsidenza dovuti al sovrasfruttamento di acquiferi scarsamente o del tutto non alimentati. L'area più affetta da fenomeni di subsidenza coincide con l'Emilia-Romagna in cui sono stati registrati valori tra i più alti d'Europa. In particolare negli ultimi 120 anni in aree specifiche di Bologna sono stati registrati valori cumulati che hanno raggiunto 3,5 m (Zuccarini et al., 2024; Rusconi et al., 2025). Nella città di Modena e in altre città dell'ambiente di pianura sono stati registrati valori compresi tra 1 e 1,5 m nel medesimo periodo di tempo. L'entità del valore cumulato di subsidenza e le caratteristiche di irreversibilità del fenomeno indicano che il fenomeno osservato ha alterato le caratteristiche geomorfologiche di un'area relativamente vasta. L'area affetta da fenomeni di subsidenza è anche soggetta a ricorrenti fenomeni di alluvionamento per i quali non appaiono vicine soluzioni di carattere condiviso e definitivo (Nora, 2025).

4. Conclusioni

Lo sfruttamento di acque non ricaricate equivale a una sottrazione di risorse fossili scarsamente o del tutto non rinnovabili. La scomparsa definitiva di importanti volumi di crosta terrestre inducono modificazioni permanenti della superficie geomorfologica, dell'altimetria e della conseguente capacità di drenaggio, resa vulnerabile ai fenomeni di alluvionamento. Nel tempo storico, e in particolare negli ultimi decenni, le autorità preposte hanno promosso, tra l'altro, la costruzione di invasi utili per la ritenzione delle acque precipitate in eccesso durante i periodi piovosi. La scelta si è rivelata insufficiente e non in grado di evitare l'importazione di acque dal Fiume Po per impieghi agricoli. È importante considerare i fenomeni di ristagno verificati nel corso delle alluvioni degli ultimi 10 anni. Si tratta di eventi di alluvionamento di cantine, sottopassaggi, primi piani di abitazioni, garage, aree industriali o occupate da abitazioni civili non sufficientemente drenate.

Tra i danni dovuti al sovrasfruttamento degli acquiferi occorre inoltre considerare sempre la diminuzione delle volumetrie di acque sotterranee antiche, e quindi non inquinate, potenzialmente utili nel caso le diminuzioni nelle precipitazioni dovute ai cambiamenti climatici in atto portassero alla necessità di attingere a fonti non convenzionali di acque dolci. L'impiego di invasi di sufficienti dimensioni, la diffusione di pompe idrovore in grado di simulare i fenomeni di drenaggio non più possibili secondo le forzanti naturali ed efficaci politiche di riduzione dei consumi delle acque sotterranee potranno eventualmente contribuire alla mitigazione dei fenomeni osservati.

Bibliografia

- BONSIGNORE F., CRISTOFORI D., COSTANTINO R., ERRIGO D., PORRELLI M.G., LAGHI A., 2008 – *Analisi preliminare degli effetti dei prelievi di acque sotterranee sulla evoluzione recente del fenomeno della subsidenza in Emilia-Romagna*. Technical Report, Regione Emilia-Romagna ARPA, Bologna, 50 pp.
- CRAIG H., 1961 – *Isotopic Variations in Meteoric Waters*. Science, **133**, pp. 1702-1703.
- DADOMO A., MARTINELLI G., 2005 – *Aspetti di idrologia isotopica in Emilia-Romagna*. In: Giornata mondiale dell'acqua - Acqua e copertura vegetale, Collana "Atti dei Convegni Lincei", Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), Roma, **216**, pp. 161-170.
- DANSGAARD W., 1964 – *Stable Isotopes in Precipitation*. Tellus, **16**(4), pp. 436-468, Wiley.
- GAT J.R., CARMÍ I., 1987 – *Effect of climate changes on the precipitation patterns and isotopic composition of water in a climate transition zone: case of the Eastern Mediterranean Sea*. "The influence of climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources", IAHS Publ. **168**, pp. 513-523.
- LONGINELLI A., SELMO E., 2003 – *Isotopic composition of precipitation in Italy: A first overall map*. Journal of Hydrology, **270**(1-2), pp. 75-88.
- MARTINELLI G., CHAHOUD A., DADOMO A., FAVA A., 2014 – *Isotopic features of Emilia-Romagna Region (North Italy) groundwaters*. Environmental and climatological implications, Journal of Hydrology, **519**, Part B, pp. 1928-1938.
- NORA E., 2025 – *Alluvioni ed allagamenti connessi alla naturale condizione della pianura alluvionale modenese, alla sua storia, agli odierni cambiamenti climatici e alla sua vulnerabilità*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **156**, pp. 239-255.
- PEARSON F.J., HANSHAW B.B., 1970 – *Sources of dissolved carbonate species in groundwater and their effects on carbon-14 dating*. Isotope Hydrology, IAEA Symposium Proceedings, Geneva, pp. 271-286.

- REGIONE EMILIA-ROMAGNA, ENI-AGIP, 1998 – *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. Di Dio, S.EL.CA., Firenze, 120 pp.
- RUSCONI G., BERTOLANI M., MARTINELLI G., DADOMO A., 2025 – *Verso il nuovo piano di tutela delle acque. Le proposte del mondo dell'industria*. Confindustria, Emilia-Romagna, Bologna, 40 pp.
- SIEGENTHALER I., OESCHGER H., 1980 – *Correlation of ^{18}O in precipitation with temperature and altitude*. *Nature*, **285**, pp. 314-317.
- ZUCCARINI A., GIACOMELLI S., SEVERI P., BERTI M., 2024 – *Long-term spatio-temporal evolution of land subsidence in the urban area of Bologna, Italy*. *Bull Eng Geol Environ*, **83**, 35. <https://doi.org/10.1007/s10064-023-03517-5>.

Fulvio Baraldi*

I Murazzi del Lido di Venezia

Riassunto

Il Lido di Venezia, che separa la laguna e la città dal mare, è dotato di una difesa contro le mareggiate e l'intrusione marina per mezzo di una costruzione in pietra d'Istria, detta i Murazzi, lunga circa 4,7 km. Nel corso dei secoli le modalità di costruzione di questa difesa sono profondamente mutate, seguendo l'esperienza maturata. L'imponente opera ha richiesto il trasporto dall'Istria di un'enorme quantità di massi, che venivano caricati su particolari imbarcazioni, dette Trabaccoli.

Abstract

The “Murazzi” of the Lido of Venice (Italy). The Lido of Venice, which separates the lagoon and the city from the sea, is protected from storm surges and sea intrusions by a 4.7 km-long Istria stone structure called “Murazzi”. Over the centuries, the construction methods for this defence have changed dramatically, reflecting acquired experience. These massive structures required the transport of a huge amount of rocks from Istria, which were loaded onto special vessels named “Trabaccoli”.

Parole chiave: Lido di Venezia, Murazzi, pietra d'Istria, Trabaccoli

Keywords: Lido of Venice, Murazzi, Istria stone, Trabaccoli, Italy

1. Premessa

La difesa del Lido di Venezia, che assieme a quello di Pellestrina separa la laguna veneziana dal mare, è affidata nella sua porzione centrale a una barriera costituita da massi di pietra d'Istria lunga circa 4,7 km e denominata “Murazzi” (Fig. 1). Sebbene la difesa complessiva della laguna e della città di Venezia dall'acqua alta sia oggi affidata al MoSE (Modulo Sperimentale Elettromeccanico), i Murazzi costituiscono ancora un'opera fondamentale per la difesa idraulica del Lido di Venezia.

* Geologo, Via F.lli Bandiera 33, 46100 MANTOVA; e-mail: baraldi.geologo@gmail.com.



Fig. 1 – Ubicazione dei Murazzi al Lido di Venezia (Google Maps).

Nei secoli passati la difesa idraulica del Lido di Venezia fu affidata a sistemi, rivelatisi nel corso del tempo poco efficaci, consistenti in palificazioni (*palade* o *palate* in veneziano) che dovevano essere soggette a continue manutenzioni e rifacimenti.

Una mappa attribuita a Nicolò Dal Cortivo (?-1566)¹ e risalente al XVI secolo (Fig. 2), mostra la presenza di *palade* trasversali alla linea di spiaggia nella parte meridionale del Lido di Venezia, in prossimità della Bocca di Malamocco, realizzate per la difesa della linea di costa dalle mareggiate (D'Alpaos, 2010a).

¹ Di Nicolò Dal Cortivo si hanno pochissime informazioni biografiche: egli è conosciuto grazie alle sue mappe che permettono di avere notizie sulle vicende idrauliche della laguna veneziana. Era nipote di Angelo Dal Cortivo (Venezia, 1464-1536), ingegnere della Repubblica di Venezia, di cui Nicolò seguì le orme.



Fig. 2 – Mappa di Nicolò Dal Cortivo, XVI secolo (D’Alpaos, 2010a).

Secondo D’Alpaos (2010b):

Prima della costruzione dei “Murazzi” la difesa dei litorali era affidata alla costruzione di palate e/o speroni radicati alla riva, con sommità di poco emergente rispetto al comune marino², spinti verso il mare per lunghezze diverse (fino anche a un centinaio di metri) e con differente orientamento. Queste opere, generalmente formate da un doppio ordine di pali di quercia collegati da traversi e con lo spazio interposto riempito di pietrame relativamente minuto, erano difesi dallo scalzamento mediante una scogliera esterna, ma necessitavano di continua manutenzione per la rapidità con cui le strutture in legno andavano degradando [Fig. 3]. Iniziati nel 1738 con la costruzione in via sperimentale del muraZZo del Capitello presso la foce di Malamocco, adottando una soluzione radicalmente diversa rispetto a quelle fino ad allora perseguite per difendere i litorali che separavano la laguna dal mare e garantirne l’integrità geografica, i Murazzi, grazie anche all’esito giudicato positivo di quell’esperienza replicato a Pellestrina l’anno successivo, furono completati nel 1785³. Essi rafforzarono con strutture in pietra d’Istria i

² Il comune marino (C.M.) o più opportunamente la comune alta marea (C.A.M.) è la quota corrispondente al livello medio delle alte maree che si registra in una località. All’interno del bacino lagunare il comune marino varia, perciò, da punto a punto e corrisponde indicativamente al limite superiore dell’impronta verde-nerastra lasciata dall’alternarsi delle maree sulla muratura degli edifici prospicienti la laguna e i suoi canali. Molti autori si sono occupati del problema e pongono generalmente il comune marino al di sopra del livello medio del mare di 22-28 cm circa.

³ Alcuni autori citano la data 1782 per il termine dei lavori; la discrepanza tra le date 1782 e 1785 deriva dalla distinzione tra la fine del cantiere principale e il completamento di rifiniture o tratti specifici, quindi entrambe le date compaiono nei riferimenti storici; il 1782 è la data comunemente accettata per il completamento ufficiale dell’opera complessiva e in quest’anno si considera conclusa la grande impresa ingegneristica iniziata nel 1744. Alcune fonti indicano il 1785 come il termine ultimo dei lavori riguardanti specifici segmenti, in particolare l’estremità dei Murazzi di Sottomarina di Chioggia.

cordoni litoranei, che si erano andati pericolosamente assottigliando lungo tutto il litorale compreso tra le bocche [di porto] di Chioggia e di Malamocco⁴, su di una lunghezza di poco più di 5 km. Danneggiati dalla mareggiata durante i giorni della famosa marea del novembre 1966 e successivamente restaurati, i Murazzi costituiscono ancor oggi una significativa testimonianza dei molti sforzi profusi dagli antichi veneziani per difendere la laguna dai fiumi e dal mare, ma anche dagli uomini.

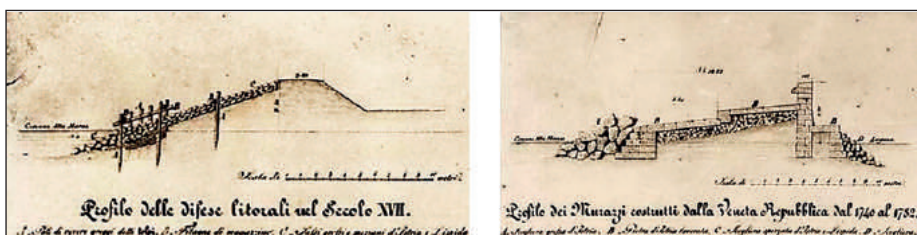


Fig. 3 – Difesa della linea di costa: a sinistra le palade del XVII secolo; a destra i Murazzi del XVIII secolo (D’Alpaos, 2010b).

I lavori di costruzione, iniziati ufficialmente il 17 aprile 1744, terminarono nel 1782 ed in questo periodo la Repubblica aveva costruito complessivamente 12.750 metri di dighe. Queste, colloquialmente chiamate “Murazzi”, erano di due tipi, Imperfette e Perfette. Il primo tipo era costituito da un argine di terra largo 13 m ed alto 4, interamente coperto, sul lato che guardava il mare, da uno strato di grosse pietre d’Istria, legate tra loro tramite la pozzolana⁵, che terminava con uno zoccolo costruito con le stesse modalità. Il secondo tipo era costituito da un muraglione di pietre d’Istria, legate tra loro tramite la pozzolana, largo alla base circa 13 m ed alto 4, con pareti perpendicolari sul lato che

⁴ Secondo l’ingegnere idraulico della Serenissima Repubblica di Venezia, Cristoforo Sabbadino (Chioggia, 1489-Venezia, 1560), nel XVI secolo le bocche di porto erano otto: Lio Maggiore, Treporti, Sant’Erasmo, Lido, Malamocco, Chioggia, Brondolo, Porto Fossone, rappresentate in una sua mappa del 1556. Nel 1552 il Collegio delle Acque veneziano adottò, su proposta dello stesso Sabbadino, il principio fondamentale dell’idraulica lagunare: 1) separazione delle acque alte dalle basse mediante l’estromissione dalla laguna dei principali corsi d’acqua; 2) separazione delle acque dolci dalle acque salate mediante la delimitazione territoriale della laguna con una arginatura, detta “conterminazione”, al cui interno l’acqua marina era soggetta al continuo ricambio delle maree, mentre alle sue spalle dominavano le acque dolci locali, spesso paludose e malsane.

⁵ La pozzolana è un materiale naturale di origine vulcanica (cenere e lapilli), caratterizzato da una struttura amorfa ricca di silice e allumina. Il suo nome deriva da Pozzuoli, nell’area dei Campi Flegrei, dove veniva estratta già in epoca romana. Pur non essendo un legante di per sé, se macinata finemente e mescolata con calce idrata e acqua, reagisce chimicamente fissando l’idrossido di calcio; questa reazione trasforma la calce (aerea) in un legante idraulico, capace cioè di indurire anche in assenza di aria o sott’acqua. Anche attualmente rimane un componente fondamentale per produrre calcestruzzi destinati ad ambienti aggressivi (dighe, opere marittime, fognature) poiché riduce la permeabilità e aumenta la resistenza agli attacchi chimici, come quelli dei solfati. Si estrae principalmente nel Lazio e in Campania.

guarda la laguna e inclinate dalla parte che guarda il mare. Complessivamente la Repubblica fece costruire 7483 m di Murazzi del primo tipo e 5267 m del secondo (Pizzo, 2021).

L'opera originaria dei Murazzi, progettata e realizzata da Bernardino Zen-drini e iniziata nel 1744, aveva una struttura a gradoni verso il mare ed era strutturata come segue:

- profilo a gradoni: la faccia rivolta verso il mare Adriatico non era un muro verticale liscio, ma era composta da una serie di grandi gradoni in pietra d'Istria. Questa geometria serviva a spezzare la forza delle onde, che si infrangevano contro i diversi livelli perdendo energia cinetica prima di raggiungere la sommità della diga;
- pendenza complessiva: nonostante i gradoni, l'intera struttura aveva una sezione a forma di scarpata, con una base molto larga (circa 13-14 m) e un restringimento verso la sommità (circa 1 m sul ciglio). Questo creava un profilo complessivamente "inclinato" ma composto internamente da scalini di pietra;
- la base: sotto il livello dell'acqua la diga poggiava su una fondazione fatta di palafitte di legno di quercia e grandi blocchi di pietra che formavano una sorta di scivolo sommerso per proteggere il piede della struttura dall'erosione.

Per le pietre della massicciata veniva utilizzata nel XVII secolo la trachite euganea, in particolare quella estratta dalle cave di Lispida (Monselice); risulta che nel solo 1482 i diciannove burchieri alle dipendenze dei Padri Benedettini del Monastero di Lispida, proprietari delle cave, effettuarono centosettantacinque viaggi alla volta dei litorali, trasportando complessivamente 14.650 *miara* [1 *miaro* = 477 kg circa] di massi (Pizzo, 2021).

Durante il XIX secolo i Murazzi furono più volte risistemati e risagomati, assumendo la forma di un piano inclinato rappresentata in Fig. 4 (Colombo, 1985), simile all'attuale.

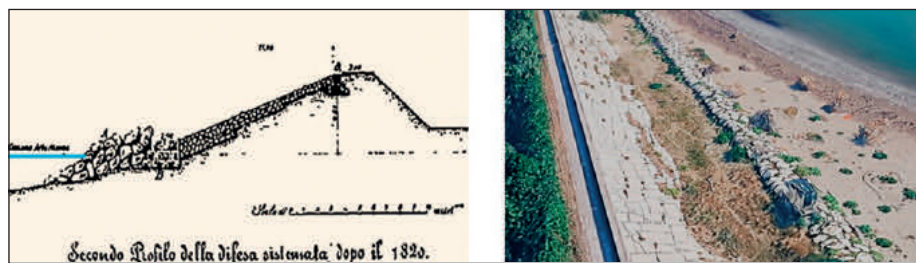


Fig. 4 – A sinistra i Murazzi risistemati nel XIX secolo (Colombo, 1985); a destra i Murazzi attuali (Google Earth, 2024).

2. I padri dei Murazzi: Vincenzo Coronelli e Bernardino Zendrini

La storiografia indica due grandi studiosi di idraulica lagunare che ebbero, nel passato, un ruolo essenziale per la realizzazione dei Murazzi: Vincenzo Coronelli e Bernardino Zendrini (Fig. 5). Diamo qui di seguito alcune notizie sulle loro opere e ricerche.



Fig. 5 – A sinistra Vincenzo Coronelli (*Atlante Veneto*, edizione 1710); a destra Bernardino Zendrini (https://it.wikipedia.org/wiki/Bernardino_Zendrini).

Vincenzo Coronelli (Venezia, 16 agosto 1650-ivi, 9 dicembre 1718) fu un poliedrico frate francescano, noto principalmente per la sua attività di cartografo e costruttore di fama mondiale di globi terrestri e celesti, inclusi quelli realizzati per il re Luigi XIV di Francia. Nel 1684 fondò l'Accademia degli Argonauti, considerata la prima società geografica al mondo; lavorò alla prima enciclopedia strutturata in ordine alfabetico, la *Biblioteca universale sacro-profana*: tra 1701 e 1707 furono pubblicati gli unici sette volumi dei 45 previsti. Famoso è l'*Atlante Veneto*, una raccolta in tredici volumi, pubblicati tra 1691 e 1701 e che ebbe numerose riedizioni, che comprende oltre 1200 tavole di cui 200 carte geografiche. Un anno prima della sua morte fu chiamato a Vienna dall'imperatore Carlo VI, come grande esperto di idrostatica, per studiare il corso del Danubio. Ne scaturì l'ultimo suo lavoro, *Effetti naturali*

delle acque (Coronelli, 1728), un importante trattato di idrostatica scritto a Venezia nel 1718 poco prima della sua morte e pubblicato postumo. La sua produzione scientifica include oltre 140 opere, di cui circa un terzo sono di argomento geografico, realizzate nel laboratorio del Convento di Santa Maria Gloriosa dei Frari, ma quasi tutti i suoi libri, i manoscritti, la sua corrispondenza, le lastre di rame per le incisioni andarono dispersi o furono venduti.

Coronelli propose il progetto per la costruzione dei Murazzi in un documento del 1716 (Coronelli, 1716). Bernardino Zendrini, il realizzatore dei Murazzi, attribuì a Coronelli l'intuizione di utilizzare blocchi colossali di pietra per creare una difesa permanente, definendo l'idea "audace e geniale".

Bernardino Zendrini nacque a Savio, in Val Camonica, il 7 aprile 1679 e morì a Venezia il 18 maggio 1747. Studiò medicina e matematica all'Università di Padova sotto la guida dell'allora celebre Domenico Guglielmini, del quale fu allievo prediletto. Tornato nella Valle di Savio esercitò la professione medica fino al 1704, quando decise di trasferirsi in maniera stabile a Venezia e di abbracciare le discipline idrauliche, per le quali aveva iniziato a sviluppare una vera passione, e pubblicando operette di medicina, fisica, matematica, astronomia e meteorologia. In breve tempo divenne uno dei massimi esperti di idraulica del suo tempo: nel 1720 risolse il problema dello sbocco del fiume Reno, oggetto di contesa tra Bolognesi e Ferraresi, e fu per questo insignito dalla Repubblica di Venezia del titolo di "Matematico soprintendente alle acque, fiumi, lagune e ponti". Nel 1735 si occupò della bonifica di una vasta area attorno a Viareggio, allora dominata dal Lago di Massaciuccoli, ideando una serie di cateratte a porte mobili che, dividendo l'acqua dolce proveniente dal lago da quella salata del mare, riuscirono in parte a risanare la zona (Toso Fei, 2018).

Nel suo libro, pubblicato postumo, *Memorie storiche dello stato antico e moderno delle lagune di Venezia* (Fig. 6), Zendrini, attingendo ai documenti originali del Magistrato delle Acque, riporta molte informazioni relative alle difese messe in atto nei tempi antichi (dal 1300 al 1700) dalla Repubblica di Venezia per la difesa dei lidi dall'azione del mare: compare inoltre in premessa un "Elogio" a cura del nipote Angelo Zendrini, nel quale viene ripercorsa la vita di Bernardino (Zendrini A., 1811).

Nel Tomo I, alla pagina 39 e seguenti, riferendosi ai provvedimenti dell'anno 1377, Bernardino Zendrini riporta una dettagliata spiegazione delle modalità di realizzazione delle palificate e le misure dei loro vari componenti:

È antichissimo il riparo delle palificate... Egli è ben vero che, facendosi allora con pali di giro [circonferenza] di sole once 15⁶, e non più lunghi di piedi 9⁷, dovevano riuscire assai deboli rispetto a quelle che attualmente si costruiscono, nelle quali la grossezza de' pali arriva alle once 24, e l'altezza anche sino a piedi 14...

⁶ 1 oncia = 2,89 cm.

⁷ 1 piede = 34,76 cm.

l'altezza parimente delle palificate d'allora era molto scarsa, mentre dovendo andar fitto un palo in 4 o 5 piedi, se non ne avevano essi che 9, troppo poco dovevano sopravanzare al comune dell'acqua: ora con maggior consiglio si lasciano le teste delle palificate più alte del comun del mare, prendendosi i pali di varie lunghezze a proporzione del fondo, in cui devono essere piantati.

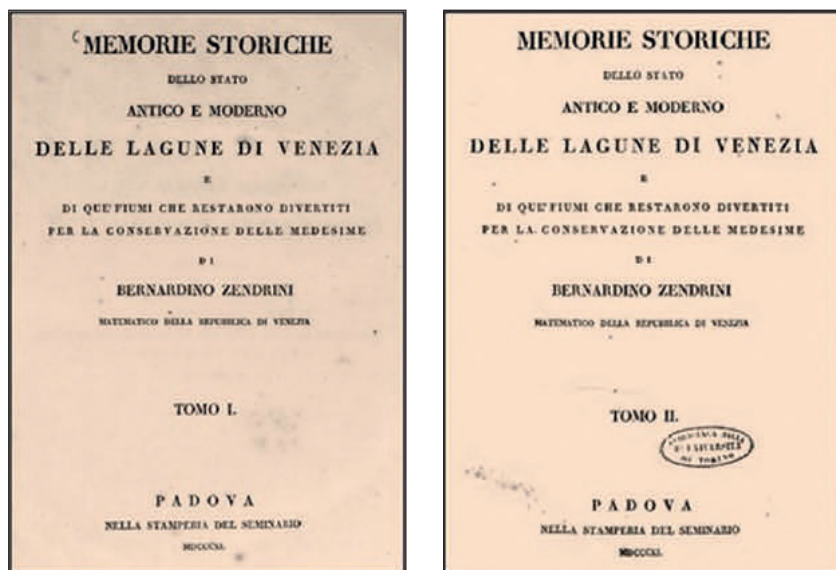


Fig. 6 – *Memorie storiche* di Bernardino Zendrini (1811).

E giacché quivi la prima volta è caduto il discorso intorno alle palificate, non sarà fuori luogo il dire qualche cosa con cui esse si fabbricano, ma anche de' loro effetti e preservazione de' lidi. Per lo stabilimento adunque delle medesime, non basta piantar i pali nella sabbia, mentre dalla correntia dell'acqua verrebbero ben tosto scavati, ma conviene dopo averli piantati in essa sabbia, fortificarli col getto di considerabile quantità di ben grossi sassi di macigno in altezza, che arrivi quasi al comune del mare, ed aggiustati con iscarpa assai dolce, acciocché più difficilmente possano essere sconvolti dal mare. Il peso di questi sassi fa che non poco si profundino sotto alla spiaggia; ma finalmente pareggiatesi le resistenze di questa col peso di quelli, fermasi la mole, ed inalterato sussiste questo grande ammasso di pietre, detto propriamente molo, forse perché l'acqua trattenuta da questi ostacoli, per quanto essi si estendono nel mare, fa molente e sta quieta.

Per altro i pali, benché di quercia, restano soggetti a risentire la corrosione di certi animali acquatici detti "brume" [Teredinidi, N.d.A.], e volgarmente "biscie", onde hanno la necessità di essere mutati dopo li 5 o 6 anni, almeno quelli che restano o del continuo o frequentemente bagnati dall'acqua.

Quando dunque devonsi rimettere i pali, estrarrono gli operai prima il palo vecchio

corroso, la di cui punta sta incastrata fra sasso e sasso, e nel medesimo sito e buco ne rimettono uno nuovo, restando impossibile il praticarlo attraverso della massa de' macigni; ed in tal modo vengono rinnovati di tempo in tempo gl'intieri ripari. Sono le palificate d'ordinario estese in due linee di pali, sei piedi in circa distanti fra di esse, restando poi divise in casse con pali trasversali ben incatenati, e resi sicuri con grossi chiodi di ferro, dentro delle quali casse si pongono sassi e canne, i tubuli delle quali riempiendosi di sabbia, vengono col tempo a formare un corpo ben resistente, e forse i sassi servono alle canne di peso, perché comprimendosi non resti sconvolta ed asportata, ma restando ben connessi formino come un solo solido di tutta la palificata.

Il fine per cui si piantano esse palificate, è perché il mare ed i fiumi che vi sboccano, portando le loro copiosissime sabbie dal sopravento al sottovento, stante il naturale corso delle acque in queste parti da greco in garbino, che è quel moto tardo sì ma perenne, che agita questi mari, oltre i due ordinari di flusso e riflusso, e gli straordinari del vento; se esse sabbie verun ostacolo sulla spiaggia non ritrovassero, si spargerebbero largamente qua e là, e qualche volta dalle burrasche verrebbero esse spiagge sì scarnate, che in molti luoghi il mar vivo arriverebbe al lido, onde facile riuscirebbe alla forza delle onde di romper la linea dell'arginatura a grave danno della laguna; ma le palificate incassando assai bene le dette sabbie, ed impedendo il trasporto delle medesime, vengono a costituire la difesa più reale dei lidi.

Ancora, a pag. 83 e seguenti, riferendosi ai provvedimenti del 1416:

Si dovessero fare delle palificate ed altri ripari a' lidi di Chioggia: che esse palificate dovessero essere di triplicate linee di pali, grossi ciascuno di essi once 18, e lunghi 11 piedi da figgersi nel terreno 6 piedi, e che esse fossero riempite di canna e pietre: che si facessero dei moli, distanti uno dall'altro da 25 a 30 passi⁸ per maggior sicurezza di que' ripari; ordinandosi ancora di piantare delle casse con canna e pietre in que' luoghi che pure paressero opportuni, perché fosse trattenuta la sabbia de' Montoni [dune, N.d.A.], i quali erano lungo il litorale di Chioggia... Fu poi proibito agli abitanti di Chioggia l'andar a prendere la sabbia ne' Montoni del lido di quella città, e furono intimate severe pene contro quelli che levassero dai pubblici ripari del detto lido sassi, pali, chiavi, canna, o qualunque altro materiale ad essi appartenente.

Alla pagina 273, riferendosi ai provvedimenti dell'anno 1565, Zendrini scriveva:

La visita del porto di Malamocco e canali adiacenti era finalmente fatta da' deputati... Venne in essa conchiuso che fosse rifatta la palificata della Rocchetta, come anco tutte le altre verso di Malamocco, le quali dovevano altresì essere prolungate; inoltre fu stabilito di fabbricare una palificata nuova, lunga passi 70, piantandola in capo dell'argine, e di fare un pennello per mezzo il canal che va a Malamocco per dare più corso a quelle acque.

⁸ 1 passo = 1,738 m.

Infine, riportando a pagina 330 una relazione dei periti circa la situazione dei lidi dal 1520 al 1670 per quanto attiene l'uso delle palificate, così scrisse:

Con la presente ricordo alle VV. SS. Eccellentissime il grandissimo beneficio che sentono i lidi dalle pallade, e più che quelle son longhe e più spesse maggior beneficio è, che spingono il corso dell'acqua del mare al largo, e spingendo esso corso allargo fra di esse pallade rimane un poco di rivolgimento di acqua... ma questo rivolgimento è piacevole, e quelle acque menano delli sabbioni, e spinti dal mare, quali poi depone, si fanno spiaggia, dalla qual essi lidi ne sente grandissimo beneficio, perché quando vengono le fortune del mare, come quello sente la spiaggia delli sabbioni si rompe allargo del lido, e viene a terra con poca forza, e non può far danno al lido o pochissimo, e più esse pallade sono longhe e spesse mantengono il corso dell'acqua del mare allargo, e di 190 pallade che sono sopra i lidi di Malamocco [località del Lido di Venezia], Pellestrina e Chioggia, non sono la metà di esse, che hanno bisogno d'esser conzate.

Il Senato veneziano gli fece erigere un busto marmoreo a Palazzo Ducale (onore riservato a pochi) accompagnato dalla dicitura: “*Bernardino Zendrini, matematico della Repubblica, per nascita Camuno, per meriti Veneto*”. Inoltre sui Murazzi a Pellestrina una lapide (Fig. 7) ne ricorda il nome e i meriti:

Bernardino Zendrini, Matematico della Repubblica Veneta, realizzatore di questo celeberrimo monumento contro le tempeste marine degli estuari. Angelo Zendrini aveva cura di porre nell'anno 1847 a perpetua memoria del suo illustre parente consanguineo.

La lapide fu posta nell'anno 1847 a cura del nipote Angelo Zendrini, che pure aveva precedentemente curato la pubblicazione di un libro in cui difendeva la priorità dello zio per quanto riguarda la paternità delle opere relative ai Murazzi, come risultava anche da una “Scrittura del Magistrato alle Acque al Senato Veneto il dì 18 giugno 1740”, pure riportata dal nipote Angelo (Zendrini A., 1835). Bernardino Zendrini stesso aveva dichiarato, nel suo libro *Leggi e fenomeni delle acque correnti* (Zendrini B., 1741):

Sopra i pubblici Lidi di Venezia sono stati da me introdotti e moli ed argini di marmo d'Istria legato con calce e pozzolana, di modo che il sasso, benché di gran mole, regger non poteva all'urto del mare, adesso in tal modo legato dura a fronte di ogni burrasca, ed a suo tempo quel circondario sarà ridotto del tutto impenetrabile ed eterno, come eterna è quella metropoli che da' detti Lidi viene divisa dal mare e custodita.

Zendrini riutilizzò quindi un antico metodo, già segnalato da Marco Vitruvio Pollione (Fanum Fortunae, 80 a.C. circa-Roma, 15 a.C. circa), che descriveva l'azione della pozzolana in *De Architectura*, libro II, capitolo VI, come segue (Amati, 1829):

Avvi ancora un'altra specie di polvere che fa naturalmente effetti meravigliosi.

Si trova essa ne' contorni di Baja, e ne' territorj de' municipi che sono intorno al Vesuvio; la quale mescolata con calcina e pietre, reca fermezza non solo ad ogni specie di fabbriche, ma particolarmente assoda quelle moli che si fanno in mare sott'acqua.

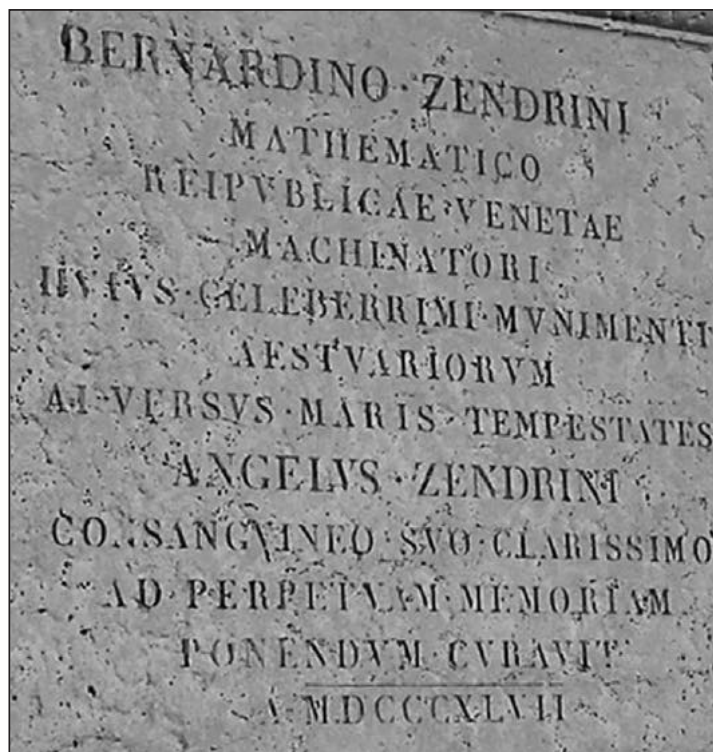


Fig. 7 – Lapide in memoria di Bernardino Zendrini posta sui Murazzi di Pellestrina (foto F. Baraldi).

3. Provenienza dei massi di pietra d'Istria

Già nel XIII secolo la pietra d'Istria fu importata a Venezia, costituendo il materiale nobile per la costruzione di edifici civili e religiosi.

Secondo Lorenzo Lazzarini (2020):

Si tratta di un calcare litografico⁹ formato da piccolissimi cristalli di calcite

⁹ Il calcare litografico è una roccia sedimentaria marina, compatta e fine, costituita principalmente da carbonato di calcio, estratta da cave specifiche, ed è fondamentale per la litografia, una tecnica di stampa che sfrutta il principio di repulsione tra acqua e sostanze grasse per riprodurre disegni direttamente sulla pietra levigata. La pietra viene preparata, si disegna su di essa con materiali grassi, si inumidisce e si inchiostra;

(mediamente inferiori a 4 micrometri), talora uniti in “grumi” chiamati “pellets” in inglese, dove possono anche essere presenti microfossili; è una pietra molto compatta (quando è di buona qualità), l’ideale per creare delle barriere per l’acqua di risalita, usata dunque nelle fondazioni murarie di edifici a contatto con l’acqua della laguna, ma adatta anche alla scultura, se priva di aggregati o fessure. La pietra d’Istria è un calcare del Titoniano (Giurassico superiore, circa 150 milioni di anni fa), che affiora soprattutto lungo la costa occidentale istriana. Nel Giurassico la Terra era dominata dalla frammentazione del supercontinente Pangea, che si divise in Laurasia (Nord) e Gondwana (Sud), aprendo l’Atlantico e creando mari epicontinentali tropicali che inondavano gran parte dell’Europa; il clima era caldo e senza ghiacci polari, intensa l’attività vulcanica, e una vita rigogliosa di felci e conifere, con la comparsa e diversificazione dei dinosauri (come brachiosauri e stegosauri) e dei primi, piccoli mammiferi. La pietra d’Istria si è quindi formata in ambiente di tipo oceanico in corrispondenza di mari caldi, tra una barriera corallina (reef) e la terraferma, in zona di laguna o atollo, dove la forte evaporazione fa concentrare e saturare il carbonato di calcio che precipita sul fondo, e subisce poi fenomeni di litificazione che in tempi geologici lo trasformano in una pietra solida e compatta.

Da un punto di vista strettamente petrografico, la pietra d’Istria si classifica come una micrite o una mudstone, una roccia cioè formata per diagenesi di un fango calcareo composto da cristallini di calcite a grana finissima (i singoli individui sono di dimensioni generalmente inferiori a 4 millesimi di mm), molto compatta, caratterizzata com’è da rari pori piccoli generalmente globulari o allungati.

Le cave principali erano in Istria, a Parenzo, Orsera e Rovigno (Maddalena, 1941) e distavano da Venezia circa 76 miglia marine; il tragitto veniva generalmente compiuto, in uno o due giorni, cabotando lungo le rive dell’Istria e del Veneto.

Lazzarini (2008) riporta nel suo lavoro la Carta Geologica delle Tre Venezie a scala 1:100.000, Foglio 37 “Pisino” (D’Ambrosi, 1929), nella quale sono evidenziati gli affioramenti di pietra d’Istria (Fig. 8).

Oggi le cave sono praticamente chiuse (ne è attiva una a Chirmignacco, oggi Kirminjack, a nord-est di Orsera), ma nei secoli molte centinaia di migliaia di metri cubi di pietra d’Istria sono stati estratti dai Veneziani da almeno una trentina di località, specialmente vicine al mare per la comodità dei trasporti con imbarcazioni. La giacitura in banchi sub-orizzontali (Fig. 9) consentiva di prelevare monoliti fino anche ad un metro di spessore.

Va detto che molti altri litotipi calcarei appartenenti a diversi livelli litologici del Cretaceo provenienti dall’Istria, non facilmente distinguibili da quanto sopra indicato, sono in opera nei monumenti di Venezia e anche nei Murazzi.

l’inchiostro aderisce solo alle parti grasse, venendo respinto dall’acqua, e viene trasferito su carta tramite un torchio. Le sue caratteristiche chimico-fisiche permettono alle sostanze grasse di aderire perfettamente ai tratti disegnati, rendendolo ideale per stampe di alta precisione.



Fig. 8 – Particolare della carta geologica 1:100.000 di Carlo D'Ambrosi; gli affioramenti di pietra d'Istria sono in blu scuro (Lazzarini, 2008). Tratto rosso (—): principali località di provenienza della pietra d'Istria.



Fig. 9 – Cave di pietra d'Istria: a sinistra in località Orsera ((Infovrsar, 2024); a destra in località Rovigno (Bertosa, 1992).

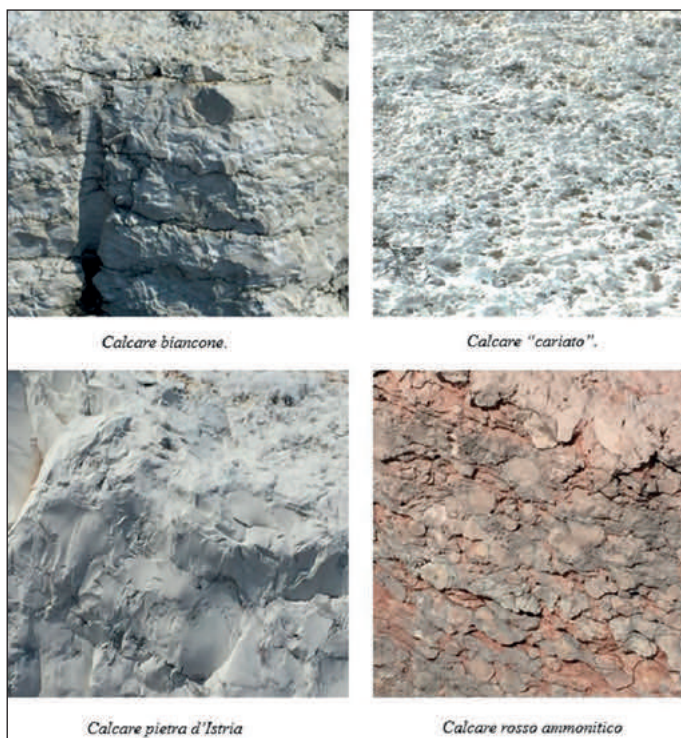


Fig. 10 – Tipi di rocce calcaree nei Murazzi (foto F. Baraldi).

I massi dei Murazzi sono formati da varie tipologie di calcare, certamente la pietra d'Istria, ma pure calcari meno pregiati (Fig. 10). Sulle lastre calcaree si possono vedere tracce di fossili, in particolare ammoniti e bivalvi; c'è quindi anche un possibile interesse didattico e naturalistico (Fig. 11).



Fig. 11 – Ammoniti e bivalvi fossili sui Murazzi del Lido (foto F. Baraldi).

4. Il trasporto dei massi di calcare dall'Istria

Nel Tomo I delle sue *Memorie Storiche* sopra citate, Zendrini riporta una interessante notazione, dove si fa riferimento all'importazione di massi di pietra d'Istria, per la difesa dei lidi, tramite particolari imbarcazioni, i Marani o Trabaccoli:

Avendo i lidi molto patito per le burrasche, e volendosi dal Governo senza ritardo dar principio alla loro riparazione, furono fatte nel 1346 e 1347 varie spedizioni de' Marani, che erano certa specie di vascelli allora in uso, noi diressimo Trabaccoli, a caricar de' sassi nell'Istria, del qual materiale eravene un particolar bisogno (Zendrini, 1811).

I Marani erano robuste imbarcazioni da carico a vela, diffuse da secoli in tutto l'alto Adriatico, inclusa Venezia, usate prevalentemente per trasportare merci. Erano noti per la loro grande capacità di carico, potendo trasportare fino a 200 tonnellate di pietra in un singolo viaggio: possedevano un robusto scafo in legno, fondo piatto, prua con un grande palo decorato (il "polaccone") e due alberi con vele; erano economici e capienti, progettati per essere condotti con un equipaggio ridotto. Il termine Marani fu usato fino ai primi del XVIII secolo; precedentemente erano chiamati Dormoni e dal XVIII secolo in poi furono chiamati Trabaccoli; non c'è un momento preciso in cui un tipo è diventato l'altro, quanto piuttosto una evoluzione e una differenziazione nell'uso dei termini.

Marani e Trabaccoli (Cherini & Gellner, 2009, Fig. 12) erano costruiti all'Arsenale di Venezia; la loro importanza era tale che la Repubblica di Venezia ne incentivava la proprietà e l'uso, imponendo ai proprietari un numero minimo annuale, almeno cinque, di consegne di pietra d'Istria per le opere pubbliche della città, quali la costruzione di dighe e palazzi. I carichi, a seconda dell'ubicazione del cantiere, erano deposti sulle banchine cittadine oppure sulle dighe foranee.

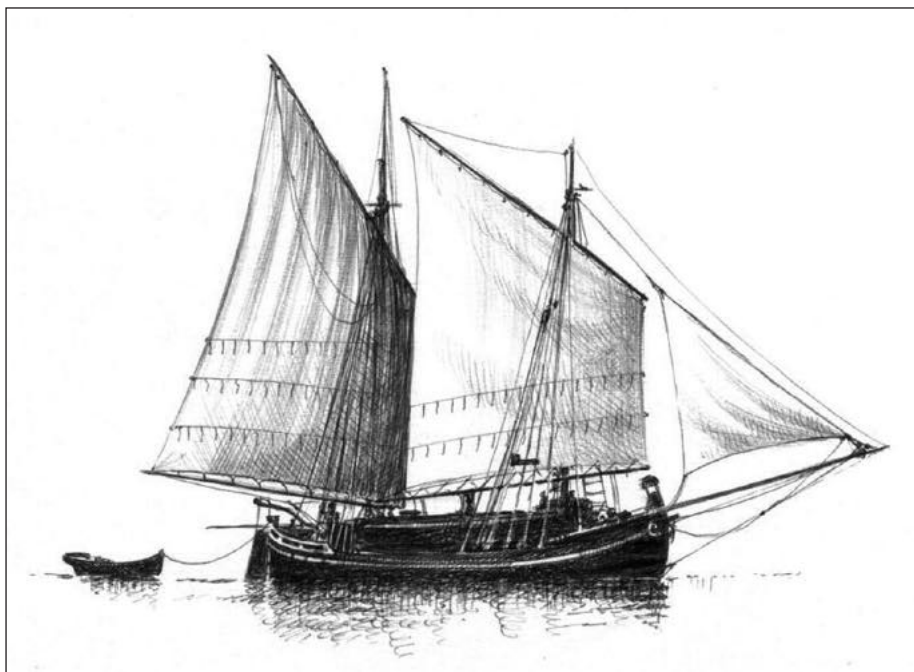


Fig. 12 – Immagine di un antico Trabaccolo (Cherini, 2009).

Benedetto Cotrugli (Ragusa 1416-L'Aquila 1469), mercante e navigatore, lasciò un manoscritto datato 1464-1465, riscritto e commentato da Piero Falchetta (2009), nel quale si ha la seguente descrizione dei Marani:

Marrani sonno navilii multo plateschi, li quali pescano multo poco sotto acqua; hanno dui arbori et dui vele latine poco diforme l'una da l'altra, et poi ha la mezzana, et sonno navilii che portano roba assai perché hanno lo fundo piano et non carricano, et questi se usano ad Venetia et in Histria, però li delegiano li marinari quando dicono «orza¹⁰ maran che te farò cocha¹¹», perché non possono andare in l'orza si non ad poppa como lo pontone, et quando vanno con lo vento in poppe vanno con le vele incruciate¹² et è pericoloso navigare. Comportasi nulla di meno perché sonno larghi et piani de fundo, et per conseguenza regenti.

Stefano Medas (2013) ha proposto di identificare come Marani i due relitti, denominati Bacàn 1 e Bacàn 2, scoperti alla bocca di porto di Lido, datati agli inizi del XV secolo. La scoperta è di grande interesse, perché il carico era formato da lastroni litici provenienti dall'Istria nel Bacàn 1: i più grandi misuravano lunghezze di 2 m e uno spessore di 25 cm ed erano posizionati in mezzo alla stiva, sovrapposti uno sull'altro per un massimo di quattro, mentre le lastre più piccole (lunghezza tra 50 e 80 cm) erano posizionate in posizione periferica, per lo più di taglio e riempivano gli spazi alle estremità tra il nucleo centrale del carico e le fiancate. Nel Bacàn 2 sono stati rinvenuti blocchi litici di lunghezza tra 1 e 2 m per una larghezza tra 50 e 80 cm e un'altezza tra 30 e 60 cm.

I Trabaccoli, evoluzione dei Marani, diffusi soprattutto nell'Adriatico tra XVII e XIX secolo, avevano uno scafo di forma ovale allungata, con dimensioni piuttosto variabili che rientravano nei seguenti valori tipici: lunghezza: circa 15-20 m, alcuni esemplari arrivavano a 22-25 m; larghezza ("baglio"¹³): 4-6 m; pescaggio: 1,5-2,5 m, ideale per porti bassi e lagune; portata: circa 80-200 tonnellate di carico; alberi: 2, maestro e trinchetto, con vele al terzo¹⁴ di forma trapezoidale; equipaggio: normalmente 5-10 uomini.

Erano imbarcazioni molto robuste e stabili, adatte al cabotaggio (trasporto costiero).

¹⁰ Orzare indica la manovra che consiste nel ruotare volontariamente l'asse longitudinale dell'imbarcazione (da poppa a prua) avvicinando la prua alla direzione da cui spira il vento.

¹¹ «Orza marrano, che diventi cocca», è un detto scherzoso: la Cocca era un bastimento di grandi dimensioni, rotondo, alto di bordo, a più ponti.

¹² Ossia con i pennoni disposti perpendicolarmente rispetto all'albero, a formare una croce; in questa situazione la pressione della vela sull'albero produce un effetto destabilizzante, che il fondo piatto della nave non riesce a compensare, cosicché si ha un crescente rollio potenzialmente pericoloso.

¹³ Trave (in legno o ferro) che unisce le murate opposte di una imbarcazione, collegando le costole e sostenendo il ponte.

¹⁴ Vela tradizionale, dalla forma trapezoidale, caratterizzata da un'antenna superiore (pennone) fissata all'albero a circa un terzo della sua altezza, usata storicamente su imbarcazioni da pesca e trasporto nell'Adriatico. Il centro velico basso la rende stabile, facile da ammainare e l'albero è spesso abbattibile, facilitando il passaggio sotto i ponti e il trasporto su carrello.

5. Ruolo attuale dei Murazzi tra eustatismo e subsidenza

Ricordiamo che nel novembre 1966 i Murazzi del Lido furono travolti dalle onde, e un tratto non piccolo fu soggetto a crolli (Fig. 13), ma riuscirono comunque a salvare il Lido dall'inondazione (Panzeri, 2016).



Fig. 13 – I Murazzi del Lido di Venezia travolti dalle onde nel 1966 (Panzeri, 2016).

Da ricordare anche che l'acqua alta eccezionale del 2019 a Venezia raggiunse un picco di 187 cm il 12 novembre 2019, diventando la seconda marea più alta nella storia della città dopo quella del 1966 che fu di 194 cm. Altri eventi importanti si sono verificati con picchi significativi, come quelli del 23 e 25 dicembre 2009 (rispettivamente 144 e 145 cm).

Oggi i Murazzi consistono in un piano inclinato liscio; il passaggio visivo da una struttura a gradoni a un piano inclinato continuo è avvenuto con i restauri moderni, soprattutto dopo il 1966 quando, per proteggere l'antica pietra d'Istria e aumentare la capacità di dissipazione delle onde, sono state aggiunte scogliere di massi naturali o ripascimenti di sabbia che hanno coperto i gradoni originali, creando una rampa meno netta e più efficace nel far scivolare l'acqua. Le modificazioni sono avvenute in due fasi principali:

- dopo il 1966: i gravi danni subiti dalla diga settecentesca portarono a imponenti opere di rinforzo e consolidamento per evitare nuovi crolli;
- durante gli anni '90: attraverso il Consorzio Venezia Nuova e il Magistrato alle Acque, sono stati realizzati interventi sistematici di restauro e protezione dei litorali, che hanno integrato la pietra d'Istria storica con nuove barriere di scogli e un profilo più inclinato per dissipare meglio l'energia delle onde.

Le modifiche strutturali sono state dettate da esigenze di efficienza idraulica e conservazione, quali:

- dissipazione dell'energia: un piano inclinato permette all'onda di frangersi gradualmente, risalendo lungo la superficie e perdendo forza, a differenza di una parete verticale o a gradoni netti che subisce un impatto diretto e violento, causando erosione alla base;
- difesa contro l'erosione: la nuova conformazione ha permesso di integrare i Murazzi con il ripascimento delle spiagge (creazione di nuovi arenili e dune artificiali), stabilizzando la linea di costa e proteggendo il piede della diga antica;
- protezione della struttura antica: coprire o rinforzare i vecchi gradoni con scogliere e pendenze inclinate serve a preservare la pietra d'Istria originale, che nel tempo aveva subito forti danni meccanici e cedimenti strutturali.

Dopo l'*acqua grande* del 1966, un muro alto 1 m fu realizzato alla sommità dell'opera di difesa dei Murazzi. Si pose mano, inoltre, alla realizzazione di strutture rigide (pennelli) trasversali alla linea di costa del mare con la seguente tempistica (Fontana, 2017; Peschiutta, 2020): nel 1978 smantellamento di un pennello in pessimo stato di conservazione e ormai quasi completamente sommerso e rimodellamento del pennello antistante il Forte di Malamocco; tra il 1978 e il 1983 prolungamento del pennello all'estremità settentrionale dei Murazzi e realizzazione di ventuno nuovi pennelli, posti a distanza regolare tra questo pennello e le Terre Perse; tra il 2004 e il 2006, realizzazione di tre nuovi pennelli posti in modo equidistante tra il forte di Malamocco e l'estremità meridionale dei Murazzi; nel 2009 messa in opera di un pennello e la realizzazione di una diga soffolta¹⁵ per tutta la lunghezza dei Murazzi, posta in mare a circa 300 m dagli stessi e completata tra il 2010 e il 2012. La proposta di realizzare una spiaggia ampia circa 50 m nel tratto frontale dei Murazzi non ha per ora avuto seguito per l'opposizione della popolazione locale, che preferisce mantenere la scogliera di massi (Consorzio Venezia Nuova, 2026).

¹⁵ Una diga soffolta (o sommersa) è una barriera sottomarina, nascosta sotto la superficie dell'acqua, costruita lungo le coste per proteggere le spiagge dall'erosione, riducendo l'energia delle onde prima che raggiungano la riva e permettendo il naturale accumulo di sabbia. Queste strutture, realizzate con massi, sono discrete dal punto di vista paesaggistico, non visibili, e consentono il passaggio di sedimenti, favorendo il ripascimento delle spiagge.

Allo stato attuale, quindi, la porzione centrale dell'isola del Lido di Venezia, approssimativamente tra la Batteria Ca' Bianca-Forte Angelo Emo a NNE e la Batteria Morosini a SSO, storicamente in erosione, è protetta dalle mareggiate e dagli eventi eccezionali di marea grazie ad un articolato sistema di difese rigide che includono i Murazzi, una serie di pennelli ubicati in particolare nella porzione settentrionale (i pennelli più lunghi si spingono in mare per 150-160 m, quelli più corti 50-60 m), nonché una diga soffolta posta a circa 300 m dalla riva e per tutta la lunghezza dei Murazzi (Fig. 14).



Fig. 14 – In alto: I Murazzi (doppia linea), i 27 pennelli (rosso), la diga soffolta (verde) (Peschutta, 2020); in basso: i Murazzi e i pennelli trasversali (Google Earth, 2024).

Alle spalle dei Murazzi del Lido, verso la laguna, secondo un'indagine del Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Tutela del Territorio della Città Metropolitana di Venezia, eseguita nel 1987 e riportata nella banca dati stratigrafica con ID: 1545 (Città Metropolitana di Venezia, 2019), i terreni sono costituiti, appena al di sotto del piano di campagna, da limi sabbiosi argillosi con resti di vegetali e di conchiglie, nonché da torba; seguono poi alternanze di sabbie e strati argilloso limosi, con frequente presenza di resti vegetali, di gusci di conchiglie e di torba, come riportato nella seguente tabella.

Profondità (m da p.c.)	Descrizione stratigrafica
0,00 - 0,88	Limo sabbioso debolmente argilloso con resti vegetali e conchiglie (torba al tetto)
0,88 - 1,30	Sabbia fine nerastra con resti vegetali e conchiglie. Alla base 10 cm di sabbia fine torbosa grigio nerastra con resti vegetali e resti di cotto
1,30 - 2,00	Alternanza di sabbie fini-medie e limi sabbiosi, presenza di zone nerastre e conchiglie
2,00 - 4,50	Sabbia fine limosa talvolta debolmente limosa grigio-scura, frequenti nuclei e livelli limo sabbiosi grigio chiaro con resti di conchiglie e resti vegetali
4,50 - 6,70	Argilla grigia molle a tratti limosa con frammenti di conchiglie
6,70 - 7,60	Argilla limosa talora debolmente limosa grigia con frequentissimi livelli e lenti limoso-torbosi grigio-marrone con resti vegetali passante ad argilla sabbiosa al letto
7,60 - 9,80	Sabbia fine torbosa debolmente limosa grigio-scura con frequenti lenti mm di argilla grigio-chiara, da 9,4 m numerosi livelli torbosi marroni
9,80 - 11,37	Sabbia fine torbosa debolmente limosa grigio-scura con conchiglie, livello di sabbia fine limosa grigio-marrone al letto
11,37 - 13,50	Argilla grigio-chiara talora limosa fino a 12 m limi argillosi sabbie fini limose e argille limose grigie fino a 12,6 m e poi limi con argilla grigia con livelli cm di argilla e con livelli sabbiosi da 13,4 e 13,5 m
13,50 - 14,45	Argille e argille limose grigie
14,45 - 14,70	Argilla limosa grigio-marrone con resti vegetali
14,70 - 16,50	Limi argillosi grigi
16,50 - 17,10	Limo sabbioso grigio
17,10 - 18,20	Limo argilloso grigio con rari punti torbosi passante ad argilla grigio-chiara passante a limo sabbioso
18,20 - 19,00	Limo grigio passante a limo sabbioso con livelletti di argilla
19,00 - 19,50	Sabbia finissima grigia con limo
19,50 - 19,80	Limo sabbioso grigio con livelli argillosi
19,80 - 20,00	Sabbia fine grigia

Si tratta di depositi sciolti che, senza la protezione dei Murazzi, sarebbero facilmente erosi e spazzati via dalle mareggiate più intense. Va ricordato che le quote del Lido di Venezia variano generalmente da 2 a 3 m s.l.m., ad eccezione dell'apparato dunale nella parte meridionale dell'isola, dove le dune stabilizzate raggiungono altezze massime di 7-8 m s.l.m. (Baraldi, 2025). Tuttavia, alle spalle di lunghi tratti dei Murazzi, la cui altezza in sommità è di circa 5 m s.l.m., i terreni in posto retrostanti evidenziano quote di 1-1,5 m s.l.m., quindi facilmente esondabili in assenza della protezione garantita dai Murazzi stessi.

5.1 Eustatismo

L'andamento dei valori di marea, riferiti allo zero mareografico di Punta della Salute in Venezia, mostra un andamento crescente negli ultimi 153 anni; anche i picchi di marea per le classi di altezza 80-109 cm (acque medio-alte) e maggiore/uguale a +110 cm (acque alte) mostrano un forte aumento. La crescita della frequenza delle acque medio-alte e alte, oltre ad avere effetti diretti sulla vita quotidiana nel centro storico veneziano, è causa anche di impatti ambientali rilevanti come la più intensa erosione dei litorali e delle barene interne alla laguna, la perdita di habitat naturali, nonché la risalita del cuneo salino, in grado questo di alterare il chimismo delle acque interstiziali delle argille superficiali, acutizzando il problema della subsidenza per collasso degli strati argillosi stessi (Baldin & Crosato, 2017).

Il livello medio mare è calcolato come media degli estremali, ovvero dei valori massimi e minimi registrati a Venezia in ogni anno; dal grafico sotto riportato (Fig. 15) si osserva come il l.m.m., a partire dal 1872, si sia progressivamente alzato nel corso dei decenni: esso, attualmente, è mediamente circa 32 cm più alto di quello verificato a inizio del secolo scorso. Il massimo aumento si è avuto dal 1930 al 1970 per gli effetti combinati di subsidenza ed eustatismo; nel periodo successivo, e fino al 2008, l'andamento del livello medio mare sembrava essersi stabilizzato, mentre gli anni successivi indicano, invece, una nuova tendenza all'aumento (Città di Venezia, 2025).

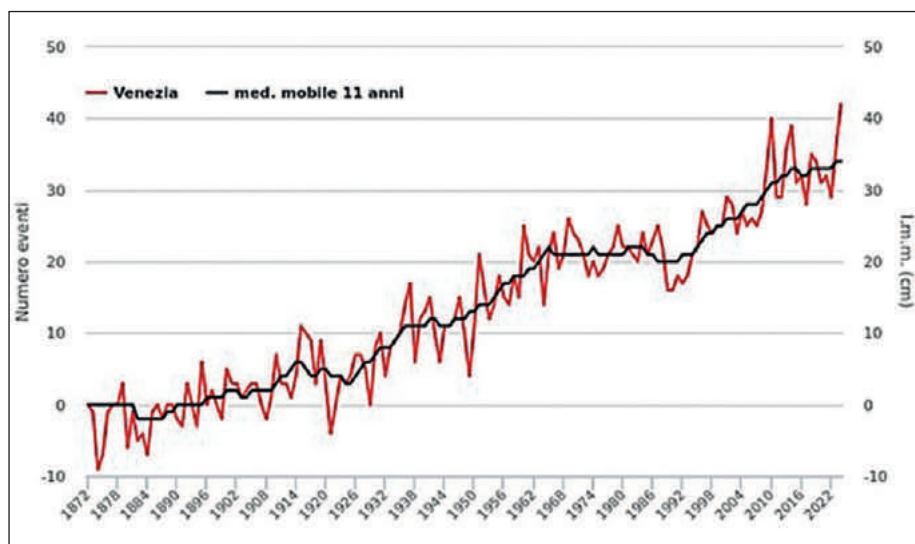


Fig. 15 – Media degli estremali di marea a Venezia (Città di Venezia, 2025).

5.2 Subsidenza

Le cronache dal Cinquecento riportano che l'innalzamento del mare e lo sprofondamento di Venezia non sono fenomeni nuovi; gli ingegneri di quell'epoca asserivano che il terreno calava di 8 onces (23 cm circa) ogni cent'anni, oppure che sprofondava di un piede veneto (35 cm circa) ogni secolo. Nel XVI secolo lo studioso Cristoforo Sabbadino stimò che l'abbassamento fosse di tre quarti di piede (26 cm circa) al secolo, meno di quanto sostenessero gli altri ingegneri del Cinquecento (Cessi, 1930). Per secoli è stato normale a Venezia rialzare pavimenti e selciati a mano a mano che la città si abbassava.

La subsidenza dell'area veneziana dipende, secondo Carminati *et al.* (2003), anche da una situazione geologica strutturale:

La monoclinale regionale di avampaese correlata alla subduzione dell'Appennino settentrionale può essere seguita dal bacino del Po fino alla regione Friuli, per almeno 240 km verso nord-est. Nei profili sismici a riflessione del Bacino del Po e dell'Adriatico settentrionale, l'inclinazione della monoclinale regionale decresce gradualmente da circa 22° a quasi 0°. I sedimenti pleistocenici si sovrappongono e si ripiegano verso nord-est. Venezia si trova su un segmento della monoclinale attiva che si immerge a circa 1,8° verso sud-ovest. Nei sedimenti intorno all'area di Venezia, il limite di 1,43 Ma [Calabrian, N.d.A.] si trova nell'intervallo di profondità 960-1500 m, indicando un tasso di subsidenza a lungo termine di circa 0,7-1,0 mm/anno. Pertanto, una parte significativa della componente naturale della subsidenza della città è correlata al ritiro verso nord-est della subduzione adriatica. La subduzione correlata alla flessione verso il basso interessa l'intero bacino della Pianura Padana e parte delle Alpi Meridionali, dove si oppone al sollevamento generale legato all'orogenesi.

Da oltre un decennio l'attenzione del mondo scientifico relativamente ai movimenti del suolo è stata attratta dalle più recenti tecniche radar-satellitari che, rispetto al puntuale rilievo basato sul GPS, consentono la valutazione del movimento reciproco di un enorme numero di punti all'interno dell'area indagata, consentendo di passare dall'informazione puntuale alla distribuzione areale della stessa. Tali recenti tecniche richiedono però una calibrazione/taratura puntuale, basata su informazioni certe di uno o più punti interni all'area, tipicamente punti attrezzati o comunque collegati con stazioni permanenti GPS. Valori del trend di subsidenza calcolati nel periodo 2010-2015 per le 4 stazioni ubicate nel centro storico veneziano (PCAV a Palazzo Cavalli; PSAL a Punta della Salute, lato Canale della Giudecca; PSA2 a Punta della Salute, lato Canal Grande; VEN1 a Riva degli Schiavoni), oscillano tutti tra -1.33 e -1.56 mm/anno, con valore medio di -1.45 mm/anno (Baldin & Crosato, 2017).

5.3 Previsioni per il futuro

Per quanto riguarda l'innalzamento del livello marino dovuto all'effetto combinato di eustatismo e subsidenza, Baldin & Crosato (2017) traggono, dai loro studi sopra citati, le seguenti conclusioni:

L'innalzamento del l.m.m. relativo a Venezia, come somma delle due componenti di eustatismo e subsidenza, nel periodo 1994-2016 risulta pari a 5,6 mm/a. Il valore si presenta in netta ripresa dopo il periodo di relativa stabilità tra il 1970 e l'inizio degli anni '90...Il recente incremento della velocità di subsidenza del suolo veneziano viene confortato dalle ultime analisi aggiornate dei dati satellitari condotte su dati inediti provenienti da quattro stazioni di rilevamento concentrate all'interno del centro storico veneziano, che sembrano indicare una perdita di quota nel periodo 2010-2015 con velocità prossima a -1,45 mm/anno.

Sulla base di ricerche più recenti (Zanchettin et al., 2021):

La città di Venezia e l'ecosistema lagunare circostante sono altamente vulnerabili alle variazioni del livello relativo del mare. Negli ultimi 150 anni circa, questo è stato caratterizzato da un tasso medio di innalzamento relativo del livello del mare di circa 2,5 mm/anno, derivante dal contributo combinato del movimento verticale del terreno e dell'innalzamento del livello del mare. Questa revisione della letteratura rivaluta e sintetizza i progressi compiuti nella quantificazione, comprensione e previsione dei singoli contributi al livello relativo del mare locale, con particolare attenzione agli studi più recenti. La subsidenza ha contribuito a circa la metà dell'innalzamento relativo del livello del mare storico a Venezia. La migliore stima attuale del tasso medio di innalzamento del livello del mare durante il periodo di osservazione dal 1872 al 2019, basata sui dati mareografici dopo la rimozione degli effetti della subsidenza, è di $1,23 \pm 0,13$ mm/anno. Un tasso di innalzamento del livello del mare più elevato, ma più incerto, è stato osservato negli anni più recenti. Tra il 1993 e il 2019, si stima una variazione media di circa $+2,76 \pm 1,75$ mm/anno dai dati mareografici dopo la rimozione della subsidenza. Sfortunatamente, l'altimetria satellitare non fornisce dati affidabili sul livello del mare all'interno della Laguna di Venezia. Le variazioni locali del livello del mare a Venezia dipendono strettamente dalle variazioni del livello del mare nel Mare Adriatico, che a loro volta sono collegate alle variazioni del livello del mare nel Mar Mediterraneo. Lo scambio di massa d'acqua attraverso lo Stretto di Gibilterra e i suoi fattori determinanti costituiscono attualmente una fonte di sostanziale incertezza per la stima delle future deviazioni dell'andamento del livello medio del mare nel Mediterraneo dal valore medio globale. I processi atmosferici e oceanici regionali contribuiranno probabilmente a una significativa variabilità futura interannuale e interdecennale del livello del mare veneziano, con un'entità paragonabile a quella osservata in passato. Sulla base delle proiezioni regionali dell'innalzamento del livello del mare e della comprensione dei processi locali e regionali che influenzano le tendenze relative del livello del mare a Venezia, il probabile intervallo di innalzamento relativo del livello del mare corretto per l'atmosfera a Venezia entro il 2100 varia rispettivamente tra 32 e 62 cm per lo scenario RCP 2.6 e tra 58 e 110

cm per lo scenario RCP 8.5¹⁶. Uno scenario di fascia alta plausibile ma improbabile, legato a un forte scioglimento della calotta glaciale, stima circa 180 cm di innalzamento relativo del livello del mare a Venezia entro il 2100. Le proiezioni dei movimenti verticali del terreno indotti dall'uomo non sono attualmente disponibili, ma le prove storiche dimostrano che hanno il potenziale per produrre un contributo significativo all'innalzamento relativo del livello del mare a Venezia, esacerbando il rischio rappresentato dalle variazioni del livello del mare indotte dal clima.

Sulla base del rapporto XVII della Società Geografica Italiana (Celata & Soriani, 2025), al 2100 le aree costiere a rischio inondazione riguardano anche l'alto Adriatico e, di conseguenza, Venezia, la sua laguna e le sue isole, lidi compresi; gli scenari sono ripresi dall'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), che a sua volta si avvale dei dati del *Joint Research Center* (JRC). L'aumento del livello del mare entro il 2050 è previsto di circa 30 cm; entro il 2100, nello scenario a basse emissioni di CO₂, si stima un aumento tra 30 e 80 cm, mentre in uno scenario ad alte emissioni l'aumento potrebbe superare 1,20 m. In sintesi, Lido e Pellestrina sono anche le aree che subirebbero per prime e con maggiore intensità gli effetti diretti del cambiamento climatico, in particolare l'erosione e il rischio di sommersione permanente.

Per quanto riguarda i cambiamenti a lungo termine dell'arenile nel tratto costiero dell'isola barriera del Lido, secondo studi recenti (Molinarioli *et al.*, 2023), possono essere stimati in tre specifiche zone del Lido: cella A (parte settentrionale), cella B (parte centrale interessata dai Murazzi), cella C (parte meridionale). Esaminando i tassi di variazione della linea di costa calcolati su cinque periodi successivi (ovvero, 1955-1978, 1978-1987, 1987-1996, 1996-2006 e 2006-2019), i risultati ottenuti sono esposti come segue:

I risultati hanno mostrato principalmente un andamento positivo a lungo termine (cella A media 2,0 m/anno; cella C media 1,2 m/anno) e una erosione moderata (cella A e C media 0,9 m/anno) nei periodi 1996-2006 e 2006-2019, probabilmente dovuta a un aumento della frequenza delle mareggiate. Per quanto riguarda la cella B, è significativo sottolineare le modifiche intervenute dal 2008 al 2021, relative alla costruzione di diversi pennelli e di una diga foranea sommersa, che hanno garantito l'avanzamento della costa e la deposizione nella spiaggia sommersa. I risultati ottenuti per il periodo di 64 anni indicano una predominanza del processo di accumulo sulla stabilità e sull'erosione, dimostrando che, nel lungo termine, la progradazione si è verificata nel litorale esaminato nonostante il verificarsi di forti tempeste e interventi antropici, che hanno avuto un impatto significativo sull'entità dei cambiamenti (fenomeni di accrescimento/erosione). Tuttavia, gli effetti principali sull'erosione e la progradazione delle spiagge sono stati prodotti dagli interventi antropici. In

¹⁶ RCP 2.6 e RCP 8.5 (*Representative Concentration Pathway*) sono due percorsi di concentrazione di gas serra utilizzati dall'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) per simulare il clima futuro; essi prevedono rispettivamente incrementi di energia (forzante radiativo) di 2,6 e di 8,5 watt m² entro l'anno 2100 rispetto al 1850.

particolare, gli impatti positivi sono stati derivati dalle opere di ingegneria costiera che intercettano le correnti lungo la costa, mentre gli effetti negativi sono stati causati dalle opere funzionali alla realizzazione del sistema MoSE alle bocche di porto di Lido e Malamocco, che hanno ridotto la quantità di sedimento disponibile, contribuendo così al peggioramento delle condizioni delle celle A e C. In vista del previsto innalzamento del livello del mare, quest'area merita maggiore considerazione per una corretta pianificazione territoriale nell'ambito della gestione integrata della fascia costiera. Sugeriamo di istituire un programma di monitoraggio dell'evoluzione della linea di costa per gestirne al meglio lo sviluppo futuro.

6. La fruizione dei Murazzi del Lido di Venezia

Anche Goethe (Francoforte sul Meno 1749-Weimar 1832) amava passare del tempo sui Murazzi, un'opera idraulica che lo aveva fortemente colpito. Il viaggio di Goethe in Italia durò quasi due anni, dal 3 settembre 1786 al 18 giugno 1788. Venezia fu una delle sue prime tappe, dove arrivò il 28 settembre 1786. Dal suo libro *Viaggio in Italia*, pubblicato in due volumi nel 1816-1817, riportiamo le seguenti note da lui scritte il 9 ottobre 1786 (Castellani, 1993):

Le opere di muratura erette a difesa del mare consistono alla base di alcuni erti gradini, cui segue un piano in leggera salita, poi un altro gradino, quindi un nuovo piano in lieve salita, e infine un muro molto ripido, sporgente nella parte alta. Su questi gradini e piani inclinati monta il flusso marino, fino a infrangersi, in casi eccezionali, contro la muraglia superiore e la relativa sporgenza.

Al seguito del mare salgono i suoi abitatori: chioccioline commestibili, patelle univalvi e tutto ciò che pullula nell'acqua, segnatamente i granchi. Ma non appena questi animaletti si sono annidati sul muro liscio, ecco che il mare, scivolando e spumeggiando, com'era venuto si ritira. Sul principio tutto quel brulicame non capisce come stanno le cose e aspetta il ritorno del flusso salato; ma ciò non avviene, il sole scotta e prosciuga in fretta, e allora ha inizio la ritirata. Questo è il momento in cui i granchi cercano la preda. Nulla di più bizzarro e di più comico delle mosse di queste bestie, costituite da un corpo tondo e da due lunghe chele a forbice (le altre loro zampe da ragno non sono visibili). Si muovono guardinghi, quasi procedessero su braccia a mo' di trampoli; e appena una patella, protetta dal suo guscio, accenna a spostarsi, si precipitano per ficcare le loro chele nel minuscolo interstizio fra il guscio e il terreno, rovesciare l'involucro e sgranocchiarsi il mollusco. La patella, che se ne va pian piano, appena si accorge della vicinanza del nemico, s'incolla subito alla pietra. Con mosse buffamente aggraziate il cacciatore si arrabatta intono al piccolo guscio, ma non ha forza bastante a debellare la potente corazza del molle esserino; rinuncia allora a quella preda, corre verso un'altra patella che sta spostandosi, e la prima, pian piano, si rimette in moto. Non ho mai veduto un granchio raggiungere il suo scopo, benchè sia rimasto per ore a spiare le manovre di ritirata di quel formicolio di bestie, che si lasciano scivolare giù per i due piani inclinati e i gradini intermedi.

I Murazzi, pesantemente danneggiati dalla mareggiata del novembre 1966, quando fu concreto il pericolo che il mare potesse penetrare in laguna sormontando i lidi, furono ripresi e consolidati negli anni successivi e la loro struttura appare oggi compatta e funzionale. A partire dal mare si presenta come una scogliera di massi, sui quali molte persone amano prendere il sole anche utilizzando strutture spontanee, seguita da un doppio piano inclinato di lastre calcaree, delimitato da un muretto alto approssimativamente 1 metro; il tratto di pista alle spalle è facilmente percorribile in bicicletta o a piedi da parte di chi ama pedalare o passeggiare con la vista del mare in prossimità (Fig. 16).



Fig. 16 – La pista ciclabile e pedonale che fiancheggia i Murazzi e le installazioni spontanee per il tempo libero realizzate sui massi (Google Earth, 2024).

Ringraziamenti

Ringrazio il Professor Riccardo Lucchetta che mi ha fornito preziose indicazioni storiche, nonché il Professor Giovanni Tosatti per la cura redazionale.

Bibliografia

- AMATI C., 1829 – *Dell'Architettura di Marco Vitruvio Pollione, Libri dieci pubblicati da Carlo Amati professore architetto*. Coi tipi di Giacomo Pirola, Tomo Primo, Milano, pp. 44-45.
- BALDIN G., CROSATO F., 2017 – *L'innalzamento del livello medio del mare a Venezia: eustatismo e subsidenza*. ISPRA, Quaderni di Ricerca Marina, **10**, Roma, 20 pp.
- BARALDI F., 2025 – *Caratteristiche sedimentologiche del sistema dunale costiero di Alberoni, Lido di Venezia*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **156**, pp. 65-83.
- BERTOSA M., 1992 – *L'avorio istriano per Donatello*. "Jurina i Franina", rivista di varia cultura istriana, n. 51, Libar od Grozda, Pola, pp. 38-41, <https://www.istrianet.org/istria/crafts-trades/masonry/pietra1.htm>.
- CARMINATI E., DOGLIONI C., SCROCCA D., 2003 – *Apennines subduction-related subsidence of Venice (Italy)*. Geophysical Research Letters, vol. 30, n. **13**, pp. 50-54.
- CASTELLANI E. (a cura di), 1993 – *Johann Wolfgang Goethe. Viaggio in Italia*. Grandi Classici Oscar Mondadori, Milano, pp. 100-101.
- CELATA F., SORIANI S. (a cura di), 2025 – *Paesaggi sommersi. Geografie della crisi climatica nei territori costieri italiani*. XVII Rapporto della Società Geografica Italiana, Roma, 240 pp.

- CESSI R., 1930 – *Discorsi sopra la laguna di Cristoforo Sabbadino*. In: R. Cessi & G. Pavanello (a cura di) “Antichi scrittori d’idraulica veneta”, II, 1, Premiate officine grafiche C. Ferrari, Venezia, 240 pp.
- CHERINI A., GELLNER E., 2009 – *Il Trabaccolo dell’Adriatico e il Pielego*. Quaderno dell’Associazione Marinarina “Aldebaran” n. 28/84, Trieste, 22 pp.
- CITTÀ DI VENEZIA, 2025 – *Variazioni del livello medio del mare*. Centro previsioni e segnalazioni maree, Dati e statistiche. <https://www.comune.venezia.it/it/content/variazioni-livello-medio-mare>.
- CITTÀ METROPOLITANA DI VENEZIA, 2019 – *Banca dati stratigrafica*. <http://webgis.cittametropolitana.ve.it/geologia>.
- COLOMBO P., 1985 – *Difesa di Venezia dai fiumi e dal mare*. Associazione Geotecnica Italiana, 2, pp. 73-91.
- CONSORZIO VENEZIA NUOVA, 2026 – *Difesa mareggiate. Rinforzo dei litorali e ricostruzione dei moli guardiani. Lido di Venezia*. <https://mosevenezia.eu/difesa-mareggiate/>, pp. 88-109.
- CORONELLI V., 1716 – *Proposte del p. Coronelli, importanti al pubblico ed al privato, svellate, e dilucidate co’ disegni*. Giornale Veneto per l’anno 1715-1716, Stampatore Orlandi in Merceria, Venezia, 24 pp.
- CORONELLI V., 1728 – *Effetti naturali delle acque, concernenti l’idrostatica*. Accademia Cosmografica degli Argonauti, Venezia, 110 pp.
- D’ALPAOS L., 2010a – *L’evoluzione morfologica della Laguna di Venezia attraverso la lettura di alcune mappe storiche e delle sue carte idrografiche*. Comune di Venezia, Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Legge speciale per Venezia, 108 pp.
- D’ALPAOS L., 2010b – *Fatti e misfatti di idraulica lagunare. La laguna di Venezia dalla diversione dei fiumi alle nuove opere alle bocche di porto*. Istituto Veneto di Scienze Lettere e Arti, vol. 44, Memorie della Classe di Scienze Fisiche Matematiche e Naturali, Venezia, 329 pp.
- D’AMBROSI C. (a cura di), 1929 – *Carta geologica delle Tre Venezie alla scala 1:100 000, Foglio 37 Pisino*. Ministero dei Lavori Pubblici, Ufficio Idrografico del Regio Magistrato alle Acque, Venezia.
- FALCHETTA P., 2009 – *Il Trattato De Navigatione di Benedetto Cotrugli (1464-1465). Edizione commentata del ms. Schoenberg 473 con il testo del ms. 557 di Yale*. Studi Veneziani, LVII, pp. 133.
- FONTANA I., 2017 – *Evoluzione morfologica del Lido di Venezia dagli anni ‘50 ad oggi e scenari futuri correlati all’innalzamento del livello del mare*. Università Ca’ Foscari di Venezia, Corso di Laurea Magistrale in Scienze Ambientali, Tesi di Laurea Magistrale (inedita), a.a. 2016/2017, 127 pp.
- INFOVSAR, 2024 – *La cava di Montraker e la pietra di Orsera*. <https://infovsar.com/it/esperienze/natura/la-cava-di-montraker-e-la-pietra-di-orsera/>.
- LAZZARINI L., 2008 – *Pietra d’Istria: uso, genesi, proprietà, cavatura e forme di deterioramento della pietra di Venezia*. Histria Terra, 9, Trieste, pp. 7-44.
- LAZZARINI L. (a cura di), 2020 – *Le pietre di Venezia*. ArcheoVenezia, Anno XXX, n. 1, 6 pp.
- MADDALENA L., 1941 – *La pietra di Orsera e l’architettura veneziana*. L’Ingegnere, 12, pp. 1097-1101.
- MEDAS S., 2013 – *Due relitti con carichi lapidei rinvenuti al Bacàn (Bocca di Porto di Lido, laguna di Venezia)*. Marmora, 8, Roma, pp. 115-125.
- MOLINAROLI E., PESCHIUTTA M., RIZZETTO F., 2023 – *Long-Term Evolution of an Urban Barrier Island: The Case of Venice Lido (Northern Adriatic Sea, Italy)*. Water, 15, 1927, 26 pp.
- PANZERI S., 2016 – *Venezia cinquant’anni dopo. Intanto Piazza San Marco è ancora sommersa dall’«acqua granda»*. Il Giornale dell’Arte, Venezia, <https://www.ilgiornaledellarte.com/Articolo/Venezia-cinquantanni-dopo-Intanto-Piazza-San-Marco-%C3%A8-ancora-sommersa-dallaqua-granda>.
- PESCHIUTTA M., 2020 – *Analisi del trend evolutivo del litorale del Lido di Venezia dal 1950 al presente: valutazione della vulnerabilità futura in relazione all’innalzamento del livello del mare*. Università Ca’ Foscari di Venezia, Corso di Laurea Magistrale In Scienze Ambientali. Tesi di Laurea Magistrale (inedita), a.a. 2019/2020, 105 pp.
- PIZZO E., 2021 – *Sistemi monetari preunitari: note finanziarie sulla costruzione dei Murazzi*. <https://www.historiaregini.it/sistemi-monetari-preunitari-note-finanziarie-sulla-costruzione-dei-murazzi/>
- TOSO FEI A., 2018 – *Ritratti Veneziani, i volti e le storie degli Uomini e delle Donne che hanno fatto grande Venezia nei secoli*. Vol. 2°, Dario De Bastiani Editore, Vittorio Veneto, 160 pp.
- ZANCHETTIN D., BRUNI S., RAICICH F. ET ALII, 2021 – *Sea-level rise in Venice: historic and future trends*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, pp. 2643-2678.
- ZENDRINI A., 1835 – *Documenti autentici che dimostrano doversi unicamente a Bernardino Zendrini, matematico della Repubblica di Venezia e Soprintendente ai fiumi, alle lagune, canali e porti dello Stato Veneto, il Progetto per la costruzione del celebre riparo detto i Murazzi dei Lidi di Venezia*. Tipografia di Alvisopolis, Venezia, 40 pp.

- ZENDRINI B., 1741 – *Leggi e fenomeni delle acque correnti*. Presso Giambattista Pasquali, Venezia, 479 pp.
- ZENDRINI B., 1811 – *Memorie storiche dello stato antico e moderno delle lagune di Venezia e di que' fiumi che restarono divertiti per la conservazione delle medesime*. Due Tomi, Stamperia del Seminario, Padova, 485+462 pp.



Veronica Padovani*, Giovanni Serafini*, Cesare Andrea Papazzoni*

Natural and Unnatural Histories: The Many Aspects of Dinosaur Science

Abstract

The year 2024 marked the two-hundredth anniversary of the first formal scientific description of a dinosaur fossil: Megalosaurus, described by William Buckland in 1824. On this occasion, Fondazione AGO Modena Fabbriche Culturali and the University of Modena and Reggio Emilia (Italy) jointly organised the exhibition “Natural Unnatural. Dinosaurs and other creatures”. The exhibition used the changing image of dinosaurs as a vehicle for communicating the cumulative and revisable character of scientific inquiries. This paper, which describes and extends the contents of the exhibition, traces the evolution of dinosaur science and its visual representation over two centuries, from the earliest reconstructions of the 1840s to the feathered, behaviourally complex animals of contemporary palaeontology. Using the Allosaurus fragilis skeleton held at our University as a case study, we discuss how museum collections can serve as material witnesses to the history of scientific knowledge, and how the successive remounting and reinterpretation of the same specimens encodes history in tangible form. We argue that history of dinosaur imagery is a uniquely accessible metaphor for science as a process and that natural history museums are ideal when dealing with such a topic.

Riassunto

Storie naturali e innaturali: i molteplici aspetti della scienza dei dinosauri. Il 2024 ha segnato il bicentenario della prima descrizione scientifica di un fossile di dinosauro: Megalosaurus, descritto da William Buckland nel 1824. In questa occasione, Fondazione AGO Modena Fabbriche Culturali e l'Università di Modena e Reggio Emilia hanno realizzato in partenariato la mostra “Naturale Innaturale. Dinosauri e altre creature”. La mostra ha utilizzato l'evoluzione dell'immagine dei dinosauri come strumento per comunicare il carattere costruttivo e in divenire della ricerca scientifica. Il presente articolo, che descrive e approfondisce i contenuti della mostra, ripercorre l'evoluzione della scienza dei dinosauri e della loro rappresentazione visiva nel corso di due secoli, dalle prime ricostruzioni degli anni Quaranta dell'Ottocento agli animali piumati e dal comportamento complesso della paleontologia contemporanea. Utilizzando lo scheletro di Allosaurus fragilis dell'Università come caso di studio, si discute di come le collezioni museali possano fungere da testimoni materiali

* Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 103, 41125 MODENA; e-mails: veronica.padovani@unimore.it; giovanni.serafini@unimore.it; papazzoni@unimore.it.

della storia della conoscenza scientifica e come il rimontaggio e la reinterpretazione successiva degli stessi reperti ne codifichi la storia in forma tangibile. Riteniamo che la storia dell'iconografia dei dinosauri rappresenti una metafora straordinariamente accessibile della scienza come processo e che i musei di storia naturale siano nella posizione ideale per rendere tale processo visibile e comprensibile al pubblico.

Keywords: *Dinosaurs, University Museums, History of Science, Palaeoart, Museum Education and Interpretation*

Parole chiave: *Dinosauri, musei universitari, storia della scienza, paleoarte, didattica e interpretazione museale*

1. Introduction

Objects in museum collections have been studied, preserved and occasionally forgotten for centuries, only to be sometimes rediscovered and returned to public view. The history of any such object includes not only its origin, but its journey through space and time: why it was collected, where it was kept, who studied or restored it, and how it was displayed and interpreted at different moments. In particular, university museum collections reflect the intellectual history of the institutions to which they belong and the objects they hold can serve as powerful metaphors for core scientific concepts.

Among these objects, fossils (and dinosaur fossils above all) have long held an almost unparalleled capacity to engage curiosity as well as a sense of wonder among people. The history of how dinosaurs have been viewed by scientists and artists as well as the general public since their formal recognition as a group of animals in the 1840s is therefore not only a history of palaeontological discovery, but also a history of science as a human and cultural enterprise. The bicentenary of the first formal scientific description of a dinosaur fossil (*Megalosaurus*, described by William Buckland of Oxford University in 1824) provided in 2024, was a chance to reflect on how much our understanding of these animals has changed over two centuries, and how such changes are encoded in objects, illustrations and museum displays produced by following generations.

On this occasion, Fondazione AGO Modena Fabbriche Culturali and the University of Modena and Reggio Emilia (Italy) jointly organised the exhibition “*Naturale Innaturale. Dinosauri e altre creature/Natural Unnatural. Dinosaurs and other creatures*” (Palazzina dei Giardini, Modena, 25 October 2024–16 February 2025), part of the broader cultural programme “Il tempo della meraviglia” (The Time of Wonder), focused on remounting the university’s *Allosaurus fragilis* skeleton replica in a pose consistent with current scientific knowledge. This paper describes the *Allosaurus fragilis* collection held at the

university, its acquisition history and scientific relevance. Moreover, it traces two centuries of evolving dinosaur science and visual representation as well as discussing the curatorial approach and outcomes of the exhibition.

2. Two Centuries of Dinosaur Science and Visual Representation

2.1 Early discoveries and the establishment of Dinosauria (1824-1860)

On 20th February 1824, William Buckland presented a description of a fossilised jaw from a quarry at Stonesfield, Oxfordshire, naming the animal *Megalosaurus* (“great lizard”) (Buckland, 1824) to the Geological Society of London: the first scientific name assigned to what would later be recognised as a dinosaur. In 1842, Richard Owen reviewed the available material of *Megalosaurus*, *Iguanodon*, and *Hylaeosaurus* and established the Order Dinosauria. Owen subsequently advised the sculptor Benjamin Waterhouse Hawkins on the first three-dimensional reconstructions of dinosaurs, unveiled at Crystal Palace Park, London, in 1854. These life-sized models depicted the animals as massive, quadrupedal, crocodile-like creatures, reflecting the fragmentary nature of the fossil record available at the time. The interpretation of *Iguanodon* as a gigantic iguana (with a conical element misidentified as a nasal horn and later correctly recognised as a thumb spur spike following the discovery of complete skeletons at Bernissart, Belgium, in 1878) is emblematic of this early phase.

2.2 The “Bone Wars” and the consolidation of the classical image (1860s-1930s)

Large-scale fossil collecting in North America during the 1870s-1890s, driven in part by the intense rivalry between Edward Drinker Cope and Othniel Charles Marsh (the so-called “Bone Wars”), dramatically expanded the known diversity of dinosaurs and provided the material basis for the first complete mounted skeletons in major natural history museums. *Allosaurus* (Marsh, 1877), *Stegosaurus*, *Triceratops* and *Tyrannosaurus* were all formally described in this period. The mounted skeletons displayed at the turn of the 20th century established a visual template that would persist for decades: bipedal dinosaurs posed in an upright, semi-erect “kangaroo” stance with the tail resting on the ground. Scientific illustrations made by Charles R. Knight and, later, Zdeněk Burian gave canonical pictorial form to this template, depicting slow, bulky, and behaviourally simple reptiles. Alfred Sherwood Romer’s *Vertebrate Paleontology* (1933) provided the first comprehensive synthesis of vertebrate skeletal anatomy and evolution, but introduced relatively few revisions to the prevailing interpretation of dinosaur biology.

2.3 The Dinosaur Renaissance and the revision of dinosaur biology (1960s-1990s)

A fundamental reappraisal of dinosaur biology began in the 1960s with the work of John Ostrom, whose 1964 description of *Deinonychus antirrhopus* (Theropoda, Dromaeosauridae) identified a suite of anatomical features suggesting an active, agile animal with a high metabolic rate and revived Huxley's earlier hypothesis of a close relationship between dinosaurs and birds (Ostrom, 1969). These ideas were further elaborated and popularised by Ostrom's student Robert Bakker in *The Dinosaur Heresies* (1986). From the late 1980s, the dynamic, horizontally-postured axial reconstructions developed by palaeoartist Gregory Paul replaced the earlier kangaroo-like poses as the new standard in both scientific illustrations and popular culture. This new iconography directly influenced Michael Crichton's novel *Jurassic Park* (1990) and its 1993 film adaptation by Steven Spielberg, which introduced a new visual language for dinosaurs to a global audience as well as being a genuine watershed in the cultural history of these animals.

2.4 Feathered dinosaurs and 21st century palaeontology

Exceptionally well-preserved deposits in the Liaoning region in northeastern China, yielding small theropod dinosaurs with unambiguous evidence of feathering from the mid-1990s onwards, definitively solved the longstanding debate on the origin of birds and confirmed their dinosaurian ancestry. The first two decades of the 21st century have seen exponential growth in palaeontological knowledge, underpinned by CT scanning technology, synchrotron imaging, histological analysis, and molecular taphonomy. These approaches have provided data on soft-tissue anatomy, integument texture, feather morphology, coloration (through the study of melanosomes preserved in fossil feathers), vocalisation and reproductive biology. Contemporary scientific reconstructions depict colourful, behaviourally complex animals far closer in appearance and ecology to modern birds than to the monsters from 19th century imagination (Fastovsky & Weishampel, 2012). The popular cultural image, however, remains largely anchored to the now-obsolete iconography of *Jurassic Park*, which reflects the cultural influence of the film's disproportionate representations of dinosaurs.

3. The *Allosaurus fragilis* Collection at the University of Modena

3.1 The Cleveland-Lloyd Dinosaur Quarry and the Morrison Formation

The University of Modena and Reggio Emilia's *Allosaurus fragilis* skeletal elements originate from the Cleveland-Lloyd Dinosaur Quarry (Utah), one of the most productive dinosaur sites in North America. The quarry is located

on an outcrop of the Morrison Formation, deposited during the Late Jurassic (Kimmeridgian-Tithonian, approximately 155-143 million years ago) in a continental environment with a seasonal tropical to subtropical climate. The formation has yielded remains of many iconic Jurassic dinosaurs, including *Stegosaurus*, *Apatosaurus*, *Ceratosaurus* and *Allosaurus*, alongside a rich paleofauna of insects, crustaceans, fish, amphibians, reptiles and primitive mammals as well as plant remains documenting flora dominated by conifers, tree ferns, cycads and horsetails near wetlands (Peterson *et al.*, 2017). The unusually high concentration of carnivorous dinosaurs at the Cleveland-Lloyd site has been attributed to natural traps (mudflats or quicksand) or alternatively to the aggregation of weakened individuals around diminishing water sources during dry seasons (Gates, 2005).

Allosaurus fragilis Marsh, 1877 belongs to the theropods, the clade of mostly bipedal, mostly predatorial and often feathered dinosaurs that includes all modern birds. Its name comes from the Greek word for “different lizard” in reference to the distinctive morphology of its vertebrae, *Allosaurus* was a large apex predator approximately 8-8.5 metres in length and over 2,000 kg in body mass (Fig. 1), with characteristic lacrimal crests anterior to the orbits. Biomechanical evidence indicates reliance on powerful forelimbs and hooked manual unguals to subdue prey, compensating for a relatively low bite force. Multiple bone pathologies across the known specimen record suggest an active and physically demanding predatory lifestyle (Alessandrini, 2015).

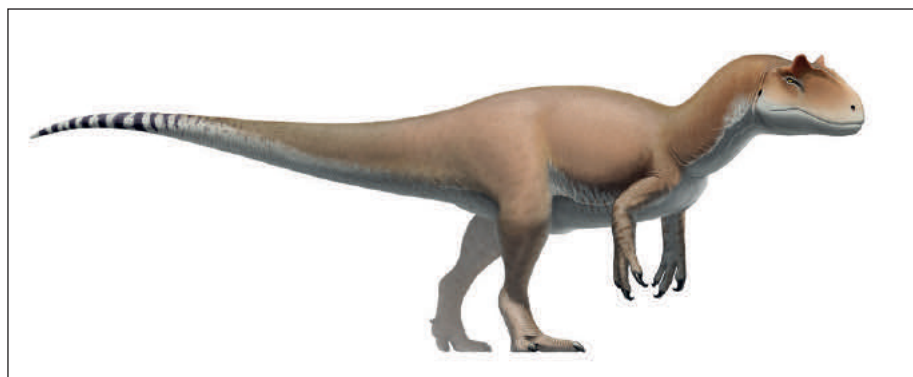


Fig. 1 – *Allosaurus fragilis* (reconstruction by Fred Wierum via Wikimedia Commons).

3.2 Acquisition and history of the collection in Modena

In 1964, the University of Modena acquired a collection of skeletal elements belonging to multiple individuals of *Allosaurus fragilis* from the

University of Utah, together with a plaster replica of a complete skeleton, as part of the “University of Utah Cooperative Dinosaur Project”. The acquisition was reported by Eugenia Montanaro Gallitelli, then Director of the Institute of Palaeontology, who noted that the purchase of objects of particular educational and scientific interest had begun in anticipation of the opening of the new Palazzo delle Scienze (Montanaro Gallitelli, 1966), which unfortunately was never built.

The original skeletal material comprises 97 elements, predominantly vertebrae in a good state of preservation, characterised by a dark colouration resulting from enrichment in heavy metals including Fe, Mo, As, U, Pb, Sr, and Zn (a taphonomic signature consistent with the geochemical environment of the Cleveland-Lloyd Quarry; cf. Peterson *et al.*, 2017). The plaster skeleton replica measures approximately 6 metres in length and 2.5 metres in height.

The *Allosaurus* skeleton replica and a co-acquired *Camptosaurus* replica were displayed in the “Sala dei Dinosauri” in Viale Berengario, Modena, from the early 1990s until 2012, mounted in an upright “kangaroo-like” posture with the tail dragging behind the body (a convention reflecting the scientific understanding of the late 19th century). In 2012, the earthquake that struck the lower Emilia plain caused structural damage to the Sant’Agostino complex housing the Sala dei Dinosauri, and all museum objects were dismantled and placed in storage. Prior to the 2024 exhibition, the collection was the focus of a Science for Education Master’s thesis (Cozzolino, 2023) which provided a systematic review of the skeletal elements and laid the groundwork for the remounting project. The skeleton replica was subsequently remounted in a dynamically active pose consistent with current scientific knowledge, with the tail raised horizontally as a counterbalance, and displayed publicly for the first time since 2012.

4. The Exhibition “Naturale Innaturale. Dinosauri e altre creature”

4.1 Context, venue and curatorial approach

“Naturale Innaturale. Dinosauri e altre creature” was a joint project between Fondazione AGO Modena Fabbriche Culturali and the Università di Modena e Reggio Emilia, as a part of “Il tempo della Meraviglia”, Fondazione AGO’s cultural programme for Modena. The exhibition comprised two sections: a scientific section on the history of dinosaur science and visual representation by Veronica Padovani (University of Modena and Reggio Emilia) with scientific advice by Richard Kissel, Cesare Andrea Papazzoni and Giovanni Serafini, as well as an artistic section dedicated to the work of Dario Ghibaudo, by Gianlorenzo Chiaraluce (art historian, researcher and independent curator). The present paper focuses only on the scientific section. The exhibition was

held at Palazzina dei Giardini, an 18th century pavilion located within Modena's Public Gardens adjacent to the Dukes' Palace, characterised by richly frescoed interiors. The juxtaposition of this ornate setting with the stark, black-painted *Allosaurus fragilis* skeleton mounted on a low plinth at the centre of the main hall (Fig. 2) created immediate visual tension between deep geological time and human cultural history.



Fig. 2 – The remounted *Allosaurus fragilis* skeleton replica on display in the central hall of the Palazzina dei Giardini, Modena (photo by V. Padovani).

The scientific section was structured around a “big idea” (Serrell, 1996): a single, clearly formulated interpretive statement providing unambiguous focus for the exhibition's content, object selection and visitor experience. The idea was basically: “Scientific advancements in the study of dinosaurs which have informed their depiction in the past can help us reconstruct what *Allosaurus fragilis* looked like.” This anchored the narrative to a specific object while connecting it to the broader historical and epistemological argument about the evolution of scientific knowledge and its visual expression.

All exhibition texts were both in Italian and English, with translations by Veronica Padovani and Karen Elaine Whittle. The visual identity and graphic

design of the exhibition were developed by the Modena-based graphic design studio “Intersezione”. The exhibition ran from 25 October 2024 to 16 February 2025 and attracted approximately 8,000 visitors.

4.2 Exhibition structure and content

The exhibition was organised across three interconnected rooms.

The first room was dedicated entirely to the remounted *Allosaurus fragilis* skeleton replica, displayed in a dynamically active pose consistent with current scientific understanding of theropod biology (hands facing each other, forelimbs extended, tail horizontal, body inclined forward), restored and remounted by “Di.Ma. Dino Makers”.

The second room presented a visual and material timeline of two centuries of dinosaur science, running along the north wall from 1824 to 2024, marking key events from Buckland’s description of *Megalosaurus* to the Liaoning feathered dinosaur discoveries and the exponential growth of 21st century palaeontology. Three display cases positioned in front of the timeline (Fig. 3) held taxidermy specimens of modern animals historically used as anatomical templates for dinosaur reconstructions (a monitor lizard, a crocodilian, and a bird of prey from the University’s zoological collections) alongside original historical books and scientific publications. The juxtaposition made the interpretive process tangible, thanks to which scientists have reasoned from known to unknown anatomy across two centuries.

The third room offered a more detailed treatment of dinosaur biology and *Allosaurus* in particular. A life-sized skeletal outline of *Allosaurus fragilis* printed directly onto the wall was accompanied by circular insets illustrating soft tissue reconstructions, integument details, and internal anatomy at the corresponding positions on the skeletal outline (Fig. 3); original skeletal elements from the University collection were displayed in adjacent cases. Thematic panels addressed dinosaur systematics and the three major groups (Ornithischians, Sauropods, Theropods); the bird-dinosaur relationship and the concept of non-avian dinosaurs; osteological evidence for posture, locomotion, and physiology, including pneumatic vertebrae as evidence for an ancient origin of the avian respiratory system and bone microstructure data indicating fast metabolism and rapid growth; integument (scales, downs, and feathers, and their functional implications for thermoregulation and display); and reproduction, with reference to *Scipionyx samniticus* (“Ciro”) from Pietraroja (Campania, Italy) as one of the world’s best-preserved dinosaur fossils. A final panel presented the history of the Cleveland-Lloyd Quarry and the university’s acquisition of the collection, directly quoting Eugenia Montanaro Gallitelli’s 1966 report to the Società dei Naturalisti e Matematici di Modena (Montanaro Gallitelli, 1966).



Fig. 3 – Room 3 of the exhibition: the life-sized skeletal outline of *Allosaurus fragilis* printed on the wall, with circular insets illustrating anatomical reconstructions. Original pastel paleoartwork by Giovanni Serafini. Original skeletal elements and taxidermy specimens from the University collection are displayed in the cases (photo by V. Padovani).

4.3 Science, art and educational activities

A defining feature of “Naturale Innaturale” was the deliberate permeability of the boundary between scientific and artistic representation styles. The large *Allosaurus* wall graphic and associated palaeoartistic reconstructions (produced by Giovanni Serafini using a combination of anatomical data and informed speculative interpretation) embodied the argument that imagination has always been a key element of palaeontological reconstruction, without abandoning scientific accuracy. Richard Kissel (The DoSeum - San Antonio Museum for Kids) created the exhibition mascot, a wide-eyed, cartoon-like depiction of *Allosaurus fragilis* which served as a visual bridge between the exhibition’s scientific content and its younger audiences (Fig. 4). The mascot was made available in a range of merchandise available at the exhibition shop, including a paper toy and temporary tattoos, functioning as an accessible and deliberately light-hearted introduction to the exhibition themes for visitors of all ages and as a reminder that palaeoart spans across a wide range of visual registers.

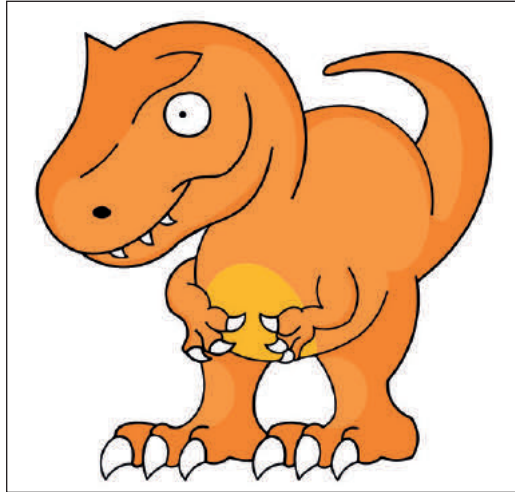


Fig. 4 – The exhibition mascot (drawing by Richard Kissel).

The complementary section of the exhibition was dedicated to the work of artist Dario Ghibaudo, whose ongoing project *Museo di Storia Innaturale* ironically engages with the classificatory conventions of natural history. Ghibaudo and Serafini worked together on the exhibition logo, featuring a hybrid creature embodying the dual nature of the project. The image combines a scientific skeletal rendering of *Allosaurus fragilis* with a fictional creature drawn from Ghibaudo's *Museo di Storia Innaturale*, embodying the dialogue between science and imagination that defined the exhibition's concept of interpretation (Fig. 5).

The educational programme, managed by the Fondazione AGO education department, included guided curatorial tours, school day trips, family activities, and a teachers' focus programme. A central component of the school workshops was a dinosaur drawing activity in which groups of children, seated on the floor of the central hall around the base of the *Allosaurus* skeleton, were invited to produce their own scientific reconstructions with the help of a facilitator (Fig. 6). This activity enacted on a miniature scale the same epistemological process the exhibition addressed on a historical scale: the translation of skeletal evidence into a living animal through a combination of scientific knowledge and informed imagination. Additional programme partners included the Museo della Figurina (co-curating a satellite exhibition on dinosaur-themed trading cards) and the Future Film Festival (organising a dinosaur-themed film cycle).

Altogether, the panels, objects and activities constituted a coherent interpretation of the university's *Allosaurus fragilis* collection: a single

assemblage of bones and a replica skeleton which became the narrative fulcrum of a broader story about two centuries of palaeontological knowledge, visual representation and the nature of science itself.

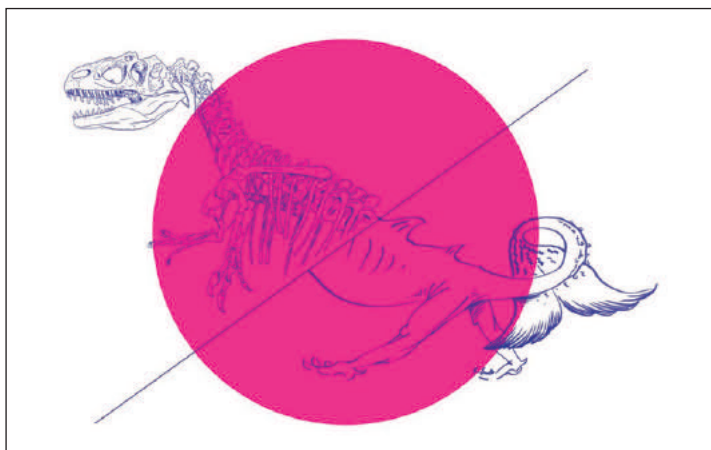


Fig. 5 – The exhibition logo, created by Giovanni Serafini and Dario Ghibaudo (graphic design by “Intersezione”).



Fig. 6 – A visitor participating in the dinosaur drawing workshop for children (photo by V. Padovani).

5. Discussion

The history of how dinosaurs have been depicted over the past two centuries is, in a way, a compressed history of science itself. Each following reconstruction (from Owen and Hawkins's Crystal Palace monsters to the scaly predators of *Jurassic Park*, to the feathered, colourful animals of contemporary palaeontology) reflected the available evidence, the interpretive frameworks, the technological capacities and the cultural assumptions of its moment. The image of a dinosaur is simultaneously a scientific hypothesis and a cultural artefact.

This dual character makes dinosaur imagery very productive for communicating the nature of science to a wider audience. The contrast between a quadrupedal, tail-dragging *Megalosaurus* and a dynamically active, feathered theropod communicates, more directly than any description, the cumulative and revisable character of scientific knowledge. Natural history museums are particularly geared to make this argument, holding not only the material evidence on which scientific reconstructions are based, but also the history of how that evidence has been understood and reinterpreted over time. The *Allosaurus fragilis* collection in Modena illustrates this concretely: the same bones mounted in an outdated pose can be remounted to reflect current knowledge, and the history of their successive depictions can itself become an object of exhibition.

The "big idea" framework proved effective in maintaining narrative focus across a broad thematic range. The integration of scientific and artistic approaches reinforced the central argument: that speculation, imagination, and aesthetic judgment have always been part of scientific knowledge about prehistoric life.

6. Conclusions

The exhibition returned the University's *Allosaurus fragilis* collection to public view (albeit temporarily) after more than a decade of inaccessibility and did so in a manner consistent with the current state of palaeontological knowledge. The remounting of the skeleton replica was both a practical outcome and a symbolic statement: museum displays are not static documents, but active interpretations subject to revision as knowledge advances.

The evolving image of dinosaurs is a uniquely accessible window onto science as a process. The incompleteness of the fossil record means there will always be an irreducible element of imagination in palaeontological reconstruction. Far from being a weakness, this is one of the features that makes palaeontology both a productive medium for communicating the nature of science to various audiences and a constantly evolving fascinating discipline.

The experience of “Naturale Innaturale” suggests that even average size collections can serve as a starting point for ambitious curatorial projects, provided they are approached with academic precision, institutional commitment and the willingness to engage with partners across disciplinary boundaries.

Bibliography

- ALESSANDRINI G., 2015 – *Allosaurus fragilis nelle collezioni del Museo di Paleontologia dell'Università di Modena e Reggio Emilia: analisi e descrizione*. Tesi di Laurea inedita, Università di Bologna.
- BAKKER R.T., 1986 – *The Dinosaur Heresies. New Theories Unlocking the Mystery of the Dinosaurs and their Extinction*. William Morrow, New York, 481 pp.
- BUCKLAND W., 1824 – *Notice on the Megalosaurus or great Fossil Lizard of Stonesfield*. Transactions of the Geological Society of London, **1**(2), pp. 390-396.
- COZZOLINO A., 2023 – *Lo scheletro di Allosaurus fragilis delle collezioni MuseOmoRE: storia, catalogazione e prospettive di valorizzazione*. Tesi di Laurea Magistrale inedita, Università di Modena e Reggio Emilia.
- FASTOVSKY D., WEISHAMPEL D.B., 2012 – *Dinosaurs. A Concise Natural History*. 2nd Edition, Cambridge University Press, 412 pp.
- GATES T.A., 2005 – *The Late Jurassic Cleveland-Lloyd Dinosaur Quarry as a Drought-Induced Assemblage*. *Palaios*, **20**(4), pp. 363-375. doi: <https://doi.org/10.2110/palo.2003.p03-22>.
- MARSH O.C., 1877 – *Notice of new dinosaurian reptiles from the Jurassic Formation*. *American Journal of Science*, **3**(84), pp. 514-516.
- MONTANARO GALLITELLI E., 1966 – *Quarant'anni di Geologia e Paleontologia nell'Università di Modena*. *Atti Soc. Nat. Mat. di Modena*, **97**, pp. 239-320.
- OSTROM J.H., 1969 – *Osteology of Deinonychus antirrhopus, an unusual theropod from the Lower Cretaceous of Montana*. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, **30**, pp. 1-165.
- PETERSON J.E., DISCHLER C., LONGRICH N.R., 2017 – *New data towards the development of a comprehensive taphonomic framework for the Late Jurassic Cleveland-Lloyd Dinosaur Quarry, Central Utah*. *PeerJ*, **5**, e3368.
- ROMER A.S., 1933 – *Vertebrate Paleontology*. University of Chicago Press, Chicago.
- SERRELL B., 1996 – *Exhibit Labels: An Interpretive Approach*. Rowman Altamira, Walnut Creek.



Danio Miserocchi^{*}, Marco Palmieri^{}, Francesca Riolo^{***},
Michel Zanata^{***}**

La distribuzione di *Aplexa hypnorum* in Emilia-Romagna con la segnalazione di una nuova stazione nel Parmense

Riassunto

Aplexa hypnorum (L., 1758) è un gasteropode dulcicolo della Famiglia Physidae diffuso in larga parte d'Europa, pur con un popolamento estremamente frammentato. La specie presenta serie criticità dal punto di vista conservazionistico, legate alla compromissione degli habitat dulcicoli cui è legata. A fronte della rapida scomparsa di molte popolazioni, alcuni organi di controllo di diversi Paesi europei, adottando i criteri di classificazione dell'IUCN, hanno inserito *A. hypnorum* tra le specie vulnerabili o in pericolo. Nell'articolo si fornisce una panoramica sull'attuale distribuzione della specie in Emilia-Romagna, integrando dati editi e inediti.

Abstract

Distribution of *Aplexa hypnorum* in Emilia-Romagna (Italy) with the report of a new station in the province of Parma. *Aplexa hypnorum* (L., 1758) is a freshwater gastropod of the Physidae Family widespread in much of Europe, although its populations are extremely fragmented. This species is now in a critical condition owing to the deterioration of freshwater habitats. Considering the rapid disappearance of many populations of this gastropod, several European Countries have inserted *A. hypnorum* in the list of vulnerable or endangered species. A panoramic view on the present distribution of the species in Emilia-Romagna is provided, by taking into account published and unpublished data.

Parole chiave: *Aplexa hypnorum*, gasteropodi dulcicoli, Emilia-Romagna

Keywords: *Aplexa hypnorum*, freshwater gastropods, Emilia-Romagna, Italy

^{*} Naturalista, Via della Bastiola 6, 48125 BASTIA (RA); e-mail: danio.miserocchi@gmail.com.

^{**} Archeologo, Via A. Ferrari 1, 40056 VALSAMOGGIA (BO); e-mail: palma_bo@libero.it.

^{***} Naturalista, Parma Sostenibile APS, Viale Solferino 20, 43123 PARMA; e-mail: info@parmasostenibile.it.

1. Introduzione

Aplexa hypnorum (Linnaeus, 1758) è un gasteropode dulcicolo con distribuzione paleartica¹ appartenente alla Famiglia Physidae Fitzinger, 1833, unico attuale rappresentante del genere *Aplexa* J. Fleming, 1820 in Europa, stante la validità della proposta di Taylor (2003) di considerare *A. turrita* (O.F. Müller, 1774) come un semplice morfotipo della stessa *A. hypnorum*².

La specie è attestata nella maggior parte dei Paesi d'Europa, sebbene le fonti in merito non siano sempre del tutto concordanti: ad esempio, nella *checklist* redatta da Bank & Neubert (2017) se ne indica la presenza in Svezia, laddove già dagli anni '90 del secolo scorso era considerata probabilmente estinta (Nilsson *et al.*, 1998).

Per quanto concerne il contesto italiano la specie è segnalata da molti Autori (es. Girod *et al.*, 1980; Cossignani & Cossignani, 1995; Glöer, 2019) nelle regioni settentrionali, oltre che in Lazio, Toscana e Campania. Queste indicazioni, tuttavia, originano probabilmente dalla semplice e acritica riproposizione delle informazioni fornite da Alzona (1971), mentre più aggiornato e verosimile risulta essere il quadro distributivo proposto da Bodon *et al.* (2021), secondo i quali la specie sarebbe presente in Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna e Campania.

Limitando la ricerca ai dati pubblicati a partire dagli anni '80 del secolo scorso, le sole stazioni ben documentate di *A. hypnorum* in territorio italiano (alcune delle quali peraltro non più esistenti), riguardano il Veneto (Cesari & Orlandini, 1984), il Piemonte (Repetto, 1985)³, la Lombardia e l'Emilia-Romagna (Marenzi, 2014), mentre si hanno recenti ma generiche note di rinvenimento per la Campania (Bodon *et al.*, 2021).

Per l'Emilia-Romagna, le più attendibili segnalazioni editate si concentrano nelle province occidentali e riguardano in particolare il Parco regionale fluviale dello Stirone, in prossimità della località La Villa (PR/PC) (Malavasi & Tralongo, 2003) e il comune di Monticelli d'Ongina (PC) (Marenzi, 2014), mentre

¹ Le storiche segnalazioni di *Aplexa hypnorum* in America settentrionale riguardano in realtà specie differenti ricadenti sotto il genere *Sibirenauta* Starobogatov & Streletzkaia, 1967 (Taylor, 2003).

² Posizione sulla quale molti autori paiono esplicitamente (Vinarski *et al.*, 2016) o implicitamente (es. Glöer, 2019) allineati. Non ha invece goduto di altrettanto credito da parte degli studiosi l'opinione dello stesso Taylor (2003) secondo la quale *A. hypnorum* sarebbe presente solamente nelle regioni dell'Europa settentrionale e vicinata, più a sud, da una differente specie ricadente sotto il genere *Paraplexa* Starobogatov, 1989, tanto che tutte le più autorevoli e aggiornate *checklist* della fauna italiana (Bodon *et al.*, 2021) ed europea (Bank & Neubert, 2017) annoverano *A. hypnorum* come unico rappresentante della Sottofamiglia Aplexinae Starobogatov, 1967 in Europa. In attesa di ulteriori e maggiormente circostanziate prove riguardanti non solo l'effettiva distribuzione ma la stessa validità di nuove specie afferenti al genere *Paraplexa*, si ritiene in questa sede opportuno ricondurre le popolazioni italiane ad *A. hypnorum*.

³ Una più recente segnalazione per il Piemonte, relativa a una stazione sita nel territorio torinese ma non puntualmente indicata, è stata pubblicata sulla piattaforma INaturalist nell'aprile del 2024; <https://www.inaturalist.org/observations/205069705>.

la presenza nel Modenese non trova alcun riscontro al di fuori di un generico elenco di molluschi terrestri e dulcicoli del territorio edito da Palazzi (1983).

Pur essendo inserita nella categoria *Least Concern* (LC) della Lista Rossa Europea delle Specie Minacciate redatta dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura - IUCN (Cuttelod *et al.*, 2011) la specie presenta delle serie criticità dal punto di vista conservazionistico, legate alla compromissione degli habitat dulcicoli (spesso piccoli invasi caratterizzati da temporanei prosciugamenti) cui è legata. A fronte della rapida scomparsa di molte popolazioni, alcuni organi di controllo di diversi Paesi europei, adottando i criteri di classificazione dell'IUCN, hanno inserito *A. hypnorum* tra le specie vulnerabili (VU) o in pericolo (EN) (Welter-Schultes, 2012).

Sempre sulla base dei medesimi criteri, in Italia è stata inserita nella categoria "Dati Insufficienti" (DD), per quanto la scarsità dei rinvenimenti e la recente scomparsa di alcune delle poche popolazioni note debbano di per sé essere considerati segni di un preoccupante declino demografico (Manganelli *et al.*, 2000), cui è necessario rimediare da un lato con la raccolta di maggiori dati sulla distribuzione della specie, dall'altro con misure di protezione dei contesti di rinvenimento: si procede alla redazione di questo articolo con l'obiettivo di offrire un piccolo contributo in tal senso.

M.P.

2. Nuova stazione di *A. hypnorum*: Strada Mutta, Comune di Parma

Il ritrovamento di *A. hypnorum* nel comune di Parma è avvenuto nell'ambito di una campagna di rilievi condotta nel triennio 2023/2025, finalizzata alla raccolta di dati sulla biodiversità nell'area indicata dal Piano Strutturale Comunale (PSC) 2030 e dal Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) del Comune di Parma (2019, 2021) come idonea all'istituzione di un'Area di Riequilibrio Ecologico (ARE) ai sensi della L.R. 6/2005 (RUE: art. 6.1.8; PSC: art.5.11) e recepita come tale dal Piano Urbanistico Generale (PUG) 2050 in fase di approvazione (Comune di Parma, 2025a).

L'iniziativa, promossa dai co-autori Francesca Riolo e Michel Zanata, volontari dell'associazione "Parma Sostenibile" APS, è stata motivata dalla necessità di evidenziare il valore naturalistico ed ecologico dell'area, fino ad allora poco noto, in vista della minaccia derivante dalla possibile realizzazione dell'infrastruttura stradale "Via Emilia Bis" che, qualora attuata, comporterebbe impatti significativi sugli habitat e le specie vegetali e animali presenti.

2.1 Materiali e metodi

Il sito in questione è stato visitato quattro volte nelle seguenti date: 2 giugno 2023, 24 marzo 2024, 10 aprile 2025, 30 novembre 2025.

La raccolta dati è stata effettuata tramite ricerca visiva e riprese fotografiche (Fig. 1), senza ricorrere a strumenti o tecniche di campionamento invasivo⁴.



Fig. 1 – Esemplari di *Aplexa hypnorum* rinvenuti durante i sopralluoghi del 2 giugno 2023 (foto in alto) e del 24 marzo 2024 (foto in basso).

2.2 Cenni sul biotopo

La stazione di *A. hypnorum* si trova nel territorio comunale di Parma, in una zona agricola periurbana della bassa pianura parmense, al margine di un quartiere industriale - coordinate geografiche del sito di ritrovamento: lat. 44.806700 N, long. 10.364434 E⁵ (Fig. 2).

L'area si colloca nel bacino sedimentario padano, caratterizzato da sedimenti alluvionali olocenici, con condizioni favorevoli all'emergenza di acque di falda superficiale sotto forma di risorgive (UNIPR, 2025) e ricade nella fascia climatica "Cfa" secondo la classificazione di Köppen-Geiger, caratterizzata da estati calde e inverni freddi e piovosi, con precipitazioni annue medie comprese fra 650 e 800 mm (UNIPR, 2025).

⁴ Attualmente le riprese fotografiche sono liberamente consultabili sulla piattaforma digitale INaturalist - <https://www.inaturalist.org>.

⁵ Il sito ricade all'interno di un nodo della Rete Ecologica della pianura parmense (PTCP, Tavola C.5.B, Provincia di Parma, 2003). Nel raggio di 500 m sono presenti un filare storico interpodereale (RUE: art. 6.3.7 PSC: art. 5.38), il Canale Beneceto, corso d'acqua classificato come meritevole di tutela ambientale (RUE: art.6.1.4, PSC: art.5.10), e il Canale Naviglietta.



Fig. 2 – Immagine satellitare 3D (in alto) e 2D (in basso) dell'area in cui è inserito il sito di ritrovamento di *A. hypnorum* nel comune di Parma, indicato dalla circonferenza rossa (© Google Imagery).

Il biotopo (Fig. 3) è connotato dalla presenza di un invaso di forma ellittica/a goccia con asse minore di circa 25 m e asse maggiore di circa 50 m, esteso per una superficie di circa 1100 m².

Il corpo idrico, alimentato in modo permanente da acque di falda, risulta molto ombreggiato e ricco di materia organica per via della ricca flora spontanea che lo circonda, la cui componente principale è costituita da pioppi di grandi dimensioni e da altre essenze arboree (olmi, frassini) e arbustive (biancospino, alloro, sanguinello).

Modesta è invece la vegetazione riparia (cannuccia di palude), così come quella prettamente acquatica (lenticchia d'acqua).

La fauna annovera molti invertebrati legati ai contesti dulcicoli. Tra gli artropodi si segnalano diverse specie di odonati e di crostacei, mentre tra i molluschi, oltre ad *A. hypnorum*, è stata documentata una ricca popolazione di *Gyraulus albus* (O.F. Müller, 1774).

Tra i vertebrati, la presenza di maggiore interesse è rappresentata dal tritone punteggiato, *Lissotriton vulgaris* (L., 1758), anfibio classificato come “Prossimo alla minaccia” (NT) secondo la Lista Rossa IUCN.

2.3 Minacce per la popolazione di *A. hypnorum* e iniziative di tutela

La principale minaccia per la sopravvivenza della popolazione di *A. hypnorum* è attualmente rappresentata dalla possibile compromissione del biotopo determinata dalle adiacenti attività agricole o dallo sviluppo di infrastrutture viarie o comparti urbanistici.

Il rilevante valore ecologico e ambientale del contesto in esame sembra essere rimasto inosservato nella pianificazione territoriale del Comune di Parma fino a tempi recenti, probabilmente a causa di un'incompleta mappatura dei fontanili presenti nell'area. In particolare, il fontanile non risulta indicato come tale né nella cartografia regionale né all'interno del PSC del Comune di Parma, nel quale risultano pertanto assenti le relative zone di tutela assoluta e di tutela allargata (RUE: art. 6.1.11; PSC: art. 5.15) previste per emergenze ambientali analoghe in aree limitrofe. Di conseguenza, il sito non era stato incluso nell'ampia area che il PSC individua come potenzialmente destinabile all'istituzione di Aree di Riequilibrio Ecologico (RUE: art. 6.1.8; PSC: art. 5.11).

Tuttavia, a seguito delle segnalazioni relative all'esistenza del fontanile da parte degli Autori del presente lavoro e dei risultati dello studio commissionato nel 2024 dal Comune di Parma all'Università di Parma (UNIPR, 2025), la zona umida è stata inclusa nella perimetrazione della recente proposta di istituzione dell'Area di Riequilibrio Ecologico dei Fontanili di Beneceto e San Donato, attualmente in fase di consultazione pubblica con la denominazione di “Fontanile di Villa Ricci” (Comune di Parma, 2025b e UNIPR, 2025).

F.R., M.Z.



Fig. 3 – A sinistra: vista del fontanile di Strada Mutta (PR) da ovest (24 marzo 2024); a destra: vista del fontanile da est (30 novembre 2025).

3. Conferma della presenza di *A. hypnorum* nella Pineta di San Vitale (RA)

I primi rinvenimenti di *A. hypnorum* nelle aree naturali del comune di Ravenna risalgono agli anni '90 del secolo scorso (G. Lazzari & D. Camprini, *com. pers.*) e trovano concreta testimonianza nei reperti conchigliari della Collezione Lazzari custoditi al Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara.

Recenti sopralluoghi hanno permesso di confermare la presenza della specie, nonostante le minacce derivanti dagli effetti estremizzanti sugli habitat del riscaldamento globale e dalla sempre più pervasiva presenza della specie alloctona *Procambarus clarkii* Girard, 1852.

3.1 Materiali e metodi

Il sito cui si riferiscono i primi rinvenimenti della specie risulta difficilmente raggiungibile. Si è scelto dunque di effettuare le ricerche in aree limitrofe (entro i 2 km di distanza massima) e dalle simili caratteristiche ecologiche.

I sopralluoghi che hanno dato esito positivo nella ricerca del mollusco si sono svolti nelle seguenti date: 3 settembre 2023, 15 marzo 2024, 13 giugno 2024.



Fig. 4 – Esemplari viventi di *A. hypnorum* osservati il 15 marzo 2024 nella Pineta di San Vitale (RA).

La raccolta dati è stata effettuata tramite ricerca visiva e documentazione fotografica di nicchi ed esemplari viventi (Fig. 4). Considerate le condizioni di scarsa luminosità e il substrato fortemente organico, la maggior parte degli esemplari viventi è stata individuata ispezionando i rami secchi immersi nell'acqua.

3.2 Cenni sul biotopo

L'area interessata dalle ricerche ricade all'interno della stazione Pineta di San Vitale, nel Parco del Delta del Po Emilia-Romagna (IT4070003 - SIC-ZPS - Pineta di San Vitale, Bassa del Pirottolo) - coordinate geografiche del sito: lat. 44.505485 N, long. 12.229401 E; lat. 44.484362 N, long. 12.231478 E (Fig. 5).

Dal punto di vista climatico la zona, caratterizzata da estati calde, inverni freddi e piovosi e precipitazioni annue medie attestate sui 584 mm, ricade nella fascia "Cfa" secondo la classificazione di Köppen-Geiger, con un influsso mitigante derivato dalla posizione prossima alla linea di costa quasi trascurabile.

Il sito comprende il residuo più settentrionale dell'antica pineta di Ravenna, laddove si sviluppa, su una superficie ricca di bassure e "staggi" derivati dagli antichi cordoni dunosi, un esteso bosco planiziale igrofilo dominato da pioppo bianco (*Populus alba*), frassino ossifillo (*Fraxinus angustifolia*) e farnia (*Quercus robur*), inserito in un più ampio contesto nel quale il pino domestico (*Pinus pinea*) è l'elemento maggiormente caratterizzante la copertura arborea.

La vegetazione del sottobosco, tipica delle foreste di *Quercus*, vede la presenza di pungitopo, rovi ed edera, mentre la vegetazione acquatica, molto scarsa, è costituita da *Juncus effusus* nelle zone umide con minore copertura arborea.



Fig. 5 – Immagine satellitare delle aree in cui è nota *A. hypnorum* nel comune di Ravenna, indicate dalla circonferenza rossa (© Google Imagery).



Fig. 6 – Siti di ritrovamento di *A. hypnorum* nella Pineta di San Vitale, marzo 2024.

In almeno due aree sono state rilevate, nel sottobosco, pozze temporanee alimentate dall'acqua di falda (Fig. 6). Nella prima di queste si incontrano raccolte idriche di modesta entità all'interno di più bacini di ridotta estensione (con asse maggiore in media non superiore ai 6 m) adiacenti o prossimi l'uno all'altro, mentre nella seconda si hanno bassure allagate di dimensioni ben più rilevanti, con sviluppo principale di oltre 500 m. In entrambi i casi gli invasi

risultano molto ombreggiati e ricchi di materia organica (foglie e detriti vegetali derivanti dalla vegetazione circostante) e caratterizzati da sedimenti fini sul fondo.

L'erpetofauna legata a questi ambienti dulcicoli, molto ricca fino a tempi recenti, pare ora in forte regressione e limitata a pochi esemplari di rana verde (*Pelophylax* sp.).

Quanto agli artropodi, si segnala il rinvenimento di resti di esoscheletro di *P. clarckii*, mentre le malacofaune dulcicole o igrofile sono rappresentate, oltre che da *A. hypnorum*, da *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) e *Succinella oblonga* (Draparnaud, 1801).

3.3 Minacce per la popolazione di *A. hypnorum* e iniziative di tutela

La metapopolazione documentata, pur non abbondante, risulta abbastanza diffusa, ed è situata in un'area già sottoposta a tutela, in quanto collocata entro il territorio del Parco Regionale del Delta del Po Emilia-Romagna. Sussiste tuttavia la minaccia di una progressiva erosione della popolazione dovuta alla diffusione di *P. clarkii* e al degrado degli habitat umidi, derivante da siccità estive prolungate e ingressione del cuneo salino.

D.M., M.P.

4. Conclusioni

A. hypnorum è in Italia una specie rara e con popolamento molto frammentato. Il monitoraggio delle aree in cui essa sopravvive è essenziale per poter intraprendere le opportune indagini conservazionistiche ed ecologiche.

Con la nuova segnalazione di Parma salgono a quattro le stazioni di questo gasteropode in Emilia-Romagna:

- Parco regionale fluviale dello Stirone, in prossimità della località La Villa (PR/PC);
- Monticelli d'Ongina (PC);
- Strada Mutta, Parma (PR);
- Pineta di San Vitale (RA).

Dallo stato delle nostre conoscenze emerge un quadro distributivo fortemente polarizzato in Emilia-Romagna. *A. hypnorum* risulta infatti presente all'estremità orientale della regione (stazioni del Ravennate) e nelle province occidentali, dove si concentrano le principali segnalazioni storiche e recenti in ambito nazionale. Al medesimo *hotspot* della specie, peraltro, possiamo riferire un'ulteriore attuale stazione, sita a breve distanza dal territorio esaminato, nel comune di San Daniele Po, in provincia di Cremona (Marenzi, 2014).

M.P.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione Daniele Camprini, Carlo Nardi e Maria Teresa Tartaglia.

Bibliografia

- BANK R.A., NEUBERT E., 2017 – *Checklist of the land and freshwater Gastropoda of Europe*. Disponibile online: <https://www.molluscabase.org/aphia.php?p=sourcedetails&id=279050> (ultimo accesso: 7 maggio 2026).
- BODON M., CIANFANELLI S., NARDI G., 2021 – *Mollusca (terrestrial and inland water species)*. In: M.A. Bologna, M. Zapparoli, M. Oliverio, A. Minelli, L. Bonato, F. Cianferoni & F. Stoch (eds.) “Checklist of the Italian Fauna”. Version 1.0. Last update: 2021-05-31. Disponibile online: <https://www.lifewatchitaly.eu/en/initiatives/checklist-fauna-italia-en/checklist/> (ultimo accesso: 15 aprile 2026).
- CESARI P., ORLANDINI M., 1984 – *Il bosco di Carpenedo (Venezia). 2° Notule corologiche e sistematiche sulla malacofauna di un ambiente relitto dell'entroterra veneziano*. Lavori della Società Veneziana di Scienze Naturali, **9**(2), pp. 131-176. Disponibile online: https://www.istitutoveneto.org/venezia/documenti/articoli/lavori_svsn/pdf_svsn/volume_9_2/cesari_orlandini.pdf (ultimo accesso: 15 aprile 2026).
- COMUNE DI PARMA, 2019 – *Piano Strutturale Comunale 2030*. Disponibile online: <https://pianificazione territoriale.comune.parma.it/PSC---Piano-Strutturale-Comunale.aspx> (ultimo accesso: 31 dicembre 2025).
- COMUNE DI PARMA, 2021 – *Regolamento Urbanistico ed Edilizio, variante di adeguamento al PSC 2030*. Disponibile online: <https://pianificazione territoriale.comune.parma.it/RUE-VIGENTE-2021.aspx> (ultimo accesso: 31 dicembre 2025).
- COMUNE DI PARMA, 2025a – *Piano Urbanistico Generale 2050*. Disponibile online: <https://pianificazione territoriale.comune.parma.it/ADOZIONE-PUG-PR050.aspx> (ultimo accesso: 31 dicembre 2025).
- COMUNE DI PARMA, 2025b – *Avviso pubblico di consultazione: Area di riequilibrio ecologico “Fontanili di Beneceto e San Donato”*. Disponibile online: <https://www.comune.parma.it/it/amministrazione/documenti-e-dati/bandi-e-avvisi/avvisi-pubblici/area-di-riequilibrio-ecologico-fontanili-di-beneceto-e-san-donato> (ultimo accesso: 31 dicembre 2025).
- COSSIGNANI T., COSSIGNANI V., 1995 – *Atlante delle conchiglie terrestri e dulciacquicole italiane*. L'Informatore Piceno, Ancona, 208 pp.
- CUTTELOD A., SEDDON M., NEUBERT E., 2011 – *European Red List of Non-marine Molluscs*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 110 pp. Disponibile online: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/rl-4-014.pdf> (ultimo accesso: 15 aprile 2026).
- GIROD A., BIANCHI I., MARIANI M., 1980 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane (7). Gasteropodi, 1*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Verona, 88 pp.
- GLÖER P., 2019 – *The freshwater gastropods of the West-Palaearctic. Vol. I. Fresh- and brackish waters except spring and subterranean snails. Identification key, anatomy, ecology, distribution*. ConchBooks, Harxheim, 399 pp.
- MALAVASI D., TRALONGO S., 2003 – *I molluschi del Parco regionale fluviale dello Stirone*. Pianura, **17**, pp. 131-134.
- MANGANELLI G., BODON M., CIANFANELLI S., FAVILLI L., GIUSTI F., 2000 – *Conoscenza e conservazione dei molluschi non marini italiani: lo stato delle ricerche*. Bollettino Malacologico, **36**(1-4), pp. 5-42.
- MARENZI P., 2014 – *Recenti osservazioni di Aplexa hypnorum (Linnaeus, 1758) (Mollusca, Gastropoda, Physidae) nella pianura padana centrale*. Pianura, **32**, pp. 105-108.
- NILSSON C., ERICSSON U., MEDIN M., SUNDBERG I., 1998 – *Sötvattenssnäckor i södra Sverige - en jämförelse med 1940-talet*. Naturvårdsverket, Rapport 4903.
- PALAZZI S., 1983 – *Repertorio aggiornato e bibliografia dei molluschi viventi nella provincia di Modena*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **114**, pp. 19-30.
- PROVINCIA DI PARMA, 2003 – *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*. Disponibile online: <https://www.provincia.parma.it/informazioni/il-ptcp-vigente> (ultimo accesso: 31 dicembre 2025).
- REPETTO G., 1985 – *Malacofauna dulcicola albese. 2 – Le sorgenti del Belbo*. Alba Pompeia N.S., **6**, pp. 15-22.

- TAYLOR D.W., 2003 – *Introduction to Physidae (Gastropoda: Hygrophila); biogeography, classification, morphology*. Revista de Biología Tropical, **51** (Suppl. 1), pp. 1-263.
- UNIPR, 2025 – *Quadro conoscitivo e valore conservazionistico dell'area dei fontanili di Beneceto e San Donato (Parma)*. Disponibile online: <https://www.comune.parma.it/it/amministrazione/documenti-e-dati/bandi-e-avvisi/avvisi-pubblici/area-di-riequilibrio-ecologico-fontanili-di-beneceto-e-san-donato/documenti/allegato-3-quadro-conoscitivo.pdf/@@download/file/ALLEGATO%203%20-%20QUADRO%20CONOSCITIVO.pdf> (ultimo accesso: 31 dicembre 2025).
- VINARSKI M.V., KANTOR Y.I., 2016 – *Analytical catalogue of fresh and brackish water molluscs of Russia and adjacent countries*. A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Science, Moscow, 544 pp.
- WELTER-SCHULTES F., 2012 – *European non-marine molluscs, a guide for species identification*. Planet Poster Editions, Göttingen, 674 pp.

Riccardo Ianniciello*

Sulla variabilità di *Nemoria arizonaria* (Lepidoptera: Geometridae)

Riassunto

*Si ritiene comunemente che le differenze nell'aspetto dei bruchi del lepidottero *Nemoria arizonaria*, diffuso in Nord America, non dipendano dal loro genotipo, ma dalle diverse sostanze chimiche presenti nella dieta. I bruchi che si nutrono di fiori di quercia assomigliano ai fiori stessi, mentre i loro fratelli cresciuti con una dieta di foglie di quercia sembrano dei ramoscelli (Campbell, 2021). E questa variabilità si ritiene non sia ereditabile. Ma è corretto parlare di variabilità non ereditabile? È corretto dire che le differenze tra i bruchi non dipendono dal loro genotipo? Se ci riferiamo alla norma di reazione, vale a dire alla capacità del genotipo di produrre fenotipi alternativi in risposta alla dieta, parliamo di una caratteristica geneticamente determinata e dunque ereditabile, mentre la variabilità fenotipica indotta dalla norma di reazione non è ereditabile. Se poi consideriamo il subentrare di una mutazione genetica che produce variabilità, questa a sua volta diventa ereditaria ed è soggetta alla selezione naturale che può mantenerla se evolutivamente vantaggiosa.*

Abstract

On the variability of *Nemoria arizonaria* (Lepidoptera: Geometridae). *It is commonly believed that the morphological differences of lepidopteron *Nemoria arizonaria* caterpillars – a species widespread in Arizona, New Mexico and the Davis Mts. in Texas – do not depend on their genotype, but on the various chemical substances in their diet. The caterpillars eating oak catkins resemble oak blossoms, whereas those feeding on oak leaves look like oak twigs (Campbell, 2021). This variability is generally considered not to be heritable. However, is it correct to state that the morphological differences shown by *N. arizonaria* specimens do not depend on their genotype? Is it correct to talk about non-heritable variation? Since eating oak catkins (staminate flowers) or oak leaves means absorbing the chemical substances therein contained and activating different genetic responses, according to the reaction norm, as a consequence, the caterpillars assume the appearance of either*

* Naturalista, Piazza Prada 15, 38057 PERGINE (TN); e-mail: riccardo.ianniciello@yahoo.it.

an inflorescence or a twig in order to blend in with the surrounding environment. Therefore, in this case a phenotypic expression is present, which is determined by the heritable genetic background of N. arizonaria caterpillars.

Parole chiave: *Nemoria arizonaria, Ereditabilità, Norma di reazione, Genotipo, Fenotipo, Variabilità latente, Polifenismo*

Keywords: *Nemoria arizonaria, Heritability, Reaction norm, Genotype, Phenotype, Dormant Variability, Polyphenism*

1. Introduzione

Gli adattamenti evolutivi negli animali sono le trasformazioni morfologiche, fisiologiche e comportamentali ereditate dalle specie nel corso del tempo per sopravvivere nel loro ambiente. Questi adattamenti, selezionati naturalmente, includono cambiamenti come il mimetismo, la migrazione, il letargo, lo sviluppo di pelliccia o scaglie o variazioni nel comportamento alimentare o riproduttivo. L'adattamento può riguardare qualsiasi carattere: una caratteristica morfologica relativa all'aspetto di un organismo, oppure un particolare processo fisiologico, cioè una funzione svolta dall'organismo o ancora un aspetto etologico, cioè relativo al suo comportamento. Gli adattamenti sono il risultato dell'evoluzione e della selezione naturale dove gli individui con tratti più vantaggiosi per la sopravvivenza e la riproduzione in un dato ambiente hanno maggiori probabilità di trasmettere i propri geni alle generazioni successive. Questo processo permette alle specie di modificarsi e persistere di fronte ai cambiamenti ambientali. La ricombinazione genetica produce variazioni ereditabili attraverso il *crossing-over* creando nuove combinazioni di alleli sui cromosomi. La variabilità genetica generata dalla ricombinazione e dalle mutazioni è fondamentale perché fornisce il materiale grezzo su cui la selezione naturale può agire, permettendo alle specie di adattarsi all'ambiente e di evolversi gradualmente. Occorre precisare che quando si parla di ricombinazione genetica si parla di varianti non di mutazioni. La ricombinazione non crea nuovi alleli, ma mescola quelli già esistenti durante la riproduzione sessuata, creando nuove combinazioni. Le mutazioni sono invece alterazioni del DNA che generano nuovi alleli e quindi nuove variazioni genetiche. La ricombinazione, assieme alle mutazioni genetiche, è alla base della variabilità genetica degli organismi.

2. Il polifenismo di *Nemoria arizonaria*

Nemoria arizonaria (Grote, 1883) è una falena appartenente alla famiglia Geometridae ed è originaria dell'Arizona, del New Mexico e dei Monti Davis

in Texas. La specie presenta due forme stagionali, una estiva e una invernale/primaverile; un dimorfismo stagionale che si presenta anche allo stadio larvale (come in *Araschnia levana* dove si riscontra un dimorfismo stagionale con colorazioni diverse delle ali). Le larve si nutrono di amenti o ramoscelli di quercia a seconda delle stagioni. Il momento della nascita influenza il fenotipo di questi bruchi: *N. arizonaria* nata in primavera si nutre di amenti di quercia e quindi sviluppa una cuticola che assomiglia al fiore dell'amento. Quelle che nascono in estate prediligono mangiare foglie di quercia poiché gli amenti sono scarsi in questo periodo dell'anno e si sviluppano imitando i ramoscelli di quercia e acquisendo un aspetto grigio-verde liscio (Greene, 1989).

La somiglianza di bruchi del lepidottero *N. arizonaria* al fiore di una quercia o a dei ramoscelli (Fig. 1) non è dovuta naturalmente al fatto che questi si nutrono di fiori o di foglie di quercia, piuttosto va ricercata nei programmi di sviluppo o risposte di espressione genica attivati da segnali chimici (tannini) presenti nella dieta.

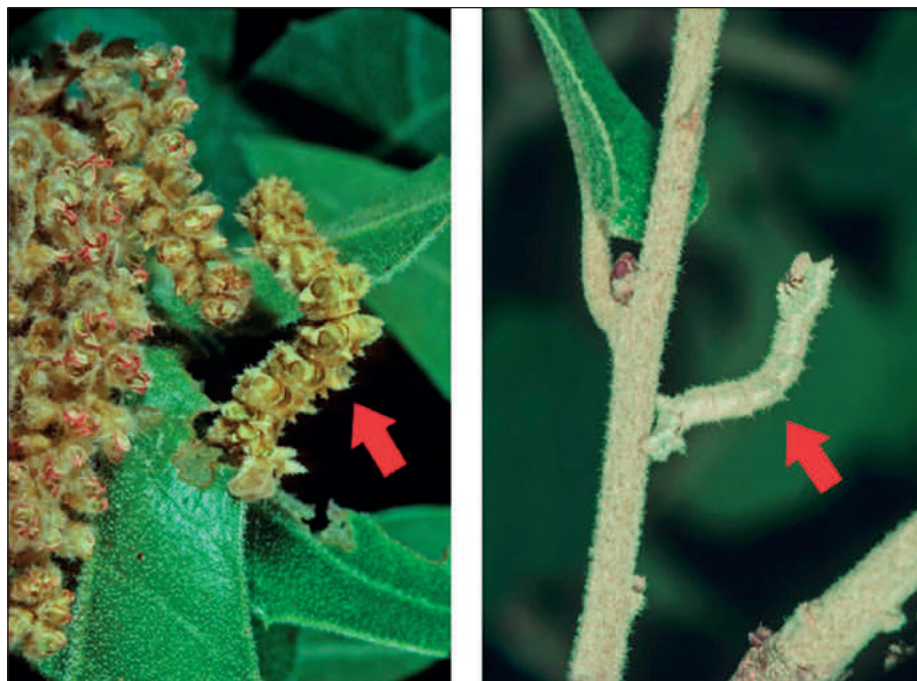


Fig. 1 – Polifenismo larvale in *Nemoria arizonaria*: a sx bruco somigliante a infiorescenza, a dx a ramoscello (da Alchetron, the free social encyclopedia).

Dunque le differenze di aspetto (polimorfismo) nelle larve di questi lepidotteri viventi in ambienti diversi, non possono essere spiegate soltanto dalla dieta, nel senso che la dieta costituisce solo il segnale ambientale prossimo che induce la forma larvale: un segnale che agisce necessariamente attraverso l'apparato fisiologico e lo sviluppo dell'organismo, la cui capacità di risposta ha una base biologica e genetica.

Sebbene le sostanze chimiche possano influenzare i pigmenti e fattori ambientali come temperatura, durata del giorno e umidità giochino un ruolo fondamentale nel determinare la colorazione e la forma, concorrono altri fattori nel produrre variabilità: l'aspetto che assumono le larve di *N. arizonaria* è infatti il risultato di un'interazione complessa tra genetica ed ecologia. Le differenze dipendono dalla ricombinazione genetica (che durante la riproduzione sessuale rimescola continuamente i geni) e dalle mutazioni che creano una base di diversità su cui opera la selezione naturale, favorendo le caratteristiche vantaggiose. Nel caso del lepidottero *N. arizonaria* ci troviamo di fronte a un esempio di mimetismo che è un processo ereditario frutto dell'evoluzione e della selezione naturale. Le caratteristiche mimetiche (colore, disegno, forma) sono state determinate geneticamente nel corso della sua evoluzione e trasmesse alla progenie, solo che in *N. arizonaria* si trovano allo "stato latente" e sono attivate da specifiche sostanze chimiche contenute negli amenti e nelle foglie di quercia ogniqualvolta vengono assunte. Si tratta di polifenismo, in cui due individui con lo stesso genotipo sviluppano fenotipi diversi in risposta a variazioni ambientali. È una forma estrema di plasticità fenotipica, dove l'ambiente, nel caso di *N. arizonaria* le sostanze chimiche contenute negli amenti e nelle foglie di quercia, determina quale forma sviluppare tra opzioni predefinite geneticamente.

La dimostrazione che l'espressione fenotipica di *N. arizonaria* sia determinata da fattori ambientali è comprovata da un esperimento condotto da Erick Greene della Princeton University (USA), il quale ha somministrato a larve di *N. arizonaria* diete artificiali a base di tannino scoprendo che questa classe di composti, presente nelle foglie di quercia, innescava il cambiamento (cfr. Greene, 1996; Greene *et al.*, 2009).

Le sostanze chimiche della dieta agiscono come un interruttore molecolare che seleziona quale programma di sviluppo genetico attivare. Tutti i bruchi di *N. arizonaria* posseggono nel proprio DNA le informazioni per svilupparsi sia in forma di un fiore, sia in forma di un ramoscello. L'assunzione di specifiche sostanze chimiche vegetali stimola vie di regolazione genica ed endocrina già presenti allo stato potenziale.

Per ritornare ai quesiti posti inizialmente, sarà ora esaminata più dettagliatamente la variabilità rispetto al polifenismo nei lepidotteri (in particolare in *N. arizonaria*) e agli aspetti legati alla loro ereditarietà.

3. Studi che comprovano l'origine genetica della variabilità fenotipica nei lepidotteri

Il polifenismo nei lepidotteri è l'espressione estrema e discontinua di una norma di reazione genetica. Questo significa che un singolo genotipo produce due o più forme diverse in risposta a segnali ambientali (come nel caso dei segnali chimici per *N. arizonaria*), e la variabilità nella pendenza o nei valori soglia di questa norma è ampiamente dimostrato. La variabilità del polifenismo dei lepidotteri è determinata dalla plasticità fenotipica e guidata da norme di reazione geneticamente regolate. La norma di reazione è ereditabile poiché ha una base genetica. Non si eredita il singolo fenotipo ma il programma con cui il genotipo risponde ai cambiamenti ambientali (temperatura, fotoperiodo, sostanze chimiche vegetali ecc.), il quale possiede una propria varianza genetica e può evolvere tramite selezione naturale. Gli studi di genetica di popolazione dimostrano che la pendenza e la forma della norma di reazione mostrano valori di ereditabilità misurabili. Un identico genotipo produce forme diverse a seconda dell'ambiente. La variabilità fenotipica indotta dalla norma di reazione nei lepidotteri non è ereditabile perché non altera la sequenza del DNA, ma se alla base c'è una mutazione genetica, questa diventa ereditaria e può essere guidata dalla selezione naturale. Il tratto mutato si trasmette alle future generazioni e la selezione naturale sceglie se mantenerlo. La selezione naturale agisce sulla risposta. La selezione non premia solo il fenotipo più forte ma premia il genotipo che sa adattarsi meglio alle fluttuazioni ambientali. Se un ambiente diventa instabile la selezione naturale favorirà i programmi genetici con una maggiore tolleranza e flessibilità.

Un'equipe di ricercatori diretta da Paul Brakefield dell'Università di Leida ha condotto uno studio per comprendere i meccanismi alla base della colorazione delle ali delle farfalle. La gamma dei disegni colorati che ornano le ali delle farfalle è molto estesa, con motivi e disegni estremamente diversi a seconda delle specie. Alcune farfalle sono in grado di sviluppare colorazioni diverse a seconda della stagione. Sono esempi di plasticità fenotipica che consente ad animali e piante di cambiare il proprio aspetto a seconda dell'ambiente esterno, come per *N. arizonaria*. Alcune specie di farfalle mostrano degli ocelli con una colorazione luminosa che ricordano l'occhio di un grosso animale per spaventare i predatori. Ma in che modo le farfalle sviluppano tali ocelli colorati sulle ali? È uno dei quesiti a cui i ricercatori hanno cercato di dare una risposta. Ebbene questi hanno scoperto che alla base della variabilità fenotipica dei lepidotteri vi sono diverse mutazioni genetiche dalle quali originano le macchie a forma di occhio: un'azione sequenziale combinata in cui ogni singolo gene ha un ruolo specifico. Un ulteriore studio che conferma l'origine genetica della variabilità dei lepidotteri (Brakefield *et al.*, 1996).

Recenti studi, inclusi quelli basati sull'*editing* genico CRISPR, confermano che i colori e le forme delle ali dei lepidotteri sono determinati geneticamente

da specifiche molecole di RNA non codificante e geni “pittori” come *Optix*. Queste scoperte dimostrano il controllo genetico diretto sullo sviluppo dei *pattern* alari, con molecole come il miR-193, che regolano i pigmenti neri e confermano che le variazioni morfologiche e cromatiche non sono casuali, ma guidate da precisi meccanismi genetici (come anche nel caso di *N. arizonaria*). La variazione evolutiva nella pigmentazione delle ali di farfalla e falena offre esempi sorprendenti di adattamento tramite mimetismo. I risultati della ricerca mostrano come un gene lncRNA agisca come un interruttore nella selezione di *pattern* di colore e che svolga un ruolo chiave nella diversificazione adattiva di *pattern* alari nelle farfalle. Dunque gli lncRNA non solo sono importanti regolatori dello sviluppo, ma anche fattori determinanti del cambiamento evolutivo a livello genetico (Livraghi *et al.*, 2024).

Un altro importante studio di Livraghi e del suo gruppo di ricercatori ha gettato luce su come cambiamenti genetici apparentemente semplici possono orchestrare tratti fenotipici complessi e adattivi come l’iridescenza argentata nelle farfalle del genere *Heliconius* e *Speyeria*. Identificare i geni e le mutazioni che guidano la variazione fenotipica e che sono soggetti a selezione è fondamentale per comprendere i processi evolutivi. La scoperta riguarda il gene *Optix*, già noto per controllare i *pattern* di colore rosso nelle ali delle farfalle, ma le ricerche di Livraghi hanno dimostrato che esso funge da vero e proprio interruttore *master* per la riflessione strutturale (iridescenza argentata). La base genetica dell’adattamento è prevedibile: lo confermano studi empirici sulla convergenza fenotipica poiché si riscontra spesso che gli stessi geni guidano l’evoluzione ripetuta di tratti con architettura genetica semplice o mostrano firme parallele di differenziazione tra popolazioni che si sono adattate a sfide ecologiche simili (Livraghi *et al.*, 2025).

Altro studio – inteso come esempio comparativo – è sull’origine genetica degli occhi dipinti sulle ali delle farfalle: condotto da un *team* di scienziati guidato dalla Prof.ssa Antónia Monteiro dell’Università di Singapore (NUS), pubblicato sulla rivista “Proceedings of the National Academy of Sciences of USA”. La ricerca ha evidenziato che l’evoluzione di nuovi tratti complessi, come le macchie oculari delle farfalle, procede attraverso mutazioni nel codice genetico che richiamano una *subroutine* preesistente nel genoma che era già utilizzata per altri tratti complessi come antenne e arti. Si tratta di mutazioni ordinarie che portano al richiamo di grandi *subroutine* genomiche preesistenti che coinvolgono centinaia di geni (Rivera-Colón *et al.*, 2019).

Anche piccole variazioni genetiche possono portare a differenze significative nella forma e nelle funzioni degli organismi. Queste mutazioni possono conferire vantaggi o svantaggi selettivi agli organismi, influenzando la loro capacità di sopravvivenza e riproduzione. Un esempio classico è il melanismo industriale: la forma scura della falena delle betulle, *Biston betularia*, si deve

a una mutazione genetica (un singolo gene dominante) che le ha permesso di sopravvivere durante la rivoluzione industriale, mimetizzandosi sui tronchi coperti di fuliggine (Curtis, 2017). Con l'aumentare delle industrie nel nord-est dell'Inghilterra nella seconda metà dell'Ottocento e del conseguente inquinamento da carbone, i licheni ben presto scomparvero e i tronchi annerirono: le falene chiare divennero sempre più rare sostituite da falene più scure. Il colore più scuro delle falene subentrato è dovuto a una mutazione favorevole: quando i tronchi delle betulle annerirono per effetto dell'inquinamento, le falene chiare venivano facilmente predate dagli uccelli insettivori, mentre quelle più scure sfuggivano ai predatori perché meglio si mimetizzavano e dunque hanno potuto trasmettere alla progenie quei caratteri vantaggiosi.

Una ricerca coordinata da R.E. Naisbit dell'Università di Zurigo si è concentrata sul ruolo fondamentale del mimetismo e dei geni dello sviluppo nella speciazione di farfalle. Queste ricerche dimostrano che il mimetismo non è solo adattamento difensivo, ma un motore diretto dell'isolamento riproduttivo portando alla formazione di nuove specie. Le farfalle *Heliconius* mostrano che un cambiamento nel mimetismo del colore agisce come meccanismo di isolamento pre-accoppiamento e post-accoppiamento. I geni che controllano questi *pattern* di colore sono geni dello sviluppo o regolatori: essi controllano la posizione e il tipo di pigmento durante lo sviluppo dell'ala, influenzando drasticamente la morfologia. Pochi geni dello sviluppo, agendo su *pattern* di colore adattivi, possono causare una rapida speciazione attraverso l'isolamento riproduttivo basato sul mimetismo (Naisbit *et al.*, 2003).

Il *genetic buffering*, vale a dire la capacità dei lepidotteri di adattare lo sviluppo (es. colorazioni delle ali o tempi di muta) in risposta a segnali ambientali, sembra spiegare la complessità tra espressione genomica e fenotipica in *N. arizonaria*: le variazioni genetiche vengono nascoste rispetto al fenotipo osservato e la risposta a stimoli ambientali (es. chimici) consente l'attivazione di una miriade di fenotipi per un singolo genotipo (Rutherford, 2000). Applicando la teoria di Rutherford a *N. arizonaria*, il *genetic buffering* spiega come un singolo genotipo possa racchiudere la sintonizzazione fine di più fenotipi complessi alternativi. Il sistema di sviluppo del lepidottero mantiene stabili i due canali morfologici (fiore e rametto) senza produrre forme intermedie svantaggiose, integrando perfettamente i segnali ambientali (i tannini) come interruttori evolutivi per attraversare le soglie di espressione genica.

4. Conclusioni

La plasticità fenotipica consente una variazione fenotipica tra le popolazioni di *Nemoria arizonaria* dipendente da fattori ambientali. I fattori scatenanti coinvolti nell'espressione fenotipica di *N. arizonaria*, come si è visto, sono risultati

essere la dieta che attiva risposte genetiche. Tali risposte si esprimono in una variabilità fenotipica che aiuta i bruchi a nascondersi meglio dai predatori. I bruchi che nascono in primavera mangiando gli amenti si trasformano in un abito verde brillante che ricorda un fiore, mentre i bruchi che nascono in autunno si nutrono delle foglie assumendo il tenue aspetto di un semplice ramoscello (Campbell, 2021). La strategia di sopravvivenza si è sviluppata come un modo per i bruchi di difendersi dagli uccelli insettivori. Sia i bruchi autunnali sia quelli primaverili hanno lo stesso materiale genetico. I segnali alimentari attivano o disattivano il giusto insieme di geni in modo che assumano una specifica forma in primavera o in autunno (Greene, 1996). La dieta fornisce i mattoni chimici, la genetica stabilisce il progetto base e la ricombinazione genetica e le mutazioni determinano quale versione del progetto verrà effettivamente realizzata.

Il fenotipo specifico non è ereditabile, un bruco che assomiglia a un amento di quercia non trasmetterà direttamente quell'aspetto ai suoi figli. Se i figli mangeranno foglie di quercia svilupperanno l'aspetto "a ramoscello". La norma di reazione è ereditabile: la capacità di variare tra morfologie distinte allo stimolo chimico (i tannini della dieta) è scritta nel DNA della specie. Questa plasticità fenotipica viene trasmessa di generazione in generazione. Il genotipo del bruco non determina quale delle due specie apparirà, ma determina il programma genetico che permette ad entrambe le forme di esistere. I geni codificano i recettori e le vie chimiche che leggono la presenza di tannini. È la reattività di questo sistema a essere geneticamente determinata e dunque ereditabile.

Nonostante la diversità fenotipica (aspetto fisico differente a seconda delle condizioni ambientali, stagione, temperatura, alimentazione, densità di popolazione) nei casi di polifenismo, il genoma rimane identico tra le diverse forme e, cosa cruciale, l'informazione genetica è ereditabile. Gli *offspring* (discendenza) riceveranno il solito DNA e svilupperanno a loro volta il fenotipo adatto all'ambiente in cui cresceranno. In sintesi il polifenismo dimostra grande flessibilità dello sviluppo biologico, consentendo a un solo "progetto genetico" (genoma) di generare molteplici prodotti finali (fenotipi) a seconda delle necessità, degli stimoli ambientali.

In *N. arizonaria* si ha una plasticità fenotipica indotta dalla dieta (polifenismo), ma la capacità di rispondere a quel segnale dietetico (la cosiddetta norma di reazione dal genotipo al fenotipo) è parte del programma di sviluppo e quindi ha una base genetica e risultare selezionabile/ereditabile come proprietà della popolazione. Inoltre se alla base c'è una mutazione genetica, questa diventa ereditaria e può essere guidata dalla selezione naturale.

In conclusione, la definizione scientificamente corretta quando definiamo la variabilità di *Nemoria arizonaria* dovrebbe essere: "Variabilità fenotipica non ereditabile guidata da una norma di reazione geneticamente determinata, quindi ereditabile".

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Prof. Luca Livraghi della George Washington University (Washington, D.C.) per il prezioso feedback sui temi trattati nell'articolo e il Prof. Giovanni Tosatti per la revisione dell'articolo e la traduzione dell'Abstract.

Bibliografia

- BRAKEFIELD P., GATES J.L., KEYS D., KESBEKE F., WIJNGAARDEN P.J., MONTEIRO A., FRENCH V., CARROLL S.B., 1996 – *Development, plasticity and evolution of butterfly eyespot patterns*. *Nature*, **384**, pp. 236-242.
- CAMPBELL N.A., 2021 – *Meccanismi dell'evoluzione e origini della diversità*. Pearson Scienze (12^a edizione), 384 pp.
- CURTIS H., 2017 – *L'inquinamento industriale ha selezionato il colore della falena Biston betularia*. Zanichelli, Bologna.
- GREENE E., 1989 – *A Diet-Induced Developmental Polymorphism in a Caterpillar*. *Science*, vol. **243**, issue 4891.
- GREENE E., 1996 – *Effect of light quality and larval diet on morph induction in the polymorphic caterpillar Nemoria arizonaria (Lepidoptera: Geometridae)*. *Biological Journal of the Linnean Society*, **58**(3), pp. 277-285.
- GREENE E., CANFIELD M., EHMER A., 2009 – *Developmental flexibility, phenotypic plasticity, and host plants: a case study with Nemoria caterpillars*. In: D.W. Whitman & T.N. Ananthakrishnan (eds.) "Phenotypic Plasticity of Insects: Mechanisms and Consequences", Science Publishers, Enfield, pp. 135-146.
- GROTE A.R., 1883 – *New Species and Notes on Structure of Moths and Genera*. *Canadian Entomologist*, **XV**(7), reprint Cambridge University Press online (2012), pp. 121-133.
- LIVRAGHI L., HANLY J.J., EVANS E., WRIGHT C.J. et Alii, 2024 – *A long non-coding RNA at the cortex locus controls adaptive colouration in butterflies*. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **121**(36), e2403326121.
- LIVRAGHI L., HANLY J.J., LOH L.S., HENRY A. et Alii, 2025 – *Genetic basis of an adaptive polymorphism controlling butterfly silver iridescence*. *Current Biology*, **35**(9), pp. 2154-2163. e7.
- MAJERUS M.E., 2009 – *Industrial Melanism in the Peppered Moth, Biston betularia: An Excellent Teaching Example of Darwinian Evolution in Action*. In: "Evolution: Education and Outreach", **2**(1), pp. 63-74.
- NAISBIT R.E., JIGGINS C.D., MALLETT J., 2003 – *Mimicry: developmental genes that contribute to speciation*. *Evolution and Development*, **5**, pp. 269-280.
- RIVERA-COLÓN A.G., WESTERMAN E.L., VAN BELLEGHEM S.M., MONTEIRO A., PAPA R., 2020 – *Multiple Loci Control Eyespot Number Variation on the Hindwings of Bicyclus anynana Butterflies*. *Genetics*, **214**(4), pp. 1059-1078.
- RUTHERFORD S.L., 2000 – *From genotype to phenotype: Buffering mechanisms and the storage of genetic information*. *Bioessays*, **22**(12), pp. 1095-1105.



Mauro Ferri^{*}, Giuseppe Rossi^{*}, Matteo Dal Zotto^{},
Dayron Lopez^{**}, Elena Ternelli[†], Mirko Luzzara[‡],
† Luigi Sala^{***}**

Un approccio all'ecologia trofica del falco pellegrino (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771) nidificante nel periodo 2015-2026 sulla torre civica Ghirlandina di Modena

Riassunto

Dal 2014 una coppia di falchi pellegrini (*Falco peregrinus*) si riproduce sulla sommità della torre civica Ghirlandina di Modena in una nicchia artificiale installata durante il lungo intervento di restauro del monumento (2008-2012) su un balcone a 78 m di altezza. Dal 2015 è stata avviata una raccolta annuale dei resti di prede sia sul balcone di nidificazione sia su quello sottostante, situato a 60 m, con finalità di pulizia ordinaria e per registrare informazioni sulle specie predate. Nel presente contributo vengono illustrati i risultati preliminari ottenuti nel periodo 2015-2026. Sono inoltre descritte le procedure di raccolta e conservazione dei reperti, evidenziando i limiti metodologici dovuti al degrado dei resti derivante dall'azione degli agenti atmosferici e alla impossibilità di accedere a tutte le superfici interessate dalla caduta dei resti delle prede. Complessivamente sono state identificate 32 specie predate (16 terrestri, 14 acquatiche/legate a zone umide, 2 esotiche) classificate in base alla frequenza di rinvenimento in: abbondanti, comuni, scarse e rare. I dati raccolti suggeriscono che la coppia sfrutti prevalentemente risorse urbane e degli agro-ecosistemi, rappresentate da colombo (*Columba livia domestica*) e storno (*Sturnus vulgaris*), ma anche specie acquatiche prelevate perlomeno fino a 16-17 km di distanza dal sito riproduttivo. Inoltre, il rinvenimento ripetuto di resti di beccaccia (*Scolopax rusticola*) fornisce indizi sul comportamento predatorio crepuscolare o notturno. Viene infine discusso il potenziale contributo delle webcam installate presso il nido artificiale ma ancora non funzionanti, quali strumenti per integrare le informazioni ottenute dalla raccolta dei resti delle prede al fine di migliorare i risultati dei futuri monitoraggi.

^{*} Associazione Ornitologi Emilia-Romagna (ASOER), Via G. Boccaccio 23, 40026 IMOLA (BO); e-mail: ferri-maur@gmail.com.

^{**} Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 213/d, 41125 MODENA.

[†] Etologa, Largo A. Nobel 145, 41126 MODENA.

[‡] Naturalista, Via Mondovì 127, 41125 MODENA.

^{***} † già Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia. Luigi Sala ha lavorato con passione a questo studio fino al 4 ottobre 2022, giorno della sua prematura scomparsa.

Abstract

An approach to the trophic ecology of the Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) nesting on the Ghirlandina Tower (Modena, Italy) during the 2015-2026 period. Since 2014, a pair of Peregrine Falcons (*Falco peregrinus*) has been breeding on the summit of the Ghirlandina tower in Modena, using an artificial nesting niche installed on a balcony at 78 m above ground during the extensive restoration works carried out on the monument between 2008 and 2012. Starting from the following year, annual collections of prey remains found both on the nesting balcony and on the lower balcony at 60 m above ground have been carried out for routine cleaning purposes and to gather information on prey species. The preliminary results obtained during the 2015-2026 period are presented. In addition, the procedures adopted for the collection and preservation of prey remains are described, highlighting the methodological limitations caused by the deterioration of remains due to weather exposure and by the impossibility of accessing all surfaces where prey remains may fall. Overall, 32 prey species were identified, including 16 terrestrial species, 14 aquatic/wetland-associated species, and 2 exotic species. These were classified according to their occurrence frequency as abundant, common, scarce, or rare. The data collected suggest that the breeding pair mainly feed on urban and agro-ecosystem resource species, particularly Feral Pigeon (*Columba livia domestica*) and Common Starling (*Sturnus vulgaris*), but also aquatic species captured at distances of at least 16-17 km from the breeding site. Furthermore, the repeated occurrence of Eurasian Woodcock (*Scolopax rusticola*) remains provides evidence of crepuscular or nocturnal predatory activity. Finally, the potential contribution of webcams installed at the artificial nest site, although not yet operational, is discussed as a complementary tool for integrating information resulting from prey-remains and improving the effectiveness of future monitoring programmes.

Parole chiave: *Falco Pellegrino*, nidificazione, torre Ghirlandina, Modena

Keywords: Peregrine Falcon, Nesting Site, Ghirlandina Tower, Modena, Italy

1. Introduzione

La torre civica Ghirlandina, assieme al Duomo e Piazza Grande, dal 1997 fa parte del Patrimonio Mondiale dell'Umanità UNESCO, e oltre che una sorta di ombelico civico e religioso del centro storico di Modena, con i suoi 89,32 metri di altezza (Cadignani, 2009), è la costruzione più alta della città e la sua altezza e il suo candore la fanno individuare facilmente se si contempla la pianura modenese da una delle strade panoramiche collinari, in genere da circa 10 km di distanza, ovviamente nelle giornate limpide e soleggiate. Perciò nulla di strano che sia stata individuata già negli anni '90 del secolo scorso anche da qualche falco pellegrino (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771) che ha iniziato ad usarla come uno dei posatoi cittadini, tra i quali anche una finestra cieca del Palazzo Ducale che fronteggia la chiesa di san Domenico e la sommità dei silos del consorzio agrario (demoliti nel dicembre 2000). Dal novembre 1999, sulla Ghirlandina si è iniziato a notare la presenza di due falchi pellegrini

che in genere sostavano non distanti fra loro ma sempre separati, scegliendo le parti più alte, finché il 2 gennaio 2000, grazie a una fortunosa sequenza in *digiscoping*, è stata documentata una interazione tra i due soggetti, di taglie ben diverse e quindi sicuramente un maschio e una femmina che ogni tanto si corteggiavano sul cornicione marcapiano appena sotto il balcone più elevato.

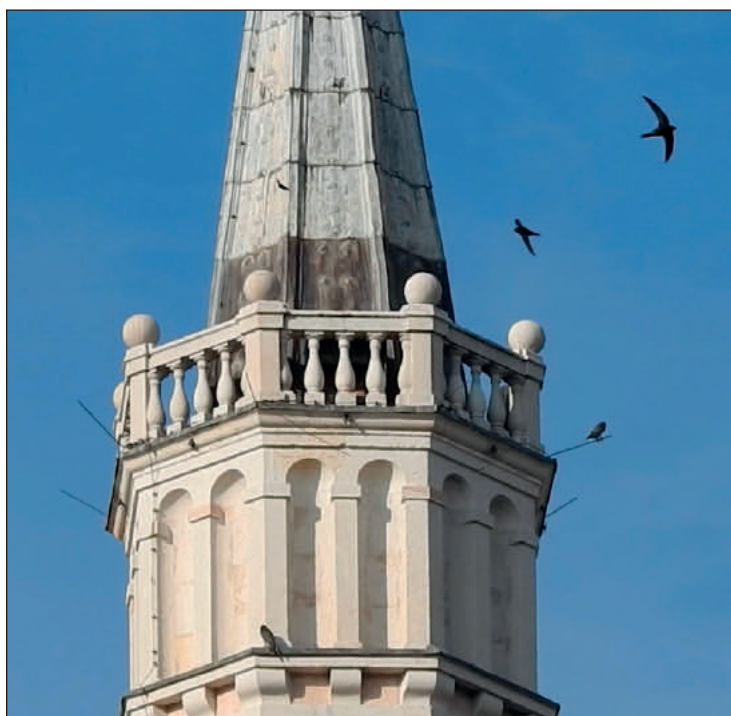


Fig. 1 – I due falchi pellegrini (*Falco peregrinus*) stanziali sulla torre Ghirlandina sono spesso osservabili nei pressi della nicchia artificiale installata durante i restauri del 2008-2012 dietro la balaustra del balcone sotto la guglia, sul lato ripreso da questa immagine (foto M. Ferri).

La possibilità di una riproduzione era elettrizzante ma tra gli appassionati si dubitava del successo a causa della verosimile assenza in Ghirlandina di nicchie o spazi protetti adatti alla nidificazione. E infatti quell'anno non emersero segni di avvenuta riproduzione e analoghe situazioni sembrarono ripetersi anche negli anni successivi. Ma nel 2007, in occasione dell'annuncio dell'inizio dei lavori di restauro della torre civica, vi fu l'occasione per una proposta, subito accettata dalla direzione del progetto (Cadignani, 2009; Cadignani & Lugli, 2010), non solo per escludere la nidificazione dei colombi dalle buche

pontaie e assicurarvi ingressi selettivi per favorire rondoni comuni, chiropteri e altre piccole specie di insettivori (Ferri *et al.*, 2011; Gelati *et al.*, 2014) ma anche per collocare sul lato nord del balconcino sommitale una nicchia protetta alla quale i falconi avrebbero potuto accedere attraverso le colonnine della balaustra, quale contributo aggiuntivo in corso d'opera (Ferri *et al.*, 2015). I falconi hanno frequentato la torre anche durante il restauro, come risultò dalla necessità di catturare e subito liberarne uno che si era infilato oltre i teli tra i ponteggi, oltretutto dotato di un anello ufficiale da inanellamento (Cadignani, 2009). I due rapaci hanno ripreso a frequentare gli abituali posatoi già subito dopo lo smantellamento delle impalcature (inizio 2012) finché il 1° luglio 2014 è stato documentato un giovane immaturo che riceveva una preda da uno dei due adulti presenti in quel momento (osservazioni di M. Ferri, N. Rodd & G. Santagata). Da allora, dai punti di osservazione più favorevoli al monitoraggio dei vari posatoi sugli otto lati della sommità della torre, è facile osservare i due falconi nei pressi del balcone con la cassetta (Fig. 1). Ogni anno è stato possibile osservare e a volte documentare qualche fase dei corteggiamenti, la frequentazione della nicchia artificiale installata sul balconcino, l'arrivo del maschio con le prede mentre la femmina era in cova. Infine, nel 2015, è iniziata un'attività annuale di monitoraggio, in genere in autunno, per controllare lo stato del substrato sul fondo della cassetta e raccogliere i resti di predazione nei due balconi.

2. Metodi

Il riconoscimento di una specie portata dai falconi sulla torre, mentre li si osserva con cannocchiale o con fotocamera munita di teleobiettivo, è in genere impraticabile, dato che la postazione più favorevole per avere una buona vista sull'ingresso della nicchia artificiale dista da quella circa 165 m e le poche immagini meglio definite possono suggerire un'identificazione in casi davvero eccezionali, altrimenti si ottengono immagini interessanti ma vaghe (Fig. 2). Pertanto, il modo più sicuro di ottenere informazioni circa le specie predate consiste nella raccolta di ciò che rimane delle prede dopo lo spennamento e il consumo. Ecco perché dall'autunno 2015, ogni anno, con l'autorizzazione del Comune, si sale sulla torre per accedere ai due balconi della torre civica, rispettivamente a 60 m e a 78 m di altezza. Per la verità, la motivazione iniziale consisteva nel verificare che il forte vento non avesse compromesso lo stato generale della nicchia artificiale e del substrato (ghiaietto) al suo interno ed essere certi delle sue ottimali condizioni anche per la successiva fase riproduttiva, tanto che a questo fine in un decennio è stato necessario procedere a un rimpinguamento e a ben due sostituzioni con ghiaietto di maggiore peso specifico; ma fin dalla prima volta risulta interessante la grande quantità di resti di prede (piume, teste, ali, zampe e carcasse) e di rigurgiti di falconi e

di uccelli da preda notturni (borre) sparsi sui due balconi, e si è subito deciso di raccogliere ogni volta quanti più resti di predazione possibile sia per una sommaria pulizia ambiente che per esaminare quei resti per identificare le specie predate.



Fig. 2 – Falchi pellegrini sulla torre Ghirlandina, con la scena della consegna di una preda davanti alla nicchia artificiale e quella dell'asporto dalla nicchia di resti non consumati dai pulli. Screenshot ingranditi da due video realizzati con teleobiettivo da 165 m di distanza (foto M. Ferri).

Sporgendosi dal balcone a 60 m era possibile notare una analoga abbondanza di resti sulla sottostante ampia superficie piana della sommità della torre quadrata, purtroppo inaccessibile perché priva di parapetti. La superficie di quel livello è ben più ampia della somma di quelle dei pavimenti e delle balaustre dei due balconi e verosimilmente trattiene soprattutto i resti delle prede che i pellegrini puliscono sulla balaustra del balcone più basso e i resti dei pasti che i genitori asportano regolarmente dalla nicchia e disperdono prendendo il volo; a sua volta il balcone inferiore trattiene anche i resti che cadono dal balcone superiore; quindi l'inaccessibilità della grande superficie sopra la sezione quadrata limita notevolmente il valore dei risultati delle raccolte sui balconi. Inoltre, sui due balconi in genere i resti delle prede rimangono su balaustre e pavimento ma su quest'ultimo è presente un camminamento su griglie sotto le quali finiscono potenziali reperti di piccole dimensioni ma importanti come penne, zampe, teste e borre, limitando ulteriormente le quantità raccogliabili e quindi le identificazioni, condizionate anche dalla dispersione delle parti più piccole e più leggere disperse dal vento o trasformate dalla pioggia e dal sole

in masse di detriti incollati fra di loro e alterati nell'aspetto a tal punto da rendere impossibile un riconoscimento visivo. Per la raccolta di borre e resti di prede, su ogni balcone escono due volontari con le mani protette da guanti e con un sacco in cui raccogliere reperti facilmente asportabili e, al termine della raccolta, si ritorna ai piedi della torre e ci si scambiano le identificazioni eventualmente rese possibili già durante la raccolta grazie alle buone condizioni dei reperti, dopo di che i sacchetti vengono messi assieme per un esame da fare con più tranquillità su un tavolo e/o per essicarli e/o metterli in freezer per future necessità.



Fig. 3 – I resti freschi di una beccaccia (*Scolopax rusticola*) e in secondo piano quelli più vecchi di un'alzavola (*Anas crecca*), col caratteristico specchio alare, rinvenuti sulla balastra di fianco alla nicchia artificiale. L'idea della raccolta annuale dei resti delle prede è nata in questa occasione (foto G. Rossi).

Purtroppo la prematura scomparsa di Luigi Sala, nell'ottobre 2022, ha comportato la perdita delle sue prime note e di gran parte del materiale che aveva preso in carico e che ci ripromettevamo di valutare assieme. È stato però possibile recuperare parte della memoria delle identificazioni fatte nel periodo 2015-2022; inoltre sono state fondamentali anche alcune foto scattate durante le visite (Figg. 3, 4, 5), ma senza dubbio sono stati determinanti i reperti raccolti, fotografati (Figg. 6, 7, 8), essiccati e messi sottovuoto nel 2023, 2024 e 2025 nonché quelli del sopralluogo straordinario di inizio 2026. Sono state raccolte anche le borre riconoscibili come tali, accessibili e integre.



Fig. 4 – Uno dei tre becchi di rosella (*Platycercus* sp.) raccolto dai balconi (foto G. Rossi).

3. Risultati

Per quanto riguarda le borre (Fig. 9), quelle raccolte nel periodo 2023-2026 sono solo una piccola parte delle tante visibili sui balconi ma in massima parte disintegrate per effetto combinato di pioggia, gelo, sole e vento. Oltre a quelle attribuibili ai falconi ve ne sono di piccole dimensioni attribuibili alle civette a volte osservate e fotografate anche di giorno mentre sostavano tra le colonnine dei balconi o cercavano di predare rondoni dentro le buche pontae; le poche raccolte non sono state utilizzate ai fini di questa nota e rimangono a disposizione di eventuali approfondimenti assieme ai resti più significativi delle raccolte fatte nel periodo 2023-2026.

Invece i resti di predazione raccolti sono stati utili per identificare 32 specie (Tab. 1), delle quali 16 *terrestri*, 14 *acquatiche* o di zona umida oltre a 2 esotiche *aufughe* e, in base ad una valutazione della frequenza delle identificazioni, sono state suddivise nelle categorie *abbondante*, *comune*, *scarsa* e *rara* e, in quest'ultima, per alcune specie particolari è stato possibile indicare il numero dei casi certi (da 1 a 3) identificati nel periodo 2015-2026, mentre per 4 casi si è preferito segnalare un'incertezza identificativa a causa dell'insufficienza di reperti minuscoli in dimensione e/o di cattiva qualità.



Fig. 5 – Testa di piviere dorato (*Pluvialis apricaria*) con resti di piumette sul fronte e capo (foto G. Rossi).



Fig. 6 – Teste e zampe dalla medesima raccolta, 2024 (foto G. Rossi).

4. Discussione e conclusioni

È da premettere che i resti raccolti sono di prede catturate e portate sulla torre dai falconi per essere spennate e poi essere consumate da loro nell'arco dell'anno, oppure per essere portate ai pulli nella nicchia artificiale e in questo

caso, dopo il loro pasto, i genitori asportano quanto non consumato e lo disperdono appena involati dal balcone e lasciandolo cadere su quello inferiore, oppure sulla sommità della torre a sezione quadrata e, a volte, anche sul selciato alla base della costruzione. Le penne, le piume e le parti asportate durante la preparazione del pasto (ad esempio teste) e le parti non consumate (zampe, gabbie toraciche, ali...) che rimangono sui balconi sono esposte agli agenti atmosferici, al sole e al vento che nel tempo le degradano e pertanto la raccolta annuale richiede la scelta di reperti utili che non sempre si rivelano poi davvero facilmente identificabili ed è per questo che quattro casi sono riportati come dubbi in Tab. 1. Due specie in particolare (colombo *Columba livia domestica*, storno *Sturnus vulgaris*) sembrano costituire la parte più appariscente della biomassa predata e sono state attribuite alla categoria *abbondante* tra i resti sparsi sui due balconi, mentre otto specie sembrano costituire buona parte, del resto, e sono state ricomprese nella categoria *comune* che, in ordine indicativo decrescente di importanza, comprende gabbiano comune *Chroicocephalus ridibundus*, rondone comune *Apus apus*, gallinella d'acqua *Gallinula chloropus*, pavoncella *Vanellus vanellus*, beccaccino *Gallinago gallinago*, cavaliere d'Italia *Himantopus himantopus*, picchio rosso maggiore *Dendrocopos major*, tordo bottaccio *Turdus philomelos*.

Le rimanenti 22 specie (quelle a frequenza *scarsa* e *rara*) costituirebbero tutto il resto ma fra queste ci sono specie che si sono poste in evidenza già al momento della raccolta perché appariscenti per dimensione o colori di penne e piume oppure per le caratteristiche del becco, della testa, delle ali o delle zampe, come nel caso della beccaccia *Scolopax rusticola*, dell'alzavola *Anas crecca*, della ghiandaia marina *Coracias garrulus*, degli psittacidi (rosella *Platycercus* sp., cocorita *Melopsittacus undulatus*), dell'avocetta *Recurvirostra avosetta*, del piviere dorato *Pluvialis apricaria*, dell'assiolo *Otus scops*; oppure sono risultate inconfondibili quando da un mucchietto di frammenti mescolati, con pazienza, sono emersi resti di piccole dimensioni ma inequivocabili come teste con piume di picchio verde *Picus viridis* e di piviere dorato *Pluvialis apricaria*, alcune penne primarie (forse) di scricciolo *Troglodytes troglodytes*, penne di assiolo *Otus scops*, un cranio di civetta *Athene noctua* ecc.

Un'ulteriore considerazione riguarda il fatto che la raccolta è limitata ai due balconi, che le frequenti osservazioni sembrano indicare essere molto legati alla preparazione delle prede per la femmina in cova e per i pulli ancora nel nido, quindi di prede relative al periodo marzo-maggio, mentre sul balcone inferiore e sulla sottostante sommità della torre quadrangolare e sul selciato alla base della torre sembrerebbero concentrarsi gli scarti giornalieri asportati dalla nicchia durante l'allevamento, gli scarti dalla pulizia di prede nel periodo giugno-luglio per i giovani che svolazzano inesperti tra balconi e la sommità della torre quadrata. Inoltre, durante il resto dell'anno il balcone inferiore e il ripiano sottostante sono

utilizzati anche dagli adulti e pertanto in questi due siti i resti delle specie predate e la loro abbondanza o scarsità relative, se raccolti, potrebbero riflettere una situazione diversa da quella della Tab. 1, che quindi potrebbe essere rappresentativa delle predazioni del periodo marzo-maggio e del breve periodo in luglio, mentre per il resto dell'anno le prede sono portate anche sul balcone inferiore e sul ripiano sottostante, dove rimarrebbero i resti delle predazioni degli altri 8 mesi, probabilmente a carico di specie differenti e con altre categorie di importanza.



Fig. 7 – Selezione di penne, crani, zampe e ali. Ben riconoscibili la testa di avocetta (*Recurvirostra avosetta*), la testa di ghiandaia marina (*Coracias garrulus*) e le sue coloratissime penne (foto M. Ferri).



Fig. 8 – Testa e penne di ghiandaia marina (*Coracias garrulus*) (foto M. Ferri).

Infine, alcune delle specie predate forniscono elementi per alcune considerazioni sul comportamento predatorio dei falchi pellegrini modenesi, come nei casi della beccaccia *Scolopax rusticola* (con ben tre predazioni), dell'asaiolo *Otus scops* (pure con tre casi) e della civetta *Athene noctua*, suggerendo che anche a Modena questi predatori sappiano sfruttare la luminosità notturna per insidiare con successo specie che si spostano anche nottetempo sopra gli spazi urbani, come recentemente documentato in Norvegia (Time, 2016, 2025) ed anche in Italia (Leonardi & Manino, 2007; Zoratto *et al.*, 2010; Ceccarelli & Gellini, 2024). Naturalmente il ripetuto rinvenimento di beccacce avvalorava l'ipotesi di predazioni notturne e/o crepuscolari anche di altre specie come folaghe e gallinelle che sfruttano il volo notturno soprattutto per i grandi spostamenti. Un'altra interessante indicazione è offerta dalla presenza di una avocetta *Recurvirostra avosetta* i cui resti sembravano recentissimi durante la loro raccolta nel luglio 2025: infatti, fino ad allora l'interessante frequenza di specie acquatiche faceva ritenere che la coppia frequentasse le tre zone umide più vicine alla città e cioè la cassa di espansione del F. Secchia (a ovest), la cassa di espansione del F. Panaro (a est) e i Prati di San Clemente (a nord), lontani dalla Ghirlandina rispettivamente 8-9 km, 8-9 km e 7-8 km, mentre le avocette più vicine alla città in quel periodo erano presenti in modo consistente (Giorgio Leoni *com. pers.*) nell'area di Manzolino e Tivoli, cassa di espansione

del Canale di San Giovanni, a 16-17 km a est di Modena, dove peraltro i falchi pellegrini sono comunemente osservati (Giorgio Leoni, *com. pers.*) in provenienza da est (Bologna?), sud (colline appenniniche?) e ovest (Modena?).

In definitiva, i falconi della Ghirlandina sembrerebbero cacciare avifauna acquatica in quattro zone umide ai vertici di un'area di ca. 140 km², all'interno della quale si collocano parte della città, alcune delle sue grandi aree verdi e un mosaico di agroecosistemi a seminativi, coltivazioni legnose, aree boscate e corridoi di vegetazione spontanea, utili per la ricerca delle altre specie. Per il futuro, le due webcam già installate nel 2025 dal Comune di Modena sul balcone a 78 m di altezza e all'interno della nicchia artificiale, una volta attivate e messe in rete potrebbero essere utili per documentare da più vicino le prede portate sulla balaustra del balcone e dentro la nicchia artificiale, integrando così le informazioni ottenute con la raccolta dei resti di prede, che saranno utili anche per valorizzare il ruolo della Ghirlandina come "monumento vivo" della città.



Fig. 9 – Borre raccolte dal pavimento dei balconi, 2023-2026 (foto M. Ferri).

Tab. 1 – Specie identificate come prede dei falchi pellegrini (*Falco peregrinus*), sulla base dei resti ritrovati annualmente nel periodo 2015-2026 sulla torre Ghirlandina di Modena e categorie.

Elenco delle specie			
#	ID	ID?	Note
1	Alzavola <i>Anas crecca</i>		*1
2	Assiolo <i>Otus scops</i>		*3
3	Avocetta <i>Recurvirostra avosetta</i>		*1
4	Beccaccia <i>Scolopax rusticola</i>		*3
5	Beccaccino <i>Gallinago gallinago</i>		comune
6	Cavaliere d'Italia <i>Himantopus himantopus</i>		comune
7	Civetta <i>Athene noctua</i>		scarsa
8	Cocorita <i>Melopsittacus undulatus</i>		*2
9	Colombo <i>Columba livia domestica</i>		abbondante
10	Combattente <i>Calidris pugnax</i>		scarsa
11	Fischione <i>Mareca penelope</i>		rara
12	Folaga <i>Fulica atra</i>		scarsa
13	Gabbiano comune <i>Chroicocephalus ridibundus</i>		comune
14	Gallinella <i>Gallinula chloropus</i>		comune
15	Gazza comune <i>Pica pica</i>		scarsa
16	Ghiandaia marina <i>Coracias garrulus</i>		rara
17	Merlo <i>Turdus merula</i>		rara
18	Pavoncella <i>Vanellus vanellus</i>		comune
19	Pettirosso <i>Erithacus rubecula</i>	ID?	*1
20	Picchio rosso maggiore <i>Dendrocopos major</i>		comune
21	Picchio verde <i>Picus viridis</i>		rara
22	Piovanello pancianera <i>Calidris alpina</i>	ID?	*1

Elenco delle specie			
23	Piviere dorato <i>Pluvialis apricaria</i>		*1
24	Rondone comune <i>Apus apus</i>		comune
25	Rosella <i>Platycercus sp.</i>		*3
26	Scricciolo <i>Troglodytes troglodytes</i>	ID?	*1
27	Storno <i>Sturnus vulgaris</i>		abbondante
28	Svasso maggiore <i>Podiceps cristatus</i>		*1
29	Taccola <i>Coloeus monedula</i>	ID?	*1
30	Tordo bottaccio <i>Turdus philomelos</i>		comune
31	Tortora dal collare <i>Streptopelia decaocto</i>		scarsa
32	Tringa sp.		*1

Categoria	n° di specie
terrestre	16
acquatica	14
aufuga	2
Totale	32
abbondante	2
comune	8
scarsa	5
rara	17
di cui con: ID?	4
*1	9
*2	1
*3	3

Note

ID?: identificazione incerta

*1: specie identificata 1 volta

*2: specie identificata 2 volte

*3: specie identificata 3 volte

Bibliografia

- CADIGNANI R. (a cura di), 2009 – *La torre Ghirlandina, un progetto per la conservazione - The Ghirlandina Tower Conservation Project*. Fondazione Cassa di Risparmio di Modena, Comune di Modena, Luca Sossella Ed., 288 pp.
- CADIGNANI R., LUGLI S. (a cura di), 2010 – *La torre Ghirlandina, storia e restauro*. Fondazione Cassa di Risparmio di Modena, Comune di Modena. Luca Sossella Ed., 320 pp.
- CECCARELLI P.P., GELLINI S., 2024 – *Regime alimentare del falco pellegrino Falco peregrinus Tunstall, 1771 in ambito urbano*. Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, **59**, pp. 155-164, ISSN 1123-6787.
- FERRI M., FERRARESI M., GELATI A., ZANNETTI G., DOMENICHINI A., RAVIZZA L., CADIGNANI R., 2011 – *Control of the urban pigeon Columba livia population and the preservation of common swift Apus apus and bats Chiroptera during the restoration of the Ghirlandina tower in the city of Modena (Italy)*. In: J. Jens & A. Esther (eds.) “8th European Vertebrate Pest Management Conference”, Berlin, 26-30 September 2011, Book of Abstracts, Julius Kühn-Institut Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, JKI Archiv, 432, pp. 133-135.
- FERRI M., FERRARESI M., GELATI A., CADIGNANI R., ROSSI G., TIGGES U., 2015 – *Buche pontate selettive per favorire i rondini ed escludere i colombi dalla Ghirlandina*. In: R. Cadignani (a cura di) “La torre Ghirlandina - cronaca del restauro e studi recenti”, Luca Sossella Ed., pp. 54-59.
- GELATI A., FERRI M., FERRARESI M., DOMENICHINI A., ZANNETTI G., RAVIZZA L., CADIGNANI R., 2014 – *Esclusione selettiva del colombo dalle buche pontate degli edifici storico-monumentali, a vantaggio di rondini Apus apus e chiropteri Chiroptera*. In: R. Tinarelli, A. Andreotti, N. Baccetti, L. Melega, F. Roscelli, L. Serra, M. Zenatello (a cura di) “Atti XVI Convegno Italiano di Ornitologia, Cervia (RA)”, 22-25 settembre 2011, Scritti, Studi e Ricerche di Storia Naturale della Repubblica di San Marino, pp. 500-505.
- LEONARDI G., MANNINO V., 2007 – *Feeding habits of urban Peregrine falcons (Falco peregrinus brookei) in Eastern Sicily*. Avocetta, **31**, 7374.
- TIME B.E., 2016 – *Hunting activity by urban Peregrine Falcons (Falco peregrinus) during autumn and winter in south-west Norway*. Ornis Norvegica, **39**, pp. 39-44 <https://doi.org/10.15845/on.v39i0.1048>
- TIME B.E., 2025 – *Hunting success and efficiency of an urban Peregrine Falcon (Falco peregrinus) during the low light season in south-west Norway*. Ornis Norvegica, **48**, pp. 1-6 <https://doi.org/10.15845/on.v48.3625>
- ZORATTO F., CARERE C., CHIAROTTI F., SANTUCCI D., ALLEVA E., 2010 – *Aerial hunting behaviour and predation success by Peregrine Falcons Falco peregrinus on Starling flocks Sturnus vulgaris*. Journal of Avian Biology, **41**(4), pp. 427-433.

Mauro Mandrioli*

La nascita della fisiologia sperimentale in Italia e la sua affermazione a Modena: formazione scientifica e ricerche di Angelo Mosso e Mariano Luigi Patrizi

Riassunto

Nella seconda metà dell'Ottocento prende forma in Italia la fisiologia sperimentale come ambito autonomo di ricerca, grazie all'opera di Angelo Mosso (1846-1910). Sin dai primi progetti sperimentali Mosso matura l'idea che l'indagine fisiologica debba fondarsi sulla misurazione e sulla registrazione grafica dei processi studiati. Da questa impostazione derivano non solo un metodo di lavoro, ma anche la progettazione di dispositivi innovativi (tra cui pletismografo ed ergografo), capaci di rendere quantificabili fenomeni quali la circolazione, l'attività mentale e la fatica. A Torino Mosso costruisce una "scuola" che forma numerosi fisiologi, tra cui Mariano Luigi Patrizi (1866-1935), il quale ricopre la prima cattedra autonoma di fisiologia nell'Ateneo modenese creando anche un laboratorio sperimentale dedicato alla psicofisiologia, con applicazioni anche in ambito medico-legale. Il contributo intende valorizzare, accanto all'opera di Mosso, anche quella di Patrizi, oggi in larga misura dimenticata nonostante l'originalità con cui seppe muoversi tra fisiologia e psicologia sperimentale.

Abstract

How experimental physiology emerged in Italy and was established in Modena: the scientific training and research of Angelo Mosso and Mariano Luigi Patrizi. *In the second half of the nineteenth century, experimental physiology emerged in Italy as an autonomous field of research, largely through the work of Angelo Mosso (1846-1910). From his earliest experimental investigations, Mosso became convinced that physiological research should be based on measurement and on the graphical recording of biological processes. This methodological stance led not only to distinctive research practices, but also to the construction of innovative instruments, including the plethysmograph and the ergograph, which made it possible to quantify phenomena, such as circulation, mental activity and fatigue. In Turin, Mosso also established a "school" that trained several physiologists, among which Mariano Luigi Patrizi (1866-1935) played a central role in founding the first experimental*

* Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Campi 213/D, 41125 MODENA; e-mail: mauro.mandrioli@unimore.it.

laboratory in Modena devoted to psychophysiology, with applications extending into the medico-legal field. Alongside Mosso's well-known work, the present contribution aims to highlight the scientific activity of Patrizi, whose legacy has been largely neglected despite his originality in operating at the intersection of physiology and experimental psychology.

Parole chiave: *Fisiologia sperimentale, strumenti di misura, quantificazione dei fenomeni fisiologici, scuola fisiologica italiana*

Keywords: *Experimental physiology, Measuring instruments, Quantification of physiological phenomena, Italian physiological school*

1. Alla origine della fisiologia sperimentale: Angelo Mosso e la sua formazione accademica

Angelo Mosso nacque a Torino nel 1846, ma ben presto dovette trasferirsi a Chieri, dove frequentò le scuole elementari e il ginnasio, per poi completare gli studi liceali tra Cuneo e Asti grazie a un sussidio resosi necessario per le difficoltà economiche della famiglia (Foà, 1911; Fausone & Galloni, 2018). Nel 1865, dopo una travagliata e difficoltosa formazione scolastica, Mosso si iscrisse alla Facoltà di Medicina dell'Università di Torino, dove si laureò nel luglio del 1870 con una dissertazione dedicata all'accrescimento delle ossa (Foà, 1911). A differenza di quanto accaduto negli anni del liceo, in cui il giovane Mosso non si era distinto per la brillantezza della propria carriera scolastica, il suo percorso universitario lo portò a mettersi in evidenza come studente particolarmente motivato e competente, tanto da ottenere subito dopo la laurea un posto nel corso di perfezionamento che il professor Moritz Schiff teneva nel proprio laboratorio a Firenze (Luciani, 1910; Foà, 1911). Schiff, ancora oggi riconosciuto come uno dei padri della fisiologia italiana, era allora una figura di grande rilievo internazionale per gli studi sul sistema nervoso. L'esperienza fiorentina permise al giovane Mosso non solo di iniziare la propria formazione in ambito sperimentale, ma anche di riflettere sull'utilità della vivisezione. Già a metà Ottocento l'utilizzo di animali in laboratorio risultava, infatti, disturbante per molte persone, il che rese Schiff una figura dal fascino controverso, in quanto egli riteneva tale scelta inderogabile nella pratica scientifica moderna. Questa diatriba influenzò Mosso che, come si vedrà nelle sezioni successive, preferì spesso ricorrere a osservazioni *in vivo* piuttosto che lavorare su organi dissezionati, che a suo avviso erano solo parzialmente utili per capire le proprietà della materia vivente.

Conclusa l'esperienza fiorentina, Mosso si trasferì a Lipsia, dove lavorò con Carl Ludwig, al quale si deve l'introduzione sia di innovativi metodi sperimentali sia di nuovi strumenti da lui appositamente inventati per lo studio delle funzioni vitali (Fausone & Galloni, 2018). Ludwig contribuì, infatti, in modo

decisivo alla trasformazione della fisiologia da disciplina prevalentemente descrittiva a scienza quantitativa.

Come ricordò il medico e patologo Pio Foà nel necrologio dedicato a Mosso, il desiderio di formarsi in Germania era molto comune tra gli scienziati italiani della seconda metà dell'Ottocento *«poiché il predominio quasi assoluto delle scienze sperimentali nella 2^a metà del secolo decimonono era dovuto alla Germania, per cui noi vedemmo, a scopo di scienza e di cultura, la nostra gioventù (...) spinta ad emigrare nelle scuole tedesche, di dove talvolta ritornava smarrita o sfiduciata per l'enorme distanza nella organizzazione scientifica tra l'estero e le scuole patrie»* (Foà, 1911).

Il soggiorno a Lipsia permise al giovane fisiologo torinese non solo di apprendere l'uso del chimografo, uno strumento inventato da Ludwig per registrare graficamente i fenomeni biologici, ma anche di maturare la convinzione che per lo studio della fisiologia fossero necessari apparati capaci di tracciare e quantificare gli eventi biologici. Mosso fece propria tale prospettiva con originalità, progettando nel corso della propria carriera numerosi strumenti che sarebbero poi stati impiegati da molti altri ricercatori. Questo permise al fisiologo torinese di affermarsi come innovatore non solo sul piano concettuale, ma anche su quello tecnico e costruttivo (Fausone & Galloni, 2018). In ciò, come osservò Foà, ebbe indubbiamente un ruolo non secondario l'abitudine, acquisita durante l'infanzia, di aiutare il padre falegname: *«nella bottega di suo padre fece quel lavoro manuale, direi quell'esercizio del senso tattile e muscolare, che gli fu poi tanto vantaggioso nella vita di laboratorio, la quale ha necessità di tecnica operativa, e spesso è in contrasto colla deplorabile mancanza di preparazione materiale in chi lo deve frequentare e usufruire»* (Foà, 1911). Questo aspetto è interessante in quanto con la seconda metà dell'Ottocento si afferma la necessità di fondare le osservazioni scientifiche su strumenti, rendendo gli scienziati tecnicamente più competenti in grado di far avanzare le proprie ricerche più celermente di quanto fosse possibile per coloro che restavano maggiormente legati a competenze di tipo descrittivo (Fausone & Galloni, 2018).

La collaborazione con Ludwig permise a Mosso di formarsi nel Paese in cui la fisiologia sperimentale umana stava prendendo forma con la maggiore celerità, anche grazie all'arrivo da molte nazioni europee di studiosi capaci, entusiasti e desiderosi di mettersi alla prova in questo nuovo ambito di ricerca. Come scriveva Foà nel 1911 *«così fu paga la grande aspirazione del giovane nostro fisiologo che fin allora aveva tentato i primi studi sperimentali di fisiologia con metodi meno perfezionati e bramava di continuarli nella più celebrata scuola del mondo. Due anni di seguito andò all'estero il Mosso ed ebbe contatto coi volenterosi giovani ricercatori che da ogni parte del mondo convenivano in quegli anni a Lipsia. (...) E di questi anni l'acquisto che il*

Mosso veniva facendo di quel concetto meccanico della vita che era ampiamente professato nelle nuove scuole tedesche».

Concluso il viaggio in Germania, il fisiologo torinese si fermò per alcuni mesi a Parigi, dove aveva preso contatto con Claude Bernard e Etienne-Jules Marey, in quanto era sua intenzione apprendere l'utilizzo del timpano di Marey (Galloni, 2014), che i due fisiologi avevano usato nelle proprie osservazioni. Questo dispositivo consisteva in un cilindro metallico chiuso su un lato da una membrana elastica; le variazioni di pressione, trasmesse mediante un sistema pneumatico o idraulico, deformavano la membrana e attivavano una leva o una penna, permettendo la registrazione grafica delle variazioni di pressione prodotte da fenomeni fisiologici (Galloni, 2014; Fausone & Galloni, 2018).

Una volta rientrato in Italia, Mosso poté integrare stabilmente nella propria attività sperimentale sia il chimografo di Ludwig sia il timpano di Marey. La disponibilità di strumenti di registrazione grafica affidabili rappresentò una svolta decisiva nella sua carriera, in quanto gli consentì di passare dalla misurazione di eventi episodici alla costruzione di curve fisiologiche, fondando l'interpretazione dei fenomeni non più sull'occhio, inevitabilmente influenzabile dell'osservatore, ma sulla traccia oggettiva lasciata dagli strumenti (Fausone & Galloni, 2018).

La consapevolezza della rilevanza delle apparecchiature usate e del fatto che la loro eventuale inadeguatezza avrebbe limitato le possibilità della comunità scientifica del tempo stimolò il fisiologo torinese a progettare ulteriori trasduttori per uno studio sempre più raffinato dei fenomeni fisiologici. Tra questi, particolare rilievo assunse il pletismografo, che consentiva di analizzare in modo congiunto respirazione e circolazione mediante la registrazione delle variazioni di volume legate al flusso sanguigno negli arti (Mosso, 1875). L'apparecchio era costituito da un cilindro di vetro nel quale veniva inserita la parte distale di un arto; il cilindro, riempito d'acqua, trasmetteva idraulicamente le minime variazioni di volume dell'arto a un manometro dato da una colonna di vetro contenente di mercurio. Il movimento del menisco del manometro azionava una penna che tracciava il segnale sulla carta del chimografo (Mosso, 1875).

Grazie a questo strumento, divenne per la prima volta possibile misurare in modo oggettivo le relazioni tra attività fisiologica, respirazione, emozione e distribuzione del sangue. In tale prospettiva, il pletismografo di Mosso può essere considerato il precursore concettuale delle moderne tecniche pletismografiche e ottiche; sebbene basate su tecnologie differenti, esse condividono lo stesso principio fondamentale, ossia la rilevazione delle variazioni di volume o di flusso sanguigno come indicatori della regolazione fisiologica dell'organismo (Galloni, 2014; Fausone & Galloni, 2018). In una fase successiva, Mosso applicò al piede del paziente una variante del pletismografo, denominata

pletismografo gasometrico, che non utilizzava l'acqua ma un liquido a densità molto bassa, come l'etere o l'essenza di petrolio (Mosso, 1877, 1884).

L'evoluzione tecnologica delle apparecchiature impiegate divenne così un elemento ricorrente negli anni successivi della vita scientifica del fisiologo torinese. Nel 1875, all'inizio della propria carriera universitaria, Mosso si presentava infatti già fortemente convinto del *«predominante valore dei fatti sulle interpretazioni e sulla loro applicabilità immediata»*, auspicando, all'apertura dell'insegnamento di Materia Medica e Terapeutica sperimentale a lui affidato nel novembre di quello stesso anno, che *«sulle ceneri della cattedra si innalzasse il laboratorio»* (Foà, 1911). Nei fatti quello che Mosso proponeva non era solo un metodo di lavoro, ma un vero e proprio manifesto per la scienza moderna: *«perché la scienza progredisca, occorre un metodo di registrazione automatica, che scriva tutti i fenomeni di movimento. Tale è il metodo grafico. Il palpito del cuore, l'affanno del respiro, il tremore dei muscoli, la velocità del sangue, la parola, il pensiero e la percezione, lasciano col metodo grafico una traccia indelebile di sé. Nulla è tanto veloce nella vita e nell'universo che il metodo della registrazione automatica non riesca a eseguire e direi quasi a trattenerne per farne un'analisi minuta e darne una precisa misura»* (Mosso, 1894).

Come scrisse Foà nel necrologio dedicato al fisiologo torinese, in quelle parole si coglieva chiaramente *«il giovane fattivo di prevalente cultura tecnica, e insieme il combattente contro la vuota oratorietà cattedratica prevalsa in tempi non molto lontani dal suo»*. Sebbene il laboratorio di Mosso avrebbe ricordato ad un inesperto osservatore più un'officina che non un luogo pensato per la ricerca, con Mosso inizia a prendere forma quell'insieme organico di ambienti destinati alla ricerca, che oggi conosciamo come laboratori di ricerca sperimentale (Foà, 1911).

2. Da giovane sperimentatore a fondatore della fisiologia sperimentale italiana: l'opera di Angelo Mosso per la comprensione del lavoro muscolare e della fatica

I successi ottenuti nei suoi esordi sperimentali non passarono inosservati, tanto che già nel 1877 Mosso venne chiamato a ricoprire l'incarico di professore straordinario, per poi ricevere, l'anno seguente, la nomina a professore ordinario (Fig. 1a). Ciò rese possibile la sua presa di servizio presso l'Università di Torino nel 1879, in seguito al trasferimento di Jakob Moleschott all'Università di Roma. Mosso fece così il suo ingresso, all'età di 33 anni, nella vita accademica torinese come professore di fisiologia, assumendo una cattedra già fortemente qualificata sul piano scientifico e culturale, avendo essa beneficiato per quasi vent'anni dell'insegnamento di uno dei fisiologi più apprezzati del tempo. Un risultato tutt'altro che scontato, se si considera che Mosso proveniva

da un contesto di modeste condizioni economiche e che la sua formazione era stata più volte ostacolata dalle difficoltà finanziarie della famiglia.

Già da subito Mosso portò nel contesto italiano una nuova visione del corpo, in quanto l'oggetto di studio non era più il corpo osservato e descritto, ma la sua funzione in atto. Il fisiologo torinese si dedicò in primo luogo allo studio dell'apparato circolatorio e della vascolarizzazione di muscoli e cervello (Mosso, 1875, 1877, 1884, 1895). Come osservava Luigi Luciani, fisiologo italiano di primo piano e, insieme allo stesso Mosso, tra i fondatori della fisiologia sperimentale nel nostro Paese: «*tra i più ingegnosi lavori del Mosso sono quelli coi quali analizzò le diverse forme di oscillazioni pulsatorie, positive o negative, dipendenti dall'attività del cuore, trasmesse alle arterie, alle vene, all'aria polmonare, alle pareti toraciche ed addominali. Sono contributi durevoli, perché fondati su ricerche condotte con tecnica perfetta e guidati da fine discernimento critico*» (Luciani, 1910).

In questo ambito, ad esempio, Mosso ideò un nuovo sfigmomanometro, nel quale il paziente inseriva il dito medio e l'anulare di entrambe le mani in guanti di gomma collocati all'interno di quattro tubi metallici. Lo spazio tra guanto e parete del tubo era colmato d'acqua, che trasmetteva le oscillazioni pressorie arteriose a un manometro mediante un sistema idraulico (Mosso, 1895). Nel 1896 il pediatra torinese Scipione Riva-Rocci sviluppò e perfezionò tale apparecchio, dando forma allo sfigmomanometro a bracciale tuttora in uso (Fausone & Galloni, 2018).

Mostrando un'acuta capacità sperimentale, non comune per l'epoca, Mosso era in grado di sfruttare con straordinario intuito ogni occasione per indagare più a fondo il funzionamento del corpo umano. In pazienti con difetti o danni cranici che lasciavano alcuni tratti privi di teca ossea applicò, ad esempio, un timpano di Marey direttamente sulla cute del capo (Mosso, 1880). Le pulsazioni dei vasi, trasmesse attraverso le meningi, venivano convogliate tramite il sistema pneumatico e registrate graficamente, consentendo di mettere in relazione attività mentale e circolazione cerebrale (Mosso, 1880; Fausone & Galloni, 2018).

Alcuni passaggi di Mosso risultano ancora oggi straordinariamente efficaci per comprendere la portata dei cambiamenti che stavano caratterizzando la nascente fisiologia sperimentale. Mosso, ad esempio, osservava: «*I mutamenti che subiscono le funzioni del cervello, quando diminuisce o cresce l'afflusso del sangue in quest'organo, formano uno degli studi più interessanti di cui possa occuparsi sperimentalmente il psicologo: perché in nessun altro modo può rendersi meglio evidente il legame strettissimo che vincola i fenomeni psicologici colle funzioni materiali dell'organismo. (...) Ho infatti osservato che le emozioni esercitano un'azione assai più manifesta sulla circolazione cerebrale che non il lavoro intellettuale, per quanto ne sia grande la sua energia.*

Esempi di queste emozioni mi capitavano col prof. Giacomini nelle esperienze che abbiamo fatto sopra la Caterina X. Un giorno noi eravamo nell'Istituto anatomico intenti ad una osservazione sui movimenti del cervello. Tutto d'un tratto e senza alcuna causa esterna si aumenta l'altezza delle pulsazioni e il volume del cervello. Il fatto parendomi strano domando alla donna come si sentisse. Essa mi risponde che sta bene. Vedendo che questa grande modificazione non cessava, io interrompo l'esperienza; esamino l'apparecchio se tutto è in ordine e quindi la prego di dirmi per filo e per segno a che cosa pensa da circa due minuti. Essa mi dice che mentre era distratta e guardava nell'armadio che le stava di fronte vide un cranio, e soggiunge che quella testa di morto le ha messo un poco di paura» (Mosso, 1880).

Questo passaggio mostra come, già nel 1880, Mosso avesse superato tanto il vitalismo quanto il materialismo che avevano caratterizzato la fisiologia ottocentesca, aprendosi a una fisiologia dell'uomo in azione, fondata su un rigore metodologico crescente, in cui l'oggetto di studio non era più l'organo come entità statica, ma il suo funzionamento.

Il fisiologo torinese fece, inoltre, interessanti osservazioni sul ruolo del sangue nel trasporto dell'ossigeno, tanto da scrivere che «il sangue ha per compito essenziale il trasporto dell'ossigeno ai tessuti; il lavoro muscolare non può compiersi senza questo continuo e rapido rifornimento. È ai corpuscoli rossi che spetta la parte principale in tale scambio». In parallelo riconosceva che «quando il lavoro aumenta, il bisogno dell'ossigeno cresce e con esso la rapidità della circolazione; i corpuscoli rossi diventano allora i veri portatori della forza vitale», per cui «le variazioni dei corpuscoli rendono più facile o più difficile l'arrivo dell'ossigeno al cervello; onde deriva talvolta la prontezza del pensiero, talvolta la sua lentezza faticosa» (Mosso, 1891).

Mosso aveva pertanto già intuito il ruolo dei globuli rossi e dell'ematocrito e, consapevole della rilevanza di questi "corpuscoli rossi", tentò anche di comprenderne l'origine, senza tuttavia conseguire risultati definitivi. Come sottolineava ancora Luciani: «meno felici furono le sue ricerche sulla genesi e sulle metamorfosi dei corpuscoli del sangue, nelle quali sostenne idee arrischiate, che non furono sanzionate dalle indagini successive. Ma anche in questi tentativi si rivelò l'originalità del suo ingegno, in quanto riescì ad eccitare un movimento di revisione delle dottrine sull'emopoiesi, che non furono inutili al progresso della scienza, a promuovere il quale, come è noto, val più talora un errore fecondo che una verità sterile» (Luciani, 1910).

Questo primo ambito di ricerca permise a Mosso non solo di fare numerose osservazioni innovative, ma anche di fare propria una nuova forma di fisiologia sperimentale fondata su misure strumentali e su un uso critico della strumentazione, volto a evitare non solo errori tecnici, ma anche interpretazioni scorrette dei fenomeni osservati. Nel suo lavoro sulla circolazione del sangue nel

cervello, ad esempio, Mosso annota con precisione che *«oltre al difetto della registrazione continua, oltre la difficoltà di un'applicazione sempre identica, e la mancanza della pressione costante, che rende inadatto lo strumento di Marey per osservazioni prolungate ed esperienze di confronto, mi accorsi nelle mie ultime indagini sul polso, che lo sfigmografo di Marey deforma notevolmente le pulsazioni per mezzo della resistenza della molla metallica, per cui mancano nei tracciati molte particolarità che osservatisi nel polso cerebrale e che compaiono nel braccio, quando noi ci serviamo dell'idrosfigmografo che è più sensibile»* (Mosso, 1880). La ricerca sperimentale risulta quindi utile ed efficace, secondo Mosso, solo se condotta con la strumentazione più adeguata e con estremo rigore; è proprio dall'assenza di tale rigore che, ribadisce più volte il fisiologo torinese, derivano le numerose controversie legate a esiti differenti ottenuti nelle medesime osservazioni sperimentali.

Una svolta decisiva nell'opera di Mosso maturò con la pubblicazione di *La fatica* (Mosso, 1891), testo nel quale il fisiologo torinese sostenne per la prima volta che la diminuzione progressiva della forza muscolare potesse essere seguita nel tempo, attraverso strumenti di misura, e tradotta in rappresentazioni grafiche. In tal modo, la fatica veniva sottratta alla dimensione puramente soggettiva per diventare un fenomeno suscettibile di analisi quantitativa. In questa prospettiva rinnovata, l'azione motoria non era più concepita come una semplice sequenza di atti isolati, come contrarre, sollevare e resistere, ma come un processo continuo, definibile attraverso curve, profili funzionali e parametri di prestazione misurabili.

Come già accaduto nei precedenti ambiti di ricerca, anche in questo contesto Mosso ritenne necessario fare ricorso a specifiche strumentazioni, ma anziché utilizzare i dinamometri già in uso, il fisiologo italiano ne inventò una nuova versione per registrare espressamente il lavoro muscolare, perché *«l'ergografo ci dà scritta una delle cose più intime e più caratteristiche del nostro individuo, cioè il modo col quale noi ci affatichiamo»* (Mosso, 1891). L'introduzione dell'ergografo (Fig. 1b) fu necessaria perché il fisiologo italiano ritenne essenziale fare le proprie osservazioni usando modelli sperimentali vivi (uomo compreso) allontanandosi quindi dalle limitate possibilità che i muscoli dissezionati di rana potevano offrire: *«quasi tutte le ricerche precedenti – scriveva Mosso – sono state eseguite sui muscoli delle rane staccati dal corpo. Ma colle rane non è possibile riprodurre la funzione normale dei muscoli ed imitare l'opera dell'uomo che compie un lavoro meccanico. Messomi intorno a questo studio ho cercato innanzi tutto di costruire uno strumento che misurasse con esattezza il lavoro meccanico dei muscoli dell'uomo e le variazioni che per effetto della fatica potevano succedere durante il lavoro dei muscoli medesimi»* (Mosso, 1891).

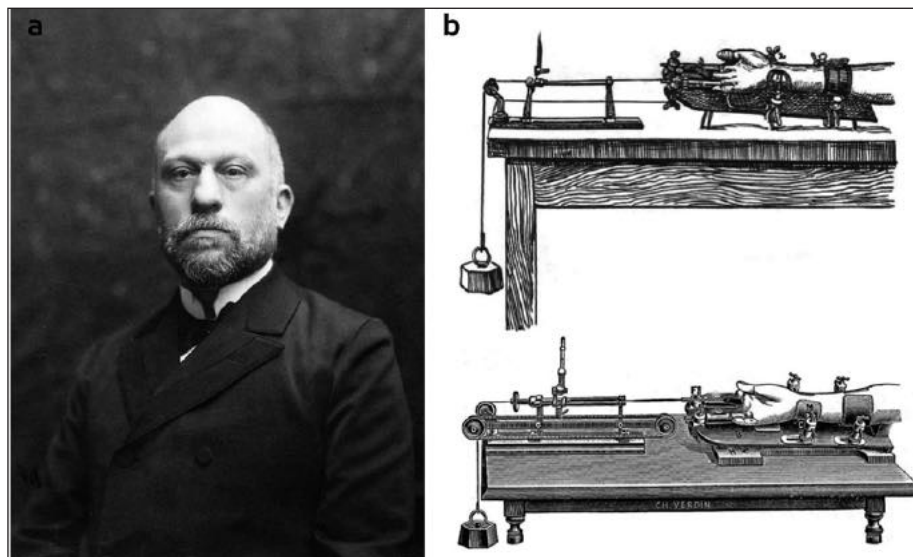


Fig. 1 – Ritratto di Angelo Mosso (a); progetto con realizzazione finale dell'ergografo (b).

La prima conclusione a cui Mosso giunse è che nessun animale può muoversi per tempi indefiniti, perché qualcosa si consuma nel muscolo ogni volta che questo si contrae: *«Per rispondere più o meno bene a queste domande dobbiamo prima conoscere la legge della conservazione dell'energia»*, scriveva Mosso, nella cui idea il movimento diveniva un processo con precise basi chimico-fisiche, in quanto *«la forza chimica contenuta negli alimenti ingeriti e nell'ossigeno inspirato è la sorgente delle manifestazioni di forza, di movimento e di calore e la somma delle forze fisiche prodotte da un animale è uguale al processo chimico corrispondente»* (Mosso, 1891). La conseguenza inevitabile, suggerisce Mosso, è che sfruttata tutta l'energia disponibile, al muscolo non resta che progressivamente ridurre, sino a cessare, il proprio lavoro.

Per approfondire ulteriormente le proprie analisi sul lavoro muscolare e la fatica, Mosso ideò anche altri strumenti, tra cui il ponometro, che misurava l'aumento dello sforzo nervoso man mano che aumentava la fatica, e il miotonometro per rilevare la tonicità dei muscoli. Come scrisse nelle proprie opere: *«nelle indagini che ho fatto servendomi dell'ergografo per studiare la fatica dei muscoli nell'uomo, ebbi più volte occasione di considerare i cambiamenti che subisce la tonicità dei muscoli per effetto delle contrazioni volontarie, o per mezzo delle correnti elettriche applicate sui nervi e sui muscoli. Tali ricerche mi indussero a costruire un apparecchio per fare in modo più comodo e più esatto delle ricerche sulla tonicità dei muscoli nell'uomo»* (Mosso, 1891).

A partire da queste osservazioni, Mosso giunse alla conclusione che la fatica, pur potendo essere modulata dall'allenamento, non fosse mai interamente eliminabile. In contrasto con una convinzione ampiamente diffusa nella fisiologia ottocentesca, secondo cui l'organismo disporrebbe di riserve energetiche distinte e indipendenti destinate a funzioni specifiche, egli sostenne l'esistenza di un'unica economia energetica dell'organismo umano. Ne derivava che nessuna attività poteva essere spinta ai limiti estremi senza ripercussioni sull'insieme delle altre. Non si poteva a suo avviso protrarre uno sforzo fisico fino allo sfinimento mantenendo intatta la lucidità mentale, così come non era possibile un intenso lavoro intellettuale senza un costo per l'equilibrio corporeo complessivo. In questa cornice teorica, la fatica assumeva il carattere di un fenomeno globale, espressione di un progressivo venir meno della capacità dell'organismo di sostenere l'azione. Quello che ai suoi contemporanei appariva come un semplice cedimento del muscolo veniva così reinterpretato come l'esito finale di un esaurimento che coinvolgeva in modo inseparabile sia le componenti muscolari che nervose (Mosso, 1888).

Letto a posteriori, il lavoro di Mosso sulla fatica appare sorprendentemente attuale (Di Giulio *et al.*, 2006; Sandrone *et al.*, 2014). Le sue osservazioni anticipano infatti l'idea, oggi consolidata, che il senso di fatica non dipenda da un singolo meccanismo locale, ma da sistemi di regolazione che modulano la risposta dell'organismo allo sforzo. Da un lato, tali sistemi agiscono limitando progressivamente l'efficacia dello stimolo, prevenendo la saturazione delle funzioni coinvolte; dall'altro, attivano processi di adattamento che persistono anche dopo la cessazione dello stimolo stesso. In questo senso, la fatica non rappresenta semplicemente un segnale di esaurimento, ma una componente attiva della regolazione fisiologica dell'organismo (Enoka & Duchateau, 2016).

In questo contesto, un contributo poco valorizzato del lavoro di Mosso emerge in *Fisiologia dell'Uomo sulle Alpi* (Mosso, 1897), dove la misurazione non riguardò più soltanto la fatica muscolare in condizioni standard, ma la variazione della risposta fisiologica in ambienti diversi (Fig. 2).

Il Monte Rosa divenne una vera e propria estensione del laboratorio, in cui Mosso registrava (avvalendosi di una ricca ed eterogenea strumentazione) il cambiamento del respiro, della frequenza cardiaca, della forza muscolare, dei tempi di recupero e della tolleranza allo sforzo in relazione a parametri quali altitudine, temperatura ambientale e rarefazione dell'aria.

Il lavoro di Mosso in montagna era molto complesso e gli imprevisti dovevano essere all'ordine del giorno. Ad esempio, lamenta Mosso, «*le forti bufere che imperversarono durante il nostro soggiorno sulla vetta del Monte Rosa non mi permisero di completare tali ricerche, perché spesso il vento invertiva il tiraggio delle stufe e cambiava tanto il contenuto di anidride*

carbonica nell'aria normale, da rendere dubbio il risultato delle ricerche» (Mosso, 1897). L'aspetto che colpisce è che nonostante le difficoltà e gli strumenti certamente non molto sofisticati, Mosso sia riuscito a evidenziare numerose forme di adattamento della nostra fisiologia all'ambiente montano: «le condizioni del nostro organismo quando ci troviamo sulla vetta del Monte Rosa sono dunque talmente diverse dalle normali, che diminuisce la sensibilità per l'anidride carbonica inspirata. Anche le persone che soffrono meno l'azione dell'aria rarefatta, come succede in me e nell'inserviente Magnani, che non si è mai lamentato di alcun incomodo, possono presentare a grandi altezze per l'azione dell'anidride carbonica dei fenomeni, i quali non si osservano mai nella pianura» (Mosso, 1904). Le conclusioni di Mosso, alla luce delle conoscenze attuali, contengono vari errori in quanto oggi sappiamo che non è che il sistema diventi meno sensibile in assoluto, ma è la regolazione respiratoria che cambia. Ma la direzione interpretativa era già quella giusta, mostrando una competenza molto più avanzata di quanto ci si aspetterebbe da un fisiologo di fine Ottocento.

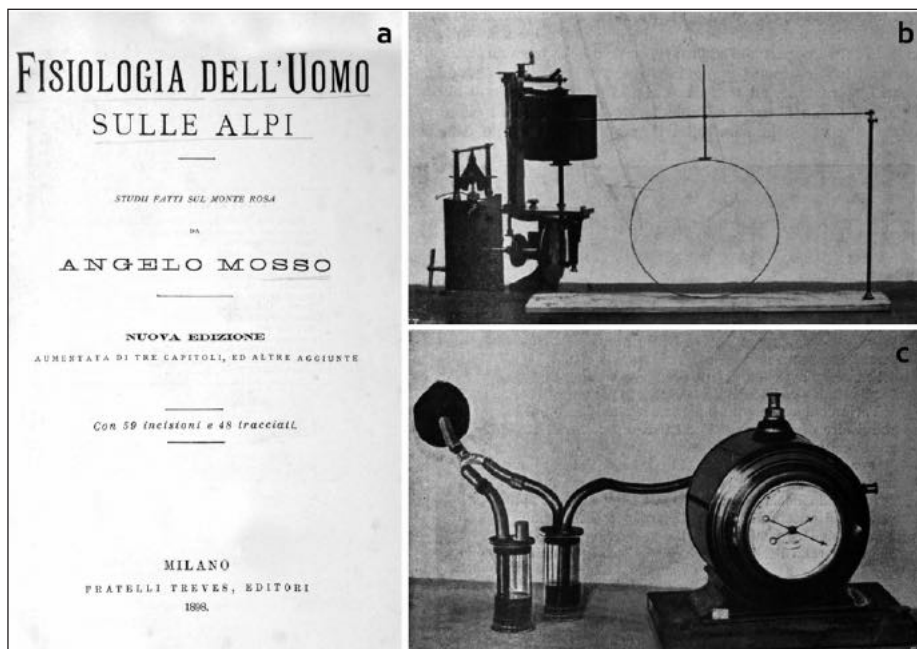


Fig. 2 – Frontespizio dell'opera *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi* (a) con riproduzione fotografia di una parte della strumentazione usata da Mosso per la registrazione grafica delle variazioni fisiologiche in ambiente d'alta quota, tra cui uno strumento per tracciare l'espansione del torace durante la respirazione (b) e un contatore per misurare la quantità di aria inspirata (c).

Un ulteriore aspetto di interesse è legato al fatto che per il fisiologo torinese la fatica cessa di essere un limite, ma assume una precisa funzione di protezione del nostro corpo che Mosso, dotato anche di non comuni abilità comunicative, assimila al fischio di una valvola di sicurezza per il nostro corpo: *«L'aver noi il respiro più frequente e i battiti del cuore più rapidi, quando facciamo un lavoro maggiore coi muscoli, permette di paragonare il nostro corpo ai motori a gas che ora si adoperano nelle industrie, i quali regolano automaticamente la forza motrice. In queste macchine quando diviene più duro il movimento che devono compiere, si sente subito che i colpi di stantuffo e le esplosioni diventano più frequenti. Tale similitudine non serve completamente, perché la nostra macchina è assai più complicata. È una perfezione grande della nostra macchina che il sangue affluisca più abbondante agli organi quando si affaticano. (...) La macchina nostra è così fatta che la fatica ci ferma solo poco prima che la bilancia stia per traboccare. Il dolore che accompagna la fatica è come una valvola di sicurezza, che si apre solo per dare il fischio di allarme e così fino a quel momento possiamo lavorare tranquilli»* (Mosso, 1897).

3. La scuola di Angelo Mosso a Modena: Mariano Luigi Patrizi e l'affermazione della fisiologia sperimentale modenese

In modo analogo a quanto fatto da Ludwig a Lipsia, Mosso diede vita a Torino a una vera e propria “scuola fisiologica”, nella quale concretizzare la propria volontà di *«trasfondere in altri, intorno a lui raccolti, attitudini, sapere, energie, ideali e metodi»* (Aducco, 1912). Il fisiologo torinese era, infatti, non solo un eccellente scienziato, ma amava spingere i propri allievi a mettersi alla prova esplorando nuovi ambiti di ricerca, per cui *«aveva le qualità che di uno studioso fanno un maestro, che danno all'attività personale quella forza espansiva per cui influisce sull'attività degli altri e le imprime coscienza, ardore e direzione. Dalla sua complessa individualità emanava come un'essenza sottilissima, che agiva, per virtù dinamogena, su quanti gli stavano al fianco»* (Aducco, 1912). Tra gli allievi più brillanti, sono indubbiamente da segnalare Luigi Luciani, Amedeo Herlitzka, Osvaldo Kiesow e Mariano Luigi Patrizi, cui si deve l'avvio della fisiologia sperimentale a Modena.

Mariano Luigi Patrizi (Fig. 3a) nacque a Recanati il 23 settembre 1866 in una famiglia di modeste condizioni economiche e nella città natale trascorse l'infanzia e la prima giovinezza. Gli studi liceali lo portarono a Camerino, dove fu ospitato presso famiglie agiate in cambio di lavori domestici e di assistenza al bestiame, secondo una pratica allora non infrequente per studenti privi di mezzi. Conclusa la formazione liceale, Patrizi si iscrisse alla Facoltà di Medicina dell'Università di Roma, dove divenne allievo di Jakob Moleschott presso l'Istituto di Fisiologia e conseguì la laurea nel 1890 (Barbieri & Taddei,

2006). Successivamente entrò all'Università di Torino nel laboratorio di Angelo Mosso, dove apprese celermente l'uso delle numerose attrezzature sperimentali ideate dal fisiologo torinese, tanto che già nel 1892 venne nominato assistente ordinario di laboratorio (Mor, 1952).

Nel 1895 Patrizi ricoprì l'insegnamento di fisiologia all'Università di Ferrara, per poi trasferirsi prima a Sassari e infine a Modena, dove nel 1898 divenne titolare della cattedra di fisiologia. A Modena l'insegnamento della fisiologia non aveva mai avuto una copertura stabile autonoma, ma era stato per anni affidato ad Arnaldo Maggiora, docente di Igiene, riflettendo una concezione ancora molto diffusa a fine Ottocento che vi fosse una stretta affinità tra queste due discipline tanto da giustificare un insegnamento congiunto (Mor, 1952, 1963). Ciò giustificava la presenza di un unico docente per entrambe le materie, in particolare nelle sedi universitarie medio-piccole, quale era Modena tra fine Ottocento e primo Novecento.

Con l'arrivo di Patrizi l'Istituto di Fisiologia, che prima aveva a disposizione due sole stanze, venne ospitato nella «*decorosa sede del Palazzo degli Istituti Biologici (in Sant'Eufemia), ove il Patrizi stabilì una larga e logica disposizione degli ambienti. L'attrezzatura, pur non essendo eccessivamente doviziosa, era però sufficientemente rispondente alle necessità della ricerca*» (Mor, 1952). L'arrivo di Patrizi diede dunque una concreta attuazione alla volontà della Facoltà medico-chirurgica di avviare anche a Modena, come già avvenuto in altre sedi universitarie, un laboratorio di fisiologia moderno e con una chiara vocazione sperimentale.

Nell'inaugurazione dell'anno accademico 1910-1911 il Rettore modenese Giuseppe Cesari riportava che «*anche quest'anno dobbiamo lamentare l'allontanamento di valentissimi e cari colleghi che sono stati attratti da più amate sedi*» (Cesari, 1911), tra i quali figurava anche Patrizi, che per il triennio 1910-1913 insegnò a Torino succedendo in "temporanea missione" a Cesare Lombroso nella cattedra di antropologia criminale. Al suo posto venne chiamato, come incaricato, Emilio Cavazzani, già ordinario di Fisiologia nella vicina Università di Ferrara, che assunse temporaneamente anche la direzione dell'Istituto di Fisiologia (Mor, 1963). Nel 1914 Patrizi fece ritorno nell'Ateneo modenese, dove rimase fino al 1924, anno in cui si trasferì a Bologna, città in cui morì il 9 settembre 1935.

Negli anni passati a Modena, i principali argomenti di studio di Patrizi riguardarono le relazioni tra il "fenomeno fisiologico e quello psichico" nell'uomo e l'analisi delle funzioni motorie e respiratorie sia nell'uomo che in modelli animali (Patrizi & Franchini, 1906).

Tra le opere più note del docente modenese vi è indubbiamente quello che venne ai tempi denominato "il guanto volumetrico di Patrizi", che nei fatti derivava dal pletismografo di Mosso di cui riprendeva il principio fisico e la logica

di registrazione, ma era concepito per misurare in modo continuo e quantitativo le variazioni della circolazione sanguigna periferica della mano. Questo strumento, in termini funzionali, serviva a trasformare fenomeni fisiologici e psichici non direttamente osservabili in tracciati grafici misurabili, secondo la tradizione inaugurata da Mosso e sviluppata nell'ambito della psicofisiologia italiana di fine Ottocento. Mentre Mosso impiegava la pletismografia come strumento conoscitivo per lo studio dei rapporti tra circolazione ed attività psichica, Patrizi ne operò una specializzazione funzionale e un'estensione applicativa, spingendola verso la psicologia e, soprattutto, l'ambito medico-legale, anche in collaborazione con figure di spicco quale l'antropologo criminale Cesare Lombroso (Fig. 3b).

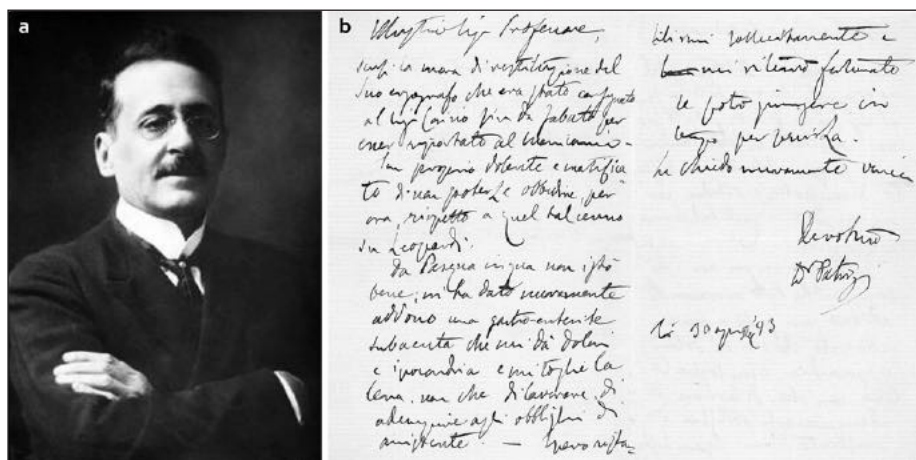


Fig. 3 – Ritratto di Mariano Luigi Patrizi (a) e lettera inviata da Patrizi a Cesare Lombroso (b), in data 30 aprile 1893, attestante la collaborazione per sperimentare l'uso di alcuni strumenti a fine forense (da lettera originale conservata presso il Museo di Antropologia Criminale "Cesare Lombroso" dell'Università di Torino).

L'apparecchio di Patrizi nei fatti rappresentò un antenato strumentale delle tecniche psicofisiologiche forensi (un sorta di antenato del poligrafo), fondato sull'idea che il corpo reagisca prima e al di là della volontà cosciente a determinati stimoli e come si evince dall'analisi che Patrizi stesso pubblico nel 1905, il "suo" guanto ebbe grande successo anche nelle prime prove di applicazione che vennero realizzate, tra gli altri, anche da Lombroso: «I fenomeni cardio-vasomotori, appunto perché rimangono inconsapevoli e involontari, e perché vengono destati dal minimo urto per una serie di motivi interni ed esterni, fisiologici e psicologici, furono prescelti come segnali fedeli e delicatissimi delle emozioni. E la pletismografia vi aveva già trovato adatta materia.

Il Patrizi ed altri, valendosi delle semplificazioni indotte da lui nella tecnica, si sono soffermati non brevemente sui cambiamenti volumetrici d'una regione vascolarizzata, in rapporto al grado della emotività dell'individuo; né sappiamo su quale altro spediente si potrebbe far migliore fidanza, per documentare un così fondamentale lineamento dalla sembianza psichica. È però certo che i movimenti dei vasi sanguigni non sono in un organismo gli unici avvisatori di una interna agitazione! A questa deve far riscontro un mutamento del respiro, un variar di diametro nella pupilla, un contraccollo sul resto della muscolatura liscia (stomaco, intestina), un effetto sulla attività secretoria, una oscillazione calorimetrica, un differente comportarsi delle correnti elettriche sulla pelle. (...) La pletismografia col quanto volumetrico ha trovato buona accoglienza anche presso gli specialisti di perizie psichiatrico-legali: ne è testimonianza la lista degli Istituti che lo richiesero al Laboratorio di Modena. Lombroso e Audenino si giovano del quanto Patrizi nella inchiesta psichica sul detenuto Tosetti, il quale era stato ingiustamente accusato dei delitti che commossero due anni or sono la cittadinanza torinese: la violentazione e l'uccisione di fanciulle. Le espressioni vascolari (sia positive che negative) delle emozioni nel Tosetti, saggiate col nostro apparecchio pletismografico, fecero dire al Lombroso che esso serve, non solo a scoprire il reo, ma a riconoscere l'innocente» (Patrizi, 1905).

La lettura di Patrizi è veramente sorprendente perché il tracciato pletismografico che lui ricostruiva era così sensibile da essere utile per definire l'identità corporea del singolo soggetto misurato. Non più solo i processi generali che Mosso studiava, ma profili individuali applicati anche a casi concreti, come la valutazione dell'onesta di alcuni criminali durante gli interrogatori. Era però chiaro a Patrizi che tanto più erano fine le variazioni che si voleva studiare tanto maggiore doveva essere il rigore dell'osservazione e la qualità della strumentazione, ovvero lo sperimentatore doveva agire «*colla propria indiscreta osservazione e colla polizia sottile dei propri strumenti*» (Patrizi, 1908).

Con Patrizi tutto diventa fisiologia: parlare, ascoltare e muoversi. Ogni atto mentale viene ricondotto a flussi, ritmi e consumi organici. Non è poco, se si pensa alla fatica che Moleschott dovette fare, pochi decenni prima, per far passare l'idea che anche il pensiero fosse materia. Con Patrizi è evidente che quella battaglia sembra ormai vinta: non resta che misurare come, e quanto, il corpo realizzi ogni "gesto" della mente.

Il lavoro svolto da Patrizi a Modena fu in piena continuità non solo con quello di Mosso, ma più in generale con l'impostazione condivisa da numerosi fisiologi italiani della fine dell'Ottocento e dei primi decenni del Novecento. A differenza delle coeve ricerche neurofisiologiche sviluppate nei laboratori inglesi e tedeschi (in particolare a Oxford e Cambridge, sotto la guida di figure come Charles Sherrington, Francis Gotch, Keith Lucas ed Edgar Adrian)

l'indagine sperimentale condotta in Italia non fu mai orientata all'analisi dei meccanismi cellulari della trasmissione nervosa né allo studio dei processi elettrici elementari su fibre isolate di animali da laboratorio. L'attenzione era piuttosto rivolta alle manifestazioni funzionali globali dell'attività nervosa nell'uomo, osservate attraverso le modificazioni della circolazione, del tono muscolare, della respirazione, della temperatura e delle risposte cutanee sotto stimolazione.

Gli strumenti ideati da Mosso e Patrizi riflettevano pienamente questa impostazione: non dispositivi per isolare il singolo segnale nervoso, ma apparati capaci di registrare variazioni integrate dell'organismo in azione, restituendo andamenti fisiologici complessi e correlazioni funzionali. Non rientrava negli obiettivi di questi studiosi la formulazione di leggi generali dell'eccitazione nervosa in termini fisico-chimici, né l'indagine dei fenomeni a livello microscopico. L'interesse era invece rivolto al corpo vivente considerato come sistema unitario, osservabile nei suoi adattamenti funzionali e nelle sue risposte complessive. Questo orientamento metodologico, distante dagli approcci elettrofisiologici allora emergenti nei laboratori stranieri, contribuì a definire in modo duraturo il profilo della fisiologia italiana, mantenendo centrale lo studio dell'uomo e dei suoi stati funzionali.

È infine interessante osservare che il lavoro di Patrizi non si limitò alle attività legate all'Università di Modena, in quanto fu anche molto attivo come membro della Società Medico-Chirurgica di Modena e socio sia della Reale Accademica di Scienze, Lettere e Arti di Modena che della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena, di cui per diversi anni fu anche componente del Consiglio di redazione degli Atti (Mor, 1963).

A dispetto della sua ampia produzione scientifica (Agazzotti, 1936), Luigi Mariano Patrizi venne ben presto in larga misura dimenticato, e la sua opera è oggi solo raramente citata nei manuali di storia della fisiologia e nei percorsi formativi contemporanei. La sua attività di ricerca fu, tuttavia, tutt'altro che marginale e meriterebbe una rilettura, anche alla luce del ruolo concreto che egli ebbe nella costruzione della fisiologia sperimentale a Modena, disciplina che da allora non cessò più di essere presente nell'ateneo modenese.

4. La morte di Mosso, ma non della sua scuola

Nel 1904, mentre si trovava al Congresso internazionale dei fisiologi tenutosi a Bruxelles, Mosso iniziò a manifestare i primi sintomi di una non ben precisata malattia neurologica, che venne allora identificata come una possibile forma di tabe dorsale, oggi riconosciuta come una degenerazione progressiva delle colonne posteriori del midollo spinale. Indipendentemente dall'eziologia, i sintomi dovevano essere abbastanza gravi, tanto che al fisiologo torinese

venne consigliato non solo di cessare la propria attività di ricerca in laboratorio, ma anche di trasferirsi verso città con un clima più mite (Foà, 1912).

Avendo da poco ricevuto la nomina a senatore, Mosso optò per trasferirsi a Roma, dove iniziò a interessarsi a nuove tematiche, tra cui l'archeologia, l'antropologia e lo studio delle antiche civiltà mediterranee. Questa trasformazione non rappresentò un vero e proprio abbandono della fisiologia, ma piuttosto un ampliamento della sua prospettiva, nella convinzione che i popoli, come gli organismi, nascano, crescano, decadano e rinascano. Da questa fase derivano i suoi viaggi a Creta e nel mondo egeo, la collaborazione con Heinrich Schliemann e Federico Halbherr e l'interesse per la preistoria, che accompagnò Mosso fino agli ultimi anni.

Il 9 novembre 1910 Angelo Mosso fu colto da una grave "crisi tabetica", che lo condusse alla morte la mattina del 24 novembre di quello stesso anno. Con la sua morte scompare una delle più insigni, complesse ed armoniche personalità della fisiologia italiana ottocentesca, egualmente e meritamente apprezzata ed ammirata in patria come all'estero.

Al suo corteo funebre intervenne una gran folla di persone, composta da professori, studenti, amici e politici. Il suo feretro venne portato a spalla da un drappello di otto studenti di medicina, che indossavano il rosso berretto goliardico. In molti vennero per porgere l'ultimo saluto "allo spirito di Angelo Mosso, che sciolto dai vincoli corporei, si librò nell'aere oltre la collina di Superga, continuando a ricercare i misteri della vita e della morte" (Foà, 1912). Tra i numerosi necrologi che vennero pubblicati, il più toccante ancora oggi resta quello scritto dall'amico e allievo Carlo Foà, che così scrisse: «*Scrivo di lui in questa sua camera di lavoro, in una notte di angoscia, che non attende più il suo risveglio. Fino a che Egli è nella stanza vicina composto tra i fiori, sul letto dove soffrì la sua lunga agonia, mi pare che ancora qualcosa di Lui resti ad animare queste cose che furono sue, e in una sintesi dolorosa di ricordi mi par di riudire le parole che Egli mi era venuto dicendo tra queste pareti, ove passava solitario le sue ore di studio, assorto fra quelle carte che ancora palpitano sullo scrittoio, come se aspettassero di essere definitivamente composte. (...) Chi ebbe la fortuna di essergli vicino negli anni migliori porta nel cuore il ricordo e l'esempio confortante di uno spirito che subì sempre completa e serena l'illusione della vita, che non si lasciò abbattere da sconforto o da malanno, che non si arrestò mai alla inutile contemplazione che infiacchisce, ma andò sempre innanzi diritto, senza soste e senza incertezze sulla via di un alto ideale: quello del lavoro nobile e disinteressato. (...) Soltanto un uomo, in cui ardesse alta la fiamma di un intelletto poderoso ed inestinguibile il fuoco d'una grande attività, poteva compiere tale somma di lavoro e dare alla scienza tanta messe di fatti e di dottrine. Si può ben dire che egli è stato un trionfatore della vita!*» (Foà, 1912).

Così terminava la vita di Angelo Mosso, un uomo dall'eccezionale vigore, il fisiologo della fatica, l'instancabile divulgatore di principi scientifici e l'uomo di scienza e di arte che «non fu, come tanti furono e sono, profondo nella sua disciplina ed ignaro ed incurante delle altre. L'indagine scientifica non gli apparve isolata ed astratta nella sua entità accademica: egli non solo la considerò connessa con la vita pratica, ma ne vide la poesia e l'importanza filosofica» (Luciani, 1910).

Bibliografia

- ADUCCO P., 1912 – *Discorso del professore Vittorio Aducco, professore di Fisiologia all'Università di Pisa, all'Accademia dei Lincei nella seduta del 2 aprile 1911*. In: AA.VV. "Angelo Mosso: la sua vita e le sue opere", pp. 35-72, F.lli Treves, Milano.
- AGAZZOTTI A., 1936 – *Commemorazione di L.M. Patrizi*. Atti e Memorie R. Accademia di Scienze, Lettere e Arti di Modena, V, pp. 97-102.
- BARBIERI F., TADDEI F., 2006 – *L'Accademia Nazionale di Scienze, Lettere e Arti di Modena. Dalle origini (1683) al 2005*. Tomo I, "La storia e i soci", Mucchi Editore, Modena.
- CESARI G., 1911 – *Discorso per la solenne inaugurazione degli studi avvenuta il 5 novembre 1910*. Annuario R. Università di Modena, Tipografia Soliani, Modena, pp. 6-23.
- DI GIULIO C., DANIELE F., TIPTON C.M., 2006 – *Angelo Mosso and muscular fatigue: 116 years after the first Congress of Physiologists*. Adv. Physiol. Educ., **30**, pp. 51-57.
- ENOKA R.M., DUCHATEAU J., 2016 – *Translating fatigue to human performance*. Med. Sci. Sports Exerc., **48**(11), pp. 2228-2238.
- FAUSONE M., GALLONI M., 2018 – *Angelo Mosso: transduction and measurement of physiological signals*. Acta IMEKO, **7**, pp. 110-113.
- FOÀ P., 1911 – *Angelo Mosso: commemorazione letta alle classi unite della R. Accademia delle Scienze di Torino nella seduta del 14 maggio 1911*. Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino, **46**, pp. 717-725.
- FOÀ P., 1912 – *La notte di vigilia. Impressioni di un amico e discepolo*. In: AA.VV., "Angelo Mosso: la sua vita e le sue opere", pp. 3-13, F.lli Treves, Milano.
- GALLONI M., 2014 – *Gli strumenti di Angelo Mosso*. Rivista di Storia dell'Università di Torino, **III**, pp. 85-91.
- LUCIANI L., 1910 – *Per Angelo Mosso. Parole pronunciate nella tornata del Senato del 5 dicembre 1910*. Tipografia Forzani, Roma.
- MOR C.G., 1952 – *Storia della Università di Modena*. Società Tipografica Modenese, Modena.
- MOR C.G., 1963 – *Storia della Università di Modena*. 2a edizione aggiornata, Società Tipografica Modenese, Modena.
- Mosso A., 1875 – *Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell'uomo*. Atti R. Accademia delle Scienze di Torino, **IX**, pp. 21-81.
- Mosso A., 1877 – *Sulle variazioni locali del polso nell'antibraccio dell'uomo*. Atti R. Accademia delle Scienze di Torino, **XIII**, pp. 34-78.
- Mosso A., 1880 – *Sulla circolazione del sangue nel cervello dell'uomo*. Atti R. Accademia dei Lincei, Memorie della Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, **III**, pp. 237-358.
- Mosso A., 1884 – *Applicazione della bilancia allo studio della circolazione sanguigna dell'uomo*. Atti R. Accademia dei Lincei, Memorie della Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, **XIX**, pp. 534-535.
- Mosso, A., 1888 – *Le leggi della fatica studiate nei muscoli dell'uomo*. Atti R. Accademia dei Lincei, Memorie della Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, **V**, pp. 410-426.
- Mosso, A., 1891 – *La Fatica*. F.lli Treves, Milano.
- Mosso, A., 1894 – *L'Institut physiologique de l'Université de Turin*. Publication faite à l'occasion du XI Congrès international de médecine, Rome 1894, Vincent Bona, imprimeur de S. M. le Roi d'Italie, Torino.

- MOSSO A., 1895 – *Sphygmomanomètre pour mesurer la pression du sang chez l'homme*. Archives Italiennes de Biologie, **XXIII**, pp. 177-197.
- MOSSO, A., 1897 – *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi: studi fatti sul Monte Rosa*. F.lli Treves, Milano.
- MOSSO A., 1904 – *Come sulle montagne diminuisca la sensibilità per l'anidride carbonica inspirata*. R. Accademia dei Lincei, Roma.
- PATRIZI M.L., 1905 – *L'impiego del guanto volumetrico Patrizi nella fisiologia, nella psicologia normale e patologica e nell'esame medico-legale*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, serie IV, **VI**, pp. 1-33.
- PATRIZI M.L., 1908 – *La circolazione cerebrale e periferica durante il discorso*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, serie IV, **X**, pp. 83-98.
- PATRIZI M.L., FRANCHINI G., 1906 – *Di alcune particolarità sull'arresto del respiro per stimolazione centripeta del vago. Stanchezza e ristoro del riflesso inibitore respiratorio*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, serie IV, **VIII**, pp. 17-23.
- SANDRONE S., BACIGALUPPI M., GALLONI M.R., CAPPA S.F., MORO A., CATANI M., FILIPPI M., MONTI M.M., PERANI D., MARTINO G., 2014 – *Weighing brain activity with the balance: Angelo Mosso's original manuscripts come to light*. Brain, **137**, pp. 621-633.



Romano Guerra*

Luigi Ferdinando Marsili e il suo viaggio alle salse del Modenese e al Monte Cimone

Riassunto

Il bolognese Luigi Ferdinando Marsili (1658-1730), naturalista, ufficiale e benefattore, fu uomo dedito all'attenta osservazione della natura e infaticabile viaggiatore. Tramite le sue numerose considerazioni e scritti contribuì al progresso delle scienze naturali e della geografia. Nel suo ruolo di ufficiale superiore al servizio dell'Impero asburgico aveva combattuto contro i Turchi nei Balcani e in seguito aveva compiuto importanti viaggi in Europa allo scopo di raccogliere reperti per i suoi studi e le sue collezioni. Famosa rimane l'escursione da lui intrapresa insieme all'amico Domenico Galeazzi ai vulcani di fango del Modenese e alla vetta del Cimone, documentata in un interessante diario di viaggio. Infine non va dimenticata l'attività di mecenate e benefattore di Marsili, con i suoi numerosi lasciti all'Accademia delle Scienze e Arti di Bologna e alla Biblioteca Universitaria della sua città, che ancora oggi testimoniano la sua vivace curiosità di naturalista e geografo.

Abstract

Luigi Ferdinando Marsili and his journey to the Modena mud volcanoes and Mt. Cimone. Luigi Ferdinando Marsili (1658-1730) was a naturalist, army officer and benefactor from Bologna (Italy), keen on observing natural phenomena and with a lifelong passion for travelling. His numerous works have contributed to the evolution and progress of natural sciences and geography. He served as commanding officer for the Hapsburg Empire, fighting many battles against the Turks in the Balkans and later on went on many journeys across Europe in order to widen the scope of his field research and to enrich his collections. One of his most famous and well-documented enterprises was the field trip together with scholar and close friend Domenico Galeazzi to the mud volcanoes and to Mt. Cimone, the highest peak of the Northern Apennines (2165 m a.s.l.), located in what was back then the Duchy of Modena. His surveys are recorded in an important travel log kept at the University Library of Bologna. In conclusion, Marsili's several endeavours as patron of science and research should not be overlooked or forgotten, along with his rich legacy to the Academy of Sciences and Arts of Bologna, accounting for the life of a highly curious and proactive naturalist and geographer.

* Paleontologo e bibliofilo, Via P. Tibaldi 20, 40129 BOLOGNA; e-mail: info@romanoguerra.it; Internet: www.romanoguerra.it.

Parole chiave: *Luigi Ferdinando Marsili, Vulcani di fango, Montegibbio, Barigazzo, M. Cimone*

Keywords: *Luigi Ferdinando Marsili, Mud Volcanoes, Montegibbio, Barigazzo, Mt. Cimone, Italy*

1. Prefazione

Dopo ben tre secoli dalla vita del naturalista e geografo conte Luigi Ferdinando Marsili (Fig. 1), ripercorrere uno di quegli itinerari frequentati da questo nobile nel Modenese, a quei tempi e con quei mezzi, non risulta impresa facile. Ciò che costui fece tanti anni fa in una ventina di giorni, visitando i vulcani di fango del Modenese e salendo sul Cimone, oggi è possibile realizzarlo in una bella giornata di primavera con un automezzo, anche se il risultato sarebbe molto diverso: mentre la velocità dei cavalli era tale da consentire un'osservazione dettagliata delle zone attraversate, quello di oggi non permetterebbe che una visione molto frettolosa di alcuni particolari, in modo che si avrebbe un riscontro molto modesto e parziale dei tanti luoghi e scenari visti e riportati da Marsili.

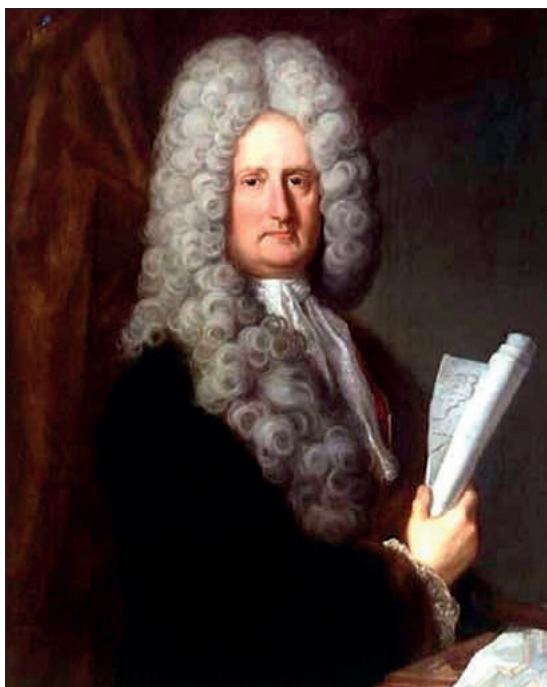


Fig. 1 – Ritratto di L.F. Marsili (autore ignoto del XVIII secolo).

Marsili fu uomo di molti interessi fra i quali quello di viaggiare e di osservare e descrivere la natura nelle sue infinite manifestazioni. Fu uno di quei personaggi sempre impegnati in attività che gli permisero di estrarre dalle sue osservazioni numerose considerazioni con le quali contribuì al progresso delle scienze naturali e della geografia, grazie al suo grande spessore culturale, che forse la sua città natale non ha mai riconosciuto e valorizzato adeguatamente.

2. Note biografiche

Luigi Ferdinando Marsili nacque a Bologna il 10 luglio 1658 nel palazzo di famiglia (Fig. 2) in cui visse per i periodi bolognesi della sua esistenza, anche se tanti anni della sua vita li spese in giro per l'Europa acquisendo notevoli conoscenze che poté far valere in molti momenti della sua vivace attività di scienziato. Non fece studi regolari, ma si procurò ugualmente una vasta cultura frequentando le università di Bologna e di Padova, studiando matematica, anatomia e scienze naturali con maestri insigni, come Geminiano Montanari e Marcello Malpighi. Nel 1671 si recò a Napoli dove visitò i Campi Flegrei e salì sul Vesuvio. Tra il 1674 e il 1679, Marsili fu impegnato in viaggi che lo condussero nelle più importanti città italiane, dove entrò in contatto con famosi uomini di scienza, frequentando gli ambienti intellettuali più prestigiosi. Nel luglio del 1679 si recò a Costantinopoli al seguito dell'ambasciatore della Serenissima Pietro Civran, dove poté coltivare i propri interessi scientifici. La curiosità per la terra straniera indusse Marsili a permanere in territorio ottomano, il che contribuì alla sua maturazione intellettuale. Furono gli anni in cui si dedicò allo studio della morfologia delle coste del Bosforo (Marsili, 1681). In seguito, quando fu generale dell'esercito imperiale asburgico nei Balcani, era forse uno dei personaggi più preparati del suo tempo avendo una conoscenza geografica unica, acquisita in diversi anni di frequentazione di quei territori orientali che erano sconsigliati alla maggior parte dei viaggiatori essendo frequentemente in stato di guerra (Gherardi, 1986). Ma questi suoi soggiorni gli fornirono opportunità uniche in quella turbolenta penisola. La sua esperienza e intelligenza diedero una notevole spinta alla sua carriera di ufficiale e gli permisero di giungere a un grado militare molto elevato per un comandante italiano operante in ambito asburgico.

Marsili aveva contribuito come ingegnere militare alla difesa di Vienna assediata dai Turchi e infine liberata nel settembre del 1683. Tuttavia, durante la ritirata turca, egli fu ferito e fatto prigioniero da una banda di tartari e rimase schiavo degli ottomani per quasi due anni, fintanto che la sua famiglia non sborsò un'ingente somma per il suo riscatto. I cupi anni di prigionia furono poi da lui dettagliatamente descritti nelle sofferte pagine del *Ragguaglio della schiavitù* (Marsili, 1728). Ritornato al suo rango di ufficiale, durante la riconquista di Buda nel 1686, mentre era in corso il saccheggio della città egli

si affrettò a recuperare molti importanti documenti e materiali che altrimenti sarebbero stati distrutti nell'incendio che ne seguì. I reperti colà raccolti, insieme a molti altri, furono da lui in seguito donati all'Istituto delle Scienze e delle Arti di Bologna che egli stesso aveva fondato per svecchiare l'Università di Bologna, che si era col tempo sclerotizzata e che in quel momento pareva non essere più all'altezza degli antichi splendori. Libri, strumenti vari, minerali, fossili, cartografia geografica e molte altre cose egli donò sia per la formazione di una cospicua istituzione sia per la fondazione del "Museo diluviano" bolognese, che istituì in collaborazione col botanico Giuseppe Monti (1682-1760) seguendo le teorie dell'inglese John Woodward (1665-1728), che volevano i fossili presenti nei monti testimoni del diluvio universale. Questo museo doveva fungere da istituzione per la conservazione di reperti geologici e paleontologici italiani e stranieri, come aveva fatto lo svizzero Johann Jacob Scheuchzer (1672-1733) a Zurigo. Molti materiali sono ancor oggi esposti sia nel Museo di Palazzo Poggi che presso il recente *antiquarium* del Museo geologico Giovanni Capellini, ambedue appartenenti al Sistema Museale dell'Ateneo bolognese e a poche decine di metri di distanza l'uno dall'altro.



Fig. 2 – Palazzo Marsili a Bologna, con il suo singolare balcone coperto del 1685.

In seguito, durante la guerra di successione spagnola, gli venne affidata la difesa della città fortificata tedesca di Breisach che, sottoposta ad un lungo assedio da parte dei Francesi, nel 1703 si arrese per ordine dello stesso Marsili, il quale si giustificò affermando che aveva inteso risparmiare da morte certa i suoi soldati impossibilitati a prolungarne la difesa. La capitolazione di questa roccaforte segnò la fine traumatica della sua carriera militare in quanto fu degradato ed espulso dall'esercito asburgico, vedendosi così costretto ad un ritorno forzato nella sua città natale. Questo evento non fermò il suo desiderio di operare come aveva fatto precedentemente sia come naturalista sia come mecenate. Inoltre papa Clemente IX lo ingaggiò per la gestione della difesa costiera contro i pirati musulmani che allora terrorizzavano il Mediterraneo e per riorganizzare l'esercito pontificio.

3. Marsili naturalista e geografo

Marsili compì altri interessanti viaggi per aumentare le sue conoscenze geografiche e naturalistiche. Le sue frequentazioni nella Francia meridionale gli permisero di redigere una *Histoire physique de la mer* che gli valse il titolo di fondatore della oceanografia¹ (Marsili, 1725a). L'opera è corredata di 40 tavole di grandi dimensioni rappresentanti alghe, coralli ed altre specie marine (Fig. 3) e 12 carte ripiegate con i profili della costa e del fondale, oltre ai dati di salinità e temperatura del mare. Anche in questo caso Marsili partì da un periodo di osservazioni e studi sperimentali, effettuati durante la sua permanenza in Provenza. Inoltre, durante un soggiorno a Maderno, sul Lago di Garda, fece una serie di osservazioni sistematiche sul lago, componendole nell'opera *Osservazioni fisiche intorno al Lago di Garda detto anticamente Benaco* che è considerata il primo lavoro prettamente scientifico di limnologia e idrobiologia (Marsili, 1725b).

L'anno seguente redasse un'altra sua importante opera dal titolo *Danubius Pannonico-Mysicus* (Fig. 4), contenente moltissime informazioni sulla geografia, la geologia, l'etnologia e l'idrologia delle regioni balcano-danubiane (Marsili, 1726).

Numerosi ritrovamenti e materiali vari furono i "cimeli" più importanti che Marsili raccolse nei viaggi di quegli anni e che annotò minuziosamente nei suoi appunti. Ne fanno testimonianza i tanti oggetti e reperti che egli portò nella sua città natale, fra i quali una mandibola fossile di elefante (Fig. 5) rinvenuta nella penisola balcanica.

¹ Per questa sua opera gli è stato dedicato il vulcano sottomarino Marsili, il gigante del Mar Tirreno, il più grande vulcano sommerso d'Europa, che si eleva per circa 3000 m dal fondo marino, raggiungendo con la sommità la quota di circa 450 m al di sotto della superficie del mare.

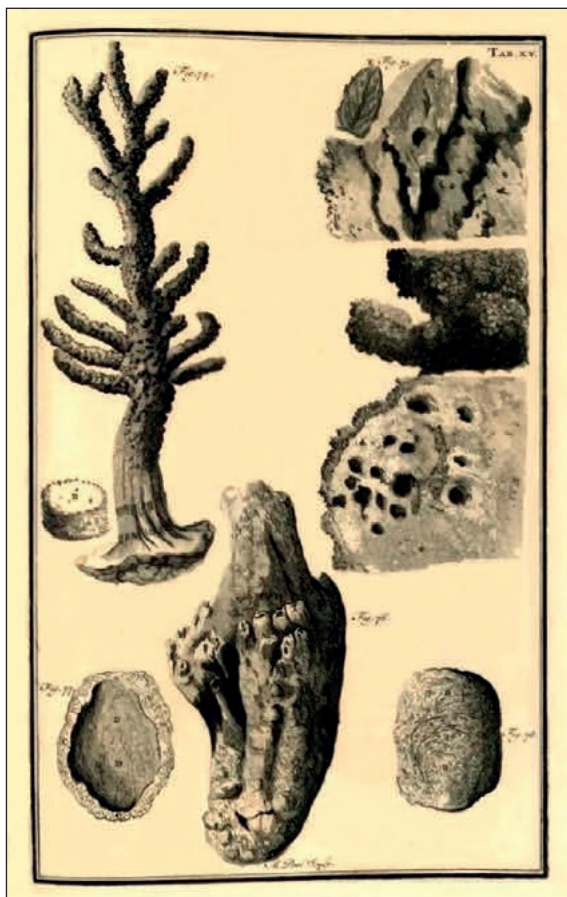


Fig. 3 – Coralli e poriferi; tavola tratta dall'opera "Histoire physique de la mer" (1725).

I lasciti che fece alla "sua" accademia e oggi conservati nell'attuale museo di Palazzo Poggi rendono testimonianza del grande patrimonio da lui devoluto a questa istituzione. Va inoltre ricordato il fondo composto da documenti del suo archivio e la cospicua raccolta di volumi conservata nella Biblioteca Universitaria della città felsinea. Tutto il materiale raccolto e il bagaglio culturale acquisito furono poi impiegati per la stesura delle sue opere principali.

Molto fu pubblicato per il bicentenario della sua morte nel 1930 (Comitato Marsiliano, 1930; Lovarini, 1930), ma molto ancora resta da divulgare per offrire al pubblico un'adeguata documentazione dell'intera sua opera.

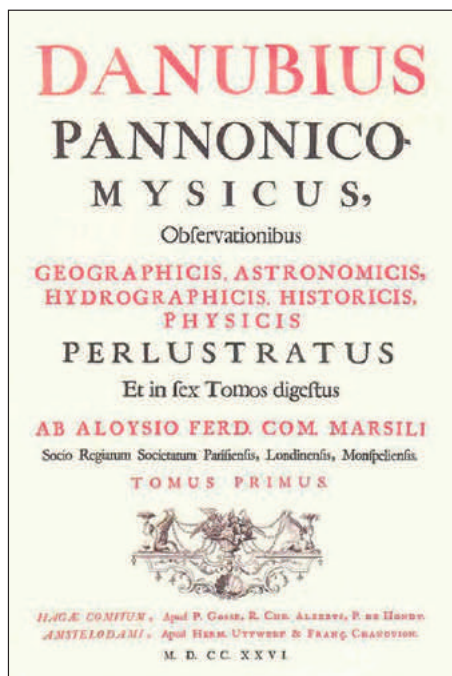


Fig. 4 – Frontespizio della prima edizione de “Danubius Pannonico-Mysicus” (1726).

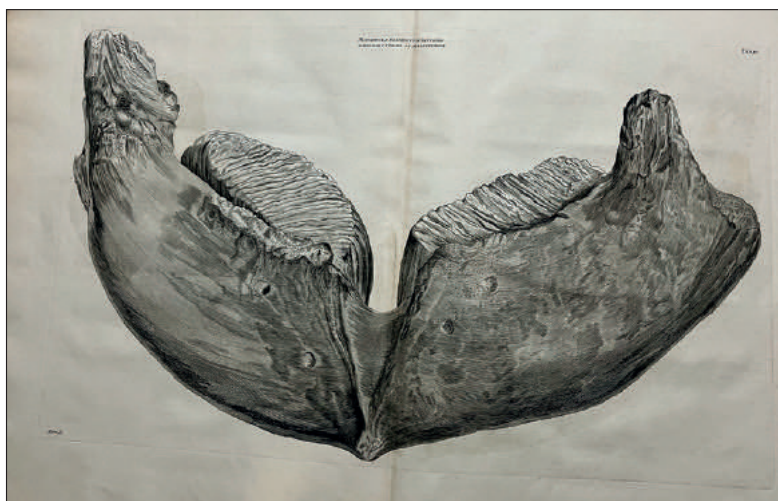


Fig. 5 – Tavola della mandibola fossile di elefante rinvenuta da L.F. Marsili nei Balcani (collezione R. Guerra, Bologna).

4. Viaggio ai vulcani di fango del Modenese e al Monte Cimone

Il suo desiderio di viaggiare ed osservare lo portarono nella tarda primavera del 1719 ad organizzare un viaggio nel vicino territorio modenese fino alla vetta del Monte Cimone (2165 m s.l.m.) alla scoperta delle sue peculiarità naturalistiche. La relazione di questo viaggio è riportata in un manoscritto dello stesso Marsili conservato nella Biblioteca Universitaria di Bologna, accompagnato da numerosi schizzi dell'autore, che porta il titolo *Note geografiche sopra l'Alpi di S. Pellegrino: figure, aspetti diversi, e misure del Cimone* (Marsili, 1719; Frati, 1928; Longhena, 1929).

Marsili, accompagnato dall'amico medico anatomico bolognese Domenico Galeazzi (1686-1775), iniziò le sue escursioni in quel territorio per visitare una porzione dell'Appennino che, pur non essendo lontana dalla sua città natale, ancora non conosceva. Le curiosità che lo spingevano a raggiungere la sommità del Cimone, che nelle belle giornate è visibile anche da Bologna, erano innanzitutto geografiche, come era suo solito, ma anche naturalistiche.

Dopo aver attraversato quel lembo del Bolognese che comprende le colline occidentali della provincia, i due viaggiatori pervennero a Vignola e poi a Sassuolo, per proseguire fino a Montegibbio dove trovarono ospitalità ed informazioni sui vulcani di fango vicini, sui fossili e sulle sorgenti di petrolio. Saltuariamente, Galeazzi effettuava rilevazioni barometriche onde annotare l'altitudine delle località visitate.

La salsa di Montegibbio, come risulta dalla descrizione dello stesso Marsili, consisteva in un conetto lutivomo che sorgeva in una landa brulla, dalla quale sgorgavano acqua e fango liquido che, gorgogliando e sbordando dal ciglio del cono, si riversavano nel fianco della collina lasciando strisce nerastre lungo il pendio (Marsili, 1719; Calegari & Canestrini, 1867).

Un'altra salsa era attiva a circa 2 km di distanza nel bacino del torrente Acquerella. Questa visione fece tornare in mente al nostro una sua visita a Bergullo nell'Imolese, dove aveva osservato le stesse venute di fango e gas, chiamate localmente "bollitori" (Zambrini, 2011). Marsili si soffermò sulle sorgenti del cosiddetto "olio di sasso", ritenendo che scaturissero tutte da siti posti approssimativamente alla stessa altitudine e ciò anche per esperienza acquisita tempo prima, durante una sua visita alle miniere di zolfo della Romagna (Lipparini, 1930). L'interesse per il petrolio proveniva dalla fama che questo idrocarburo, recuperato dalle sorgenti modenesi e impiegato con successo in farmacia (Bertacchini, 2014), poteva forse essere presente anche nelle colline bolognesi, togliendo così lo Stato Pontificio dalla sudditanza del prodotto modenese per costituire anche una nuova fonte di reddito. In quel frangente raggiunse uno dei pozzi sito nei pressi di Monfestino nel quale osservò la vasca dove veniva recuperato il petrolio. Nei paraggi c'erano altri pozzi ed alcuni fuochi che bruciavano costantemente.

Nell'antichità Plinio il Vecchio aveva descritto un insolito avvenimento accaduto nel Modenese e che numerosi commentatori hanno attribuito proprio alla zona di Montegibbio: il naturalista romano riportava infatti che da un tratto della via Emilia in prossimità di Modena si udivano forti boati e si vedevano notevoli vampate di fuoco alzarsi dalle colline (Plinio, 77-78 d.C.). Si è portati a pensare che forse si trattava di una ingente fuoriuscita di gas da quella salsa, fenomeno che però non è mai stato confermato da nessun rilievo geologico.

Di Montegibbio, del suo petrolio e delle salse ne aveva già accennato il medico carpigiano Bernardino Ramazzini (1633-1714) alla fine del XVII secolo e di questi argomenti ebbe a riferire anche un caro amico di Marsili, il medico e biologo Antonio Vallisneri (1661-1730), come riportato in un numero del giornale *Galleria di Minerva* pubblicato in Venezia nel 1708, nel quale lo stesso Vallisneri scriveva al matematico e astronomo Bernardino Zendrini (1679-1747) una relazione su Montegibbio in cui descriveva la salsa vicina con presenza di petrolio, riportando anche il famoso episodio narrato da Plinio.

Proseguendo nel viaggio i due raggiunsero Barigazzo, una piccola località dell'Appennino modenese, che Marsili aveva potuto conoscere da un'opera di un naturalista palermitano, Paolo Boccone (1633-1704), di cui possedeva il libro intitolato *Osservazioni naturali*. In quest'opera Boccone, forse il primo a segnalare località e fenomeno, descriveva la sua visita e le sue congetture per spiegare la possibile dinamica della fuoriuscita di gas infiammabile dal sottosuolo. Dopo la dedica ad un nobile bolognese, come d'uso all'epoca, così iniziava la descrizione del sito: «*Nella provincia di Monte Fiorino, in un Monte detto Barigazzo, dal nome di un piccolo Villaggio situato presso alla cima del medesimo Monte, gl'Habitanti, e i Paesani ab immemorabili hanno osservato di notte alcune fiamme, come fiaccole accese, quasi anche nell'età presente si veggono continuamente dopo il tramontar del sole fino all'aurora*» (Boccone, 1684).

Secondo la sua descrizione, questi fuochi si attivavano maggiormente verso mezzogiorno e il gas fuoriusciva da quattro fori non più grandi della bocca di un archibugio emettendo a volte suoni simili al tuono. I villici ne approfittavano per cucinarvi le loro vivande: «*Dall'altra parte del Monte, e dirimpetto alla Terra di Frassinoro a mano sinistra del fiume o torrente Dragone, trovasi un altro villaggio chiamato Vetta, vicino al quale parimenti di notte si vede sempre una fiamma, e questa alle volte cresce all'altezza d'un huomo, perciocché in tempi umidi s'aumenta anch'ella, sì come aumentansi i fuochi e le fiamme di Barigazzo*» (Boccone, 1684).

Di notte i fuochi erano visibili anche dall'osteria di Frassinoro: era l'anno 1682. I montanari affermavano che erano stati osservati a partire dal 1667. Per comprendere l'origine di questo fenomeno Boccone immaginava che la terra avesse pori e caverne che contenevano questo gas di cui nulla si conosceva;

forse il calore del sole, misteriosamente, riusciva a penetrare nel terreno e a generare questa *aria*. Egli esponeva poi alcune sue ipotesi sulla formazione del combustibile gassoso che alimenta i fuochi (Boccone, 1684).

Questo naturalista siciliano viaggiava alla ricerca di fossili e di insoliti fenomeni naturali; egli si era incuriosito su Barigazzo perché conosceva le nostre salse, presenti in modo significativo anche in Sicilia col nome di maccalube, e intendeva approfondire lo studio del fenomeno. Boccone fu inoltre il primo a segnalare la località da cui provenivano i famosi pesci fossili di Bolca nel Veronese e se Marsili qualche anno dopo poté visitare questo straordinario giacimento di ittioliti, fu grazie alla segnalazione dell'erudito siciliano.

Nel XIX secolo vi fu anche chi ebbe a poetare sui fuochi di Barigazzo ed altre simili manifestazioni ardenti come un altro siciliano, Giuseppe De Spuches (1819-1884), che scrisse:

«*Fiammeggia Barigazzo e Boccasuola;
Di Scaglia il rio fatidico s'annerà,
E fango rutta Casola e Querzola*» (De Spuches, 1855).

I fuochi di Barigazzo furono poi descritti più esaurientemente da Antonio Stoppani (1824-1891) nel suo famoso libro *Il Bel Paese* in questi termini: «*Vi giunsi verso la fine del settembre 1864 sul fare della sera, e seguendo le indicazioni che avevo raccolte lungo la via, prima di entrare nel villaggio piegai a destra, verso la china del monte, cercando, su per un angusto sentiero, la casa dell'inferno. Quando aspettavo di vedermi venire incontro i diavoli protettori del luogo, non iscorsi che una misera stamberga deserta e pacifica. Ma alle nari sentii ventarmi un certo odore di arsiccio, entro il quale parvemi distinguere l'odore del petrolio. Alla svolta di quella casa eccomi d'un tratto l'inferno spalancato sotto gli occhi. Da una rupe ignuda, rossiccia e fessa in più luoghi, erompe stridendo una fiamma che da secoli e secoli chiama a sé l'attonito sguardo di chi viaggia in grembo al selvaggio Appennino*» (Stoppani, 1876).

Marsili e Galeazzi proseguirono il loro itinerario lungo il torrente Dragone per boschi, laghetti, casolari di montagna ed altri luoghi ameni per giungere al santuario di San Pellegrino in Alpe, menzionato per la prima volta in un documento del 1110 sebbene la sua origine sia probabilmente precedente, meta di pellegrinaggi da tutta l'Emilia e la Toscana, da cui si gode un panorama superbo delle Alpi Apuane. Oltre al santuario era presente una foresteria per i pellegrini ed un ospedale per gli infermi, posto lungo l'antica strada romana, nota come "Via Bibulca", che portava dalla Lombardia a Roma passando per la Toscana. Qui i viaggiatori trovavano ristoro per il corpo e per lo spirito (Longhena, 1929).

Avvicinandosi ulteriormente al Cimone, i due attraversarono boschi di faggi che arrivavano fino alle falde del monte dove era presente una ricca flora erbacea e numerose sorgenti di acqua cristallina.

Come si può notare a Marsili non sfuggivano le bellezze ambientali di ogni

genere ed era sempre propenso ad acquisire nuovi dati per incrementare le sue conoscenze in ogni ambito delle scienze naturali.

Marsili e Galeazzi continuarono il loro itinerario alle sorgenti del fiume Panaro, per poi seguire un tratto della strada ducale che da Modena conduceva a Pistoia, dove effettuarono altre misurazioni barometriche e osservazioni botaniche.

I versanti del Cimone erano ricchi di greggi che alpeggiavano, ma anche di cavalli che là trovavano un ambiente quanto mai idoneo. Osservava Marsili che alcune spianate erano ricoperte di blocchi di roccia arenaria sotto i quali prosperavano numerose specie di invertebrati. La coppia di escursionisti giunse finalmente sulla cima del Cimone, orgoglio alpestre del Ducato di Modena, dove Marsili auspicava che sarebbe stato produttivo uno studio sull'interessante flora montana endemica prima che qui giungessero le greggi per l'alpeggio estivo. Spaziando su quello straordinario panorama, Marsili riuscì a distinguere il colle di Gabicce, fra Romagna e Marche, e i monti del Genovese; la vista era ancora più maestosa dell'aspettativa, dato che la vetta del monte sbucava oltre le foschie estive (Marsili, 1719). Il luogo era quanto mai idoneo per una sosta prolungata per ritemperarsi dal caldo afoso della pianura.

Ricominciarono infine a scendere per giungere a Fanano, da dove i due proseguirono l'itinerario seguendo il fiume Scoltenna, passando per il castello di Montecuccolo per poi fare tappa alle terme di Brandola, antico borgo medievale nella valle del torrente Rossenna. Continuarono poi il viaggio di ritorno lungo il corso del Panaro per giungere a Vignola e da lì rientrarono a Bologna (Longhena, 1929).

Testimonianze di questa escursione sono riscontrabili in alcuni reperti che Marsili recuperò durante il viaggio, non molti invero, anche perché questa parte dell'Appennino è povera di minerali e fossili di un certo pregio. Di tutto il viaggio Marsili redasse una relazione accompagnata dalla planimetria dell'itinerario (Fig. 6) con la maestria e l'esperienza che lo caratterizzavano.

5. Marsili mecenate

La scarsità di materiale che Marsili riportò dal viaggio al Cimone contrasta con l'abbondanza riportata dai viaggi e dalla permanenza in altre parti d'Europa. Tralasciando documenti e altri materiali umani, l'interesse si concentrò molto spesso in reperti botanici e zoologici raccolti nei Balcani, in Germania e in Francia dove, grazie agli studi da lui effettuati in Provenza, ebbe modo di acquisire non solo reperti ma anche cognizioni che gli permisero poi di scrivere il suo importante trattato di oceanografia (Marsili, 1725b).

I suoi meriti scientifici furono riconosciuti anche all'estero, tanto che fu eletto membro della Société Royale de Montpellier, dell'Académie française e della Royal Society di Londra, alla quale venne presentato da Isaac Newton.



Fig. 6 – Planimetria dell’itinerario di L.F. Marsili nell’Appennino modenese; il nord è in basso (per gentile concessione della Biblioteca Universitaria di Bologna).

Privo di affetti famigliari e contrariato dal comportamento interessato che gli serbavano i parenti in linea di successione, che si sentivano depauperati dell’attesa eredità, Marsili continuò a donare all’Accademia quanto riteneva idoneo ad ingrandire questa istituzione e a fornire al Museo diluviano, di cui condivideva lo spirito, quanto più possibile. Libri ed altro materiale accompagnarono quest’opera di ampliamento museale che aveva perseguito per tutta la vita. Fra questi reperti è presente anche un piccolo pesce fossile di Bolca, località da lui visitata attorno al 1725. Altri reperti e volumi andarono ai Domenicani che avevano la loro chiesa e il monastero fondato dallo stesso san Domenico a pochi passi dal suo palazzo e che gli furono vicini negli ultimi tempi di vita. Tutto ciò gli valse un importante cenotafio nella basilica patriarcale di questo ordine (Fig. 7). Marsili morì il 1° novembre 1730 e volle essere seppellito col saio di un povero monaco; aveva speso le sue ricchezze nella diffusione della scienza e della cultura naturalistica.



Fig. 7 – Riproduzione del cenotafio di L.F. Marsili nella basilica di san Domenico in Bologna (collezione R. Guerra, Bologna).

6. Conclusioni

L'interessante manoscritto giacente presso la Biblioteca Universitaria di Bologna, ospitata nel cinquecentesco Palazzo Poggi, testimonia con quale curiosità Marsili vagò per gran parte della sua vita cercando di carpire alla natura quanti più segreti possibili. Si può dire che l'obiettivo fu centrato e l'escursione alle salse del Modenese e al Cimone fu senz'altro un episodio importante della sua lunga carriera di naturalista e mecenate.

Egli seppe “investire” ricchezze ed attenzioni in qualcosa di valido e duraturo a differenza di tanti altri ricchi nobili del suo tempo che dilapidarono capitali ben maggiori per loro avidità o totale indifferenza verso i valori della cultura e della scienza.

Marsili, come altri uomini d'ingegno, ha avuto meriti tutt'oggi solo parzialmente riconosciuti, ma il prossimo terzo centenario della morte – che cadrà nel

2030 – riaccende la speranza che questo uomo di scienza e benefattore possa essere commemorato con celebrazioni adeguate a quelli che furono i suoi indubbi meriti. Una statua, oltre ad essere ornamento cittadino, sarebbe il giusto riconoscimento per quanto da lui fatto. Tuttavia, se tutto dovesse naufragare nell'indifferenza della cittadinanza bolognese o in altri interessi prioritari degli amministratori locali, si potrebbe almeno re-intitolare propriamente l'anonima "Via Marsili" in "Via Luigi Ferdinando Marsili", sperando che il Comune della sua città natale possa trovare gli adeguati finanziamenti.

Ringraziamenti

L'Autore ringrazia le seguenti persone e istituzioni per la loro collaborazione e utili informazioni: Luca Pastore, Mirco Travaglini, Giovanni Tosatti, Biblioteca dell'Archiginnasio di Bologna, Biblioteca di San Giorgio in Pogegiale di Bologna, Biblioteca Universitaria di Bologna, I Server Wikipedia e Google per i numerosi contributi in rete.

Bibliografia

- BERTACCHINI M., 2014 – *Quando il petrolio era un "Olio di Sasso" miracoloso*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, **145**, pp. 353-375, Modena.
- BOCCONE P., 1684 – *Osservazioni naturali ove si contengono materie medico-fisiche, e di botanica, produzioni naturali, fosfori diversi, fuochi sotterranee d'Italia, e altre curiosità*. Manoleschi, 400 pp., Bologna.
- CALEGARI M., CANESTRINI G., 1867 – *Storia della Salsa di sopra presso Sassuolo, della sorgente della Salvarola e dei pozzi oleiferi di Montegibio*. Annuario Soc. Nat. in Modena, **II**, pp. 47-78, Modena.
- COMITATO MARSILIANO (a cura di), 1930 – *Memorie intorno a Luigi Ferdinando Marsili: pubblicate nel secondo centenario della morte / per cura del Comitato Marsiliano*. Zanichelli, Bologna.
- DE SPUCHES G., 1855 – *Poesie*. Pagano & Piola, 412 pp., Palermo.
- FRATI L., 1928 – *Catalogo dei manoscritti di Luigi Ferdinando Marsili, conservati nella Biblioteca universitaria di Bologna*. Tip. Giuntina, Olschki, Firenze.
- GHERARDI R. (a cura di), 1986 – *Relazioni dei confini della Croazia e della Transilvania a Sua Maestà Cesa-rea di Luigi Ferdinando Marsili*. Tip. Mucchi, Modena.
- LIPPARINI T. (a cura di), 1930 – *Storia naturale dei gessi e solfi delle miniere di Romagna, di Luigi Ferdinan-do Marsili*. Zanichelli, Bologna.
- LONGHENA M., 1929 – *L.F. Marsili sull'Appennino modenese e sul Cimone*. In: "L'Archiginnasio", pp. 75-103, Azzoguidi, Bologna.
- LOVARINI E. (a cura di), 1930 – *Autobiografia di Luigi Ferdinando Marsili, messa in luce nel II centenario dalla morte di Lui dal Comitato Marsiliano*. Zanichelli, Bologna.
- MARSILI L.F., 1681 – *Osservazioni intorno al Bosforo tracio ovvero canale di Costantinopoli, rappresentate in Lettera alla Sacra Real Maestà di Cristina Regina di Svezia*. Per Nicolò Angelo Tinassi in Roma.
- MARSILI L.F., 1719 – *Note geografiche sopra l'Alpi di S. Pellegrino: figure, aspetti diversi, e misure del Cimone*. Manoscritto autografo conservato presso la Biblioteca universitaria di Bologna.
- MARSILI L.F., 1725a – *Histoire physique de la mer. Ouvrage enrichi de figures dessinées d'après le naturel*. 2 voll., Académie Royale des Sciences de Paris.
- MARSILI L.F., 1725b – *Osservazioni fisiche intorno al Lago di Garda detto anticamente Benaco*. A cura di M. Bonato, Ed. Della Scala (2004), Verona.
- MARSILI L.F., 1726 – *Danubius Pannonico-Mysicus, observationibus geographicis, astronomicis, hydro-graphicis, historicis, physicis perlustratus*. 6 voll., Hagæ Comitum et Amstelodami, Amsterdam.

- MARSILI L.F., 1728 – *Ragguaglio della schiavitù*. A cura di B. Basile, Ed. Salerno (1996), Roma.
- PLINIO IL VECCHIO, 77-78 d.C. circa – *Historia Mundi Naturalis*. Libro II-85, Einaudi (1993), Torino.
- STOPPANI A., 1876 – *Il Bel Paese*. Ed. Cogliati (1922), 651 pp., Milano.
- VALLISNERI A., 1708 – *Prima raccolta d'osservazioni e d'esperienze*. "Galleria di Minerva", Albrizzi, Venezia.
- ZAMBRINI A., 2011 – *Spostamenti nelle bocche dei "bollitori" di Bergullo (Imola)*. Quad. Studi Nat. Romagna, **34**, pp. 125-129, Cesena.



Ricordo di PAOLO CORSINOTTI

di Giovanni Tosatti

Il 30 giugno 2026 si è spento nella sua casa di Modena il socio Paolo Corsinotti, iscritto al nostro sodalizio fin dal 1990.

Paolo era nato a Lama Mocogno il 27 gennaio 1950 ed era cresciuto fra i boschi e le valli del nostro Appennino, a diretto contatto con l'ambiente rurale e la natura, sotto la sapiente guida del nonno Ferdinando. Terminati gli studi, si era trasferito in città dove ha ricoperto per oltre quarant'anni il ruolo di funzionario agronomo della Provincia di Modena e della Regione Emilia-Romagna, occupandosi prevalentemente della composizione dei suoli agricoli e delle concimazioni e collaborando a programmi per la salvaguardia di razze domestiche locali a rischio di estinzione, tra le quali la vacca Bianca Modenese, la pecora Cornella Bianca e la gallina Modenese.

Ha sempre svolto la sua appassionata attività professionale e di volontariato ambientalista con un'attenzione particolare ai temi della conservazione, del ripristino e della valorizzazione degli ambienti naturali del nostro territorio, in particolare quelli riguardanti le zone a vocazione umida della bassa pianura modenese, che ora costituiscono un vero e proprio scrigno di biodiversità.

L'area di ripristino naturale delle valli mirandolesi, le rinaturalizzazioni e i rimboschimenti, l'area dei barchessoni e il bosco del centro agrituristico "Odorardo Focherini", una delle aree boschive più ampie della Pianura Padana, non sarebbero stati realizzati senza il suo prezioso contributo scientifico. Grazie ancora al suo costante impegno, all'inizio di questo secolo le Valli Mirandolesi sono state inserite all'interno della Rete Europea "Natura 2000" tramite la creazione delle aree SIC (Sito di Interesse Comunitario) e ZPS (Zona a Protezione Speciale), grazie anche al loro importante ruolo per la sosta e la nidificazione di numerose specie di uccelli.

«Senza di lui – ha ricordato l'ex assessore e amica Anna Greco – non saremmo riusciti a portare avanti le politiche di valorizzazione ambientale delle Valli. Se ora la ricchezza di biodiversità che si è creata negli anni ha fatto delle zone umide mirandolesi un'area importante a livello europeo, lo si deve a Paolo».

Ma io desidero ricordare soprattutto il grande amico con il quale ho condiviso attività di conservazione, numerose escursioni, partecipazione a convegni nazionali e internazionali e piacevolissimi momenti conviviali. Di Paolo ho sempre apprezzato la grande generosità, bontà d'animo, spirito di collaborazione e buon umore, anche nelle più difficili situazioni, come negli ultimi

travagliati mesi della sua vita, sostenuto dalle costanti cure della moglie Paola e dei figli Matteo e Andrea.

Addio Paolo, rimarrai sempre nei cuori di coloro che hanno saputo apprezzarti e volerti bene.



Paolo Corsinotti (1950-2026)

Pubblicazioni recenti di P. Corsinotti

- CORSINOTTI P., COBELLI L., QUARTIERI A., MARCO GOBBO M., 2007 – *Analisi e valutazione di un intervento di diradamento selettivo in un impianto per l'arboricoltura da legno con latifoglie di pregio a ciclo lungo*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, Vol. 138, pp. 73-81.
- CORSINOTTI P., 2025 – *L'estinzione dell'Uro (Bos primigenius Bojanus 1827) e l'origine dei bovini domestici*. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, Vol. 156, pp. 225-238, Modena.
- CORSINOTTI P., TOSATTI G., MARTINELLI M., 2026 – *Storie di bestie e di persone. Lo sviluppo della zootecnia in Emilia: punto di riferimento per l'economia agricola italiana*. Ed. Artestampa, Modena, 138 pp.



Relazione sulle attività svolte dalla Società nel 2025

Nell'anno 2025 la Società dei Naturalisti e Matematici di Modena - APS ha svolto la consueta attività culturale ed organizzativa, cercando di fornire ai propri Soci un ventaglio di iniziative di comune interesse e di rilevanza culturale significativa.

Il Consiglio Direttivo si è regolarmente riunito, presso la sede sociale di via Vivaldi 70 a Modena, per tutto l'anno, 8 volte con una presenza media dell'88% dei Consiglieri, cercando di dare vita ad iniziative che continuassero nel solco della tradizione della Società.

Nel corso dell'anno sono state ricevute ed accettate 6 nuove richieste di iscrizione ed è stato consegnato il sigillo societario in argento a tre Soci che hanno raggiunto il ragguardevole traguardo dei 50 anni di associazione: Luisa Campi, Pierluigi Serafini e Luigi Visco. Sette soci hanno raggiunto i 25 anni di associazione e sono stati premiati con la consegna del sigillo societario in bronzo.

Purtroppo abbiamo dovuto ricordare la scomparsa di due illustri Soci: il Prof. Giuseppe Cognetti ed il Prof. Mario Panizza.

È terminata la prima fase di attualizzazione e valorizzazione della Biblioteca Societaria: le Società corrispondenti sparse per il mondo sono state aggiornate a 158 (di cui 21 con scambio dei volumi cartacei) ed è terminata l'attribuzione dell'indicizzazione DOI degli articoli presenti negli Atti dal 1965 all'attuale. Il Presidente Paolo Zannini ha mantenuto costantemente i contatti con l'Amministrazione centrale di UNIMORE, per regolarizzare il patrocinio che riceviamo annualmente dall'Ateneo, e l'amministrazione della sede societaria. Sono sorti dei problemi in questo senso, verso la fine dell'anno, a causa della volontà dell'Ateneo di ridurre le spese di sostegno e sponsorizzazione, per cui sono in corso contatti a vari livelli, per cercare di risolvere una possibile crisi di collocazione e funzionalità della Società.

Sono pure continuati i contatti con il Comune di Modena, chiamato talvolta a patrocinare le nostre manifestazioni, e con la Fondazione Modena.

La Società, non senza difficoltà e complicazioni burocratiche, continua a fare parte del RUNTS, Registro Unico del Terzo Settore, tramite il fondamentale rapporto di consulenza con la CNA di Modena.

Il Presidente ha partecipato regolarmente alle riunioni ed alle iniziative della Unione delle Società Centenarie, rappresentandovi la SNMM.

Nel 2025 la Società ha patrocinato la *Summer School*: "Piante aromatiche e oli essenziali in Appennino" nell'ambito di ALFONSA (ALta FORMazione e iNnovazione per lo Sviluppo Sostenibile dell'Appennino), la partecipazione al *Public Engagement* C.R.E.A.R.E. e all'evento "EntoModena".

Si è proseguito nell'organizzazione di due attività oramai "istituzionali": il Concorso Fotografico ed il Premio di Laurea. Durante l'Assemblea generale del 12 dicembre 2025 è avvenuta la premiazione del Concorso Fotografico a tema "Ambienti fluviali del Modenese tra Secchia e Panaro". Il Premio di Laurea 2025, essendo pervenuta un'unica domanda di partecipazione, è stato annullato dal Consiglio Direttivo.

Nel corso dell'anno sono stati organizzati e si sono svolti i seguenti eventi:

- Acquisto della prima edizione in italiano (1864) della "Origine delle specie" di Charles Darwin nella traduzione di Giovanni Canestrini (nostro primo presidente) e presentazione del volume l'11/4.
- Conferenza del Dott. Eriuccio Nora "Alluvioni e storia di regimazioni e bonifica", 28/3.
- Festa dell'Estate e visita di Nonantola e Stuffione, 18/6 con cena a seguire presso Trattoria Calvi.
- Manifestazione "Benedettini a Modena", assieme all'Accademia di Scienze, Lettere ed Arti, 24/10.
- Manifestazione in onore di Adriano Fiori, assieme all'Orto Botanico di Unimore, 28/11.
- Conferenza del Dott. Giovanni Martinelli sulle "Paleoacque della pianura modenese", 12/12.

Purtroppo i tentativi di organizzare altre trasferte, in particolare:

- tentativo di organizzazione gita a Comacchio, 7/6;
- tentativo di escursione al Cimone per il 150° del CAI, 13/7 (meteo molto sfavorevole);
- tentativo di organizzazione gita a Mirandola, 27/9;

non hanno sortito esito positivo, a causa della scarsa richiesta di adesione da parte dei Soci.

È stato infine pubblicato il volume CLVI degli Atti della Società, contenente 15 contributi per 327 pagine.



RENDICONTO ECONOMICO E FINANZIARIO

anno 2025

ENTRATE (€)	
Quote sociali	2.280,00
Erogazioni liberali	40,00
Convenzione UNIMORE	20.000,00
Altre entrate	600,00
Interessi C/C	776,43
Attività sociali	375,00
Totale	24.071,43

RENDICONTO ECONOMICO E FINANZIARIO**anno 2025**

USCITE (€)	
Iscrizioni Ordine dei Giornalisti, USPI, USCM	935,92
Spedizioni volumi	120,45
Competenze cc/b	386,77
Compensi Professionisti e relativi oneri	2.628,66
Affitto ad UNIMORE 2025	10.863,21
Assicurazione	803,00
Attività sociali	2.272,42
Stampa Atti (2 annate)	15.080,00
Acquisto volume storico	2.900,00
Totale (€)	35.990,43

RIEPILOGO GENERALE:**Entrate nell'anno 2025 (€) = 24.071,43****Uscite nell'anno 2025 (€) = 35.990,43****Saldo dell'anno 2025 (€) = -11.919,00****Cassa 31/12/2024 (€) 0****Cassa 31/12/2025 (€) 0****Banca cc 9999 31/12/2024 € 25.345,24****31/12/2025 € 13.426,24**

BILANCIO DI PREVISIONE PER L'ANNO 2026

ENTRATE	
Quote sociali	2000,00 €
Interessi da patrimonio	1000,00 €
Contributi da attività sociali	1000,00 €
Contributo UNIMORE per Stampa "Atti"	7.000,00 €
Totale	11.000,00 €

USCITE	
Iscrizioni Ordine dei Giornalisti, USPI, USCM	500,00 €
Spese postali (invio volumi "Atti" a Soci e a Corrispondenti)	150,00 €
Cancelleria e materiale tecnico (buste per invii ecc.)	500,00 €
Assicurazione	850,00 €
Spese bancarie	500,00 €
Iniziative culturali	1.500,00 €
Stampa volume "Atti"	7.000,00 €
Totale	11.000,00 €



Elenco Soci anno 2026

1981. ACCORSI Prof.ssa Carla Alberta, via Marco Emilio Lepido 66/2, 40132 Bologna
2012. ALTIERO Prof.ssa Tiziana, Dip. di Educazione e Scienze Umane, Università di Modena e Reggio Emilia, viale Allegri 9, 42121 Reggio Emilia
2005. ANGELONE Sig. Giovanni, Dip. di Scienze Fisiche, Informatiche e Matematiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/a, 41125 Modena
1988. ANSALONI Prof. Ivano, via Cantone 75, 41015 Nonantola (MO)
2013. ARACRI Dott.ssa Raffaella via Caleri 30, 42124 Reggio Emilia
2018. AVINO Dott.ssa Giulia, via Fermi 41, 41124 Modena
1994. BACCHILEGA Sig.ra Diana, via Segantini 60, 41124 Modena
2009. BALOCCHI Dott. Paolo, via Maria Regina Pedena Nord 43, 41123 Modena
1968. BARALDI Dott. Fulvio, via F.lli Bandiera 33, 46100 Mantova
1970. BARALDI Prof. Pietro, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2007. BARBARINI Prof.ssa Elisetta, via Emilia Est 133, 41121 Modena
1997. BARBIERI Dott.ssa Giovanna, Sistema dei Musei e Orto Botanico, Università di Modena e Reggio Emilia, viale Caduti in Guerra 127, 41121 Modena
2016. BARBIERI Prof.ssa Rosella, via Bonesi 1, 41058 Vignola (MO)
1974. BAROZZI Dott. Giancarlo, via dell'Olivio 29, 41012 Fossoli di Carpi (MO)
1990. BASCHIERI Sig. Leonardo, via Boccaletti 15, 41012 Carpi (MO)
2000. BATTISTUZZI Prof. Gianantonio, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2018. BAZZANI Prof. Steven, via Cattani 573, 41052 Guiglia (MO)
1976. BELLEI Dott.ssa Silvia, via Marzabotto 116, 41125 Modena
1974. BELLESIA Prof. Franco, viale Reiter 61, 41121 Modena
2008. BELLINI Dott.ssa Alessia, via del Perugino 65, 41125 Modena
2020. BENASSI Dott. Andrea, via Viappiani 21, 42014 Castellarano (RE)
2011. BENASSI Dott.ssa Silvia, via Rossini 210, 41121 Modena
2016. BENVENUTI Prof.ssa Raffaella, strada Saliceto Panaro 211, 41122 Modena
1986. BENVENUTI Prof.ssa Stefania, via Guidellina 1, 41029 Sestola (MO)
1983. BERTACCHINI Dott.ssa Milena, Sistema dei Musei e Orto Botanico, Università di Modena e Reggio Emilia, largo S. Eufemia 19, 41121 Modena
2001. BERTELLI Prof. Davide, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1996. BERTOLANI Prof. Roberto, via Corassori 83, 41043 Formigine (MO)
1993. BETTELLI Prof. Giuseppe, via Monviso 79, 41122 Modena
2009. BIANCHI Dott. Mario, via Baraldi 51, 41124 Modena
2005. BIBLIOTECA SCIENTIFICA INTERDIPARTIMENTALE, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/c, 41125 Modena
2009. BISANTI Dott. Matteo, via Monte Grappa 50, 41121 Modena
2019. BISI GUICCIARDI Sig.ra

- Annamaria, via Sgarzeria 1, 41121 Modena 51,
1994. BONACCORSI Dott. Primo, via Risorgimento 23, 41040 Spezzano (MO)
1990. BONATTI Prof.ssa Piera, viale Verdi 106, 41121 Modena
2026. BONVICINI Dott. Daniele, via Turati 51, 42020 Vetto (RE)
2018. BORTOLAMASI Ing. Marco, via Bonzagni 47, 41124 Modena
1998. BOSI Prof.ssa Giovanna, Sistema Musei e Orto Botanico, Università di Modena e Reggio Emilia, viale Caduti in Guerra 127, 41121 Modena
2023. BRAGA Dott. Lorenzo, via Roncolevà 48, 46032 Castelbelforte (MN)
2018. BRAGA Dott.ssa Valentina, via Mantova 1/B, 46045 Marmirolo (MN)
2009. BRANDOLI Dott.ssa Maria Teresa, via degli Schiocchi 71, 41125 Modena
2017. BRIGHENTI Dott.ssa Virginia, strada Cavazza 7, 41122 Modena
2001. BULDRINI Dott. Fabrizio, via Piero della Francesca 71/1, 41124 Modena
2015. BULDRINI Sig. Federico, via Piero della Francesca 71/1, 41124 Modena
1997. BURANI Dott. Aldo, via Nardi 8, 41121 Modena
2013. CABRINI Sig. Gianni, via Carrobbio 28, 42019 Arceto (RE)
1998. C.A.I. – Sez. di Modena, via IV Novembre 40/c, 41123 Modena
1996. CALANDRA Prof. Sebastiano, Dip. di Scienze Biomediche – Sez. Patologia Generale, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 287, 41125 Modena
2012. CALVI Prof.ssa Federica, via Matteotti 297/F, 41017 Ravarino (MO)
1975. CAMPI Dott.ssa Luisa, corso Adriano 9, 41121 Modena
2016. CAMURRI Dott.ssa Maria Teresa, viale Buon Pastore 126, 41124 Modena
1973. CARDACI Dott. Giuseppe, via San Lazzaro 1/A, 46100 Mantova
2026. CASARINI Dott. Cristiano, stradello Ponte Ghiotto 87, 41126 Modena
2005. CASELLI Prof.ssa Monica, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1989. CATTELANI Prof.ssa Franca, strada Castelnuovo Rangone 230, 41126 Modena
2000. CAVEDONI Sig.ra Franca, via Allegretti 43, 41125 Modena
1967. CECCHI Prof. Rodolfo, rua Muro 88, 41121 Modena
2024. CELLONI Dott. Claudio, “Il Fiorino”, via Emilia Est 1741/C, 41122 Modena
2020. CERVI Dott. Federico, via Maccagnano 170, 42122 Reggio Emilia
1973. CERVI Arch. Giuliano, via Frank 11/a, 42122 Reggio Emilia
1967. CHIESSI Dott. Eugenio, via Togliatti 52, 42122 Reggio Emilia
1993. CHINCA Prof.ssa Gabriella, via Polo 19, 41050 Montale Rangone (MO)
1959. CIGARINI BERTOCCHI Prof.ssa Tiziana, via Gaddi 40, 41124 Modena
2016. CLÒ Dott.ssa Eleonora, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 287, 41125 Modena
1973. COLTELLACCI Sig. Marco Maria, corso Cavour 46, 41121 Modena
2011. CONZO Dott. Francesco, strada Panni 184/5, 41125 Modena
1973. COPPI Prof. Gilberto, via Allegretti 43, 41125 Modena
2002. COPPI Sig.ra Lucia, via Gadaldino 3, 41124 Modena
2000. CORATZA Prof.ssa Paola, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena

2009. CORRADINI Prof.ssa Elena, Dip. di Ingegneria “Enzo Ferrari” – Università di Modena e Reggio Emilia, strada Vignolese 905, 41125 Modena
1990. CORSINOTTI Sig. Paolo, via Franklin 52, 41124 Modena
1987. COSTANTINO Prof. Luca, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1990. COSTI Prof.ssa Maria Paola, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2003. CRAMAROSSA Prof.ssa Maria Rita, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2006. CUOGHI Prof. Gian Luca, via Nadi 5, 41043 Formigine (MO)
2013. CUOGHI Dott. Ivan, via Peretti 21, 41125 Modena
1990. DALLAI Prof. Daniele, via Silingardi 70, 41126 Modena
2024. DALLARI Dott. Pierluigi, via Padova 160, 41125 Modena
2001. DAL ZOTTO Dott. Matteo, via Bellini 58, 41121 Modena
2013. DAVID Sig.ra Paola, via Carrobbio 28, 42019 Arceto (RE)
2019. DAWKINS Prof. Richard, 14 Bradmore rd, Oxford OX2 6QP (Regno Unito)
2026. DE ALOYSIO Prof.ssa Graziella, via Medaglie d’Oro 27, 41124 Modena
2019. DE ANGELIS EVANS Sig.ra Liliana, via Nuova 739, 41017 Ravarino (MO)
2025. DEGARA Dott.ssa Letizia, via Garibaldi 52, 38067 Ledro (TN)
2018. DELLA SETA Dott.ssa Adriana, via Dalla Chiesa 19, 42122 Reggio Emilia
1981. DEL PENNINO Prof. Umberto, Dip. di Scienze Fisiche, Informatiche e Matematiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/a, 41125 Modena
2013. DE ROBERTIS Sig.ra Liuba, via Scanaroli 34/1, 41124 Modena
1997. DINI Prof.ssa Paola, stradello Bastogi 21, 41126 Baggiovara (MO)
1997. DOMENICHINI Sig. Alberto, via Carmelitane Scalze 7, 41121 Modena
2023. ELEUTERI Prof.ssa Michela, via delle Badesse 9, 29014 Castell’Arquato (PC)
2025. FERRAGUTI Dott.ssa Loretta, via Villanova 95, 41123 Modena
2017. FERRARI Dott. Massimiliano, via Viterbo 31, 41043 Formigine (MO)
1994. FERRARI Sig.ra Monica, via Borsara 11, 41030 Bastiglia (MO)
2008. FERRARI Dott.ssa Patrizia, largo Nobel 145, 41126 Modena
2017. FERRARI Dr.ssa Stefania, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2016. FERRETTI Prof.ssa Annalisa, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1996. FERRI Dott. Mauro, via San Remo 140, 41125 Modena
1990. FIANDRI Dott. Filiberto, via Giardini 10, 41124 Modena
1997. FIORI Prof.ssa Carla, via Agnini 135, 41124 Modena
1986. FIORONI Prof.ssa Chiara, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2009. FLORENZANO Prof.ssa Assunta, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 287, 41125 Modena
2022. FOGGIA Dott. Francesco, via Curie ¼, 87041 Aciri (CS)

2016. FORNACIARI Dott.ssa Beatrice, via Nervi 52, 41125 Modena
2009. FORTI Prof. Luca, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2023. FRANCHINI Prof.ssa Antonella, via del Pozzo 180, 41124 Modena
2009. FRANCHINI Prof.ssa Silvia, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1974. FRATELLO Prof. Bernardo, via Monchio 2125, 41048 Prignano s/S (MO)
2016. FURIA Sig.ra Elisa, via San Pietro 31, 37067 Valeggio sul Mincio (VR)
2001. GALLI Prof.ssa Elisabetta, Dip. di Scienze Ginecologiche Ostetriche, Pediatriche – Sez. di Pediatria, Università di Modena e Reggio Emilia
1983. GALLI Prof. Maurizio, viale Vittorio Veneto 290, 41058 Vignola (MO)
1998. GANASSI Dott.ssa Sonia, via Oristano 43, 41125 Modena
1998. GASPARINI Dott.ssa Elisabetta, via Bulgarelli 33, 41012 Carpi (MO)
2010. GHINOI Dott. Alessandro, via Cortina d'Ampezzo 17, 41125 Modena
2025. GHISOLI Dott. Christian, via Fucina 24, 41055 Salto di Montese (MO)
2024. GILLI FABBRI Dott. Diego, via Personali 29, 41037 Mirandola (MO)
1976. GIUSTI Dott. Arrigo, via Cesari 18, 42019 Scandiano (RE)
2004. GOVI Rag. Renato, via Cartesio 41, 41126 Modena
1992. GRAZIOSI Prof. Gianni, via Foscolo 136, 41058 Vignola (MO)
2006. GRUPPO MODENESE SCIENZE NATURALI, strada Morane 361, 41125 Modena
1996. GRUPPO NATURALISTICO MODENESE c/o Polisportiva San Faustino, via Wiligelmo 72, 41124 Modena
2026. GUARALDI Dott.ssa Letizia, via San Cristoforo 167/A, 40017 San Giovanni in Persiceto (BO)
2023. GUERRA Sig. Romano, via Tibaldi 20, 40129 Bologna
2004. GUIDETTI Prof. Roberto, Dip. Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/D, 41125 Modena
2020. IANNICIELLO Dott. Riccardo, piazza Prada 15, 38057 Madrano di Pergine Val Sugana (TN)
1990. IANNUCELLI Prof.ssa Valentina, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1993. IMPERIALE Dott. Aldo, via Della Cella 89, 41124 Modena
2008. INVERNIZZI Prof. Sergio, loc. Padriciano 282, 34149 Trieste
2019. LANCELLOTTI Dott.ssa Rosalinda, piazza Roma 37, 41121 Modena
1997. LEO Prof.ssa Eliana Grazia, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2026. LEPRI Dott.ssa Sveva, via Cialdini 54, 41123 Modena
2023. LIBERTINI Dott.ssa Emanuela, via Ramazzini 15, 41121 Modena
1996. LODESANI Sig. Umberto, via Tasso 57, 41049 Sassuolo (MO)
1998. LOMBROSO Dott. Luca, Dip. di Ingegneria “Enzo Ferrari” – Osservatorio Geofisico, Università di Modena e Reggio Emilia, strada Vignolese 905, 41125 Modena
2010. LORICI Dott. Gianni, via Sassuolo 89/H, 41053 Formigine (MO)
2025. LOSI Dott.ssa Chiara, via Brigate Partigiane 13, 41011 Campogalliano (MO)

2009. LOSI Sig. Franco, via Etna 17, 41012 Carpi (MO)
2001. LUGLI Prof. Mario Umberto, rua Muro 88, 41121 Modena
2018. LUGLI Prof.ssa Maurizia, viale Carducci 117, 41012 Carpi (MO)
2011. LUGLI Prof. Stefano, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2006. LUPPOLINI Dott. Alex, via Villa Inferiore 83, 46029 Suzzara (MN)
2001. LUZZARA Dott. Mirko, via Mondovi 127, 41125 Modena
2004. MAFFETTONE Dott. Luigi, Sistema Musei e Orto Botanico, Università di Modena e Reggio Emilia, viale Caduti in Guerra 127, 41121 Modena
2007. MALMUSI Sig. Mauro, via Albareto 222/8, 41122 Albareto (MO)
2023. MANDRIOLI Prof. Mauro, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/D, 41125 Modena
2016. MANFREDI Prof.ssa Giovanna, via Guagnellina 1/A, 41037 Mirandola (MO)
1996. MANICARDI Prof. Gian Carlo, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/D, 41125 Modena
2002. MANTOVANI Sig.ra Gabriella, via Biondo 2, 41051 Castelnuovo Rangone (MO)
2026. MANTOVANI Dott.ssa Ilaria, via Marsiglia 7, 41012 Carpi (MO)
2018. MARAN Sig. Giovanni, via Giordano 36, 44042 Cento (FE)
2013. MARETTI Dott.ssa Eleonora, strada statale Cisa 59, 46047 Porto Mantovano (MN)
1970. MARI Prof.ssa Marisa, via Sauro 35, 41121 Modena
2017. MARTINELLI Dott. Giovanni, via Berengario 5, 41121 Modena
1993. MAZZANTI Prof.ssa Marta, Sistema Musei e Orto Botanico, Università di Modena e Reggio Emilia, viale Caduti in Guerra 127, 41121 Modena
1964. MELEGARI Prof. Michele, via Curie 8, 41126 Modena
1997. MELETTI Dott. Eros, via Monari 12/1, 41122 Modena
1990. MERCURI Prof.ssa Anna Maria, Sistema Musei e Orto Botanico, Università di Modena e Reggio Emilia, viale Caduti in Guerra 127, 41121 Modena
1993. MOLA Prof.ssa Lucrezia, via Newton 25, 41126 Modena
2012. MONTECCHI Dott.ssa Maria Chiara, viale Corassori 52, 41124 Modena
1998. MONTORSI Sig.ra Elisabetta, via Chiesa 19/13, 41050 Montale Rangone (MO)
2016. MORSELLI Prof. Ivano, via San Giovanni 46, 41057 Spilamberto (MO)
1990. MURANO Dott. Gennaro, stradello del Fiume 5, 41123 Modena
1928. MUSEI CIVICI DI REGGIO EMILIA, via Spallanzani 1, 42121 Reggio Emilia
2011. NERI Dott. Mirco, via Pellegrini 2/20, 41058 Vignola (MO)
1974. NORA Dott. Eriuccio, via Anzio 70, 41125 Modena
2000. OTTAVIANI Prof. Giampiero, via Segantini 60, 41124 Modena
2012. PADOVANI Prof.ssa Veronica, piazza Roma 37, 41121 Modena
2024. PALLAVICINI Dott.ssa Lorenza, via Messori 26, 41012 Carpi (MO)
1977. PALMIERI Dott. Daniele, via Canaletto 35, 41030 San Prospero (MO)
2018. PALMIERI Dott. Marco, via Ferrari 1, 40056 Valsamoggia (BO)

1982. PANINI Prof. Filippo, via Confalonieri 10, 41043 Formigine (MO)
2010. PAOLINO Dott.ssa Rossella, via Bontempelli 259, 41058 Vignola (MO)
2000. PAPAZZONI Prof. Cesare Andrea, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2007. PARADISI Sig.ra Carmen, via Bonaccini 24, 41052 Campogalliano (MO)
1976. PARENTI Prof. Carlo, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1994. PASUTO Dott. Alessandro, IRPI – CNR, corso Stati Uniti 4, 35127 Padova
2008. PEDERZANI Sig. Fernando, via Landoni 35, 48121 Ravenna
1995. PEDERZOLI Prof.ssa Aurora, via Franklin 52, 41124 Modena
1963. PELLACANI Prof. Giancarlo, via Emilia 231, 41121 Modena
2004. PELLATI Prof.ssa Federica, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1976. PLESSI Prof.ssa Maria, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1993. PO Dott.ssa Marilena, piazzetta dei Servi 50, 41121 Modena
1993. PREITE Dott. Francesco, via Moscati 10, 41049 Sassuolo (MO)
1996. PREVEDELLI Prof.ssa Daniela, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/D, 41125 Modena
2015. PULINI Dott.ssa Ilaria, Museo Civico Archeologico Etnologico, viale Vittorio Veneto 5, 41124 Modena
2001. QUATTROCCHI Dott. Salvatore, via Pelloni 91, 41125 Modena
1993. RAIMONDI Dott. Claudio, via Indipendenza 95, 41049 Sassuolo (MO)
2009. RATTIGHIERI Dott.ssa Eleonora, via Motta 140, 41012 Carpi (MO)
1996. REBECCHI Prof.ssa Lorena, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/D, 41125 Modena
2004. REGGIANI Dott. Alberto, via Maestra Rubbiara 1, 41015 Nonantola (MO)
1967. RINALDI Prof.ssa Marcella, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2012. RINALDI Dott.ssa Rossella, via San Faustino 155/4, 41125 Modena
2005. RONCHI Dott. Stefano, via Mosca 142, 41043 Formigine (MO)
2018. RONDELLI Dott. Riccardo, via Giorgi 73, 41124 Modena
2023. ROSSI Dott. Andrea, via Scanaroli 56/2, 41124 Modena
1983. ROSSI Ing. Giuliano, vicolo di Mezzo 17, 46100 Mantova
2010. ROSSI Sig. Giuseppe, via Lulli 91, 41125 Modena
1996. ROTTEGLIA Prof. Antonio, via Mantegna 133, 41125 Modena
1993. SABATINI Prof.ssa Maria Agnese, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/D, 41125 Modena
2013. SACCHETTI Dott.ssa Francesca, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2010. SALTINI Dott.ssa Irene, corso Adriano 9, 41121 Modena
2026. SALVATORI Dott. Francesco, via Sforacchi 20, 42030 Viano (RE)

2025. SANSONE Dott.ssa Martina, via della Libertà 11, 27048 Sommo (PV)
1993. SANTI Prof. Luigi, via Matteotti 3, 41058 Vignola (MO)
1997. SANTINI Dott. Claudio, via Sant'Orsola 7, 41121 Modena
2023. SAPONI Dott. Francesco, via Radici Nord 38/G, 42014 Castellarano (RE)
2024. SASSO Dott. Gabriele, via Stadio 2, 41029 Sestola (MO)
2011. SAVIOZZI Sig. Enrico, via Galletta 50, 40068 San Lazzaro (BO)
2023. SCALMATI Dott. Livio Ermanno, via Alighieri 9, 41014 Castelvetro (MO)
2018. SCOZZOLI Dott. Maurizio, via Cadore 52, 47122 Forlì
2010. SELMI Sig. Enrico, via Nenni 16, 41125 Modena
2017. SERAFINI Dott. Giovanni, via Coppi 23, 41125 Modena
1975. SERAFINI Rag. Pier Luigi, via Monte Rondinara 37, 41029 Roncoscaglia (MO)
1981. SERGI Sig. Santo, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2002. SERVENTI Dott. Paolo, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2007. SETTI Dott.ssa Sara, via Villa Inferiore 83, 46029 Suzzara (MN)
1993. SGARBI Prof.ssa Elisabetta, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/D, 41125 Modena
2024. SIGHINOLFI Dott.ssa Simona, Servizio Prevenzione e Protezione, Università di Modena e Reggio Emilia, via del Pozzo 127, 41124 Modena
2007. SILINGARDI Sig. Giancarlo, via Luosi 156, 41124 Modena
2006. SIMONCELLI Dott.ssa Antinisca, via Mantegna 44, 46010 Eremo di Curtatone (MN)
1996. SIMONINI Sig. Fausto, via Tavoni 13/1, 41058 Vignola (MO)
1997. SIMONINI Prof. Roberto, Dip. di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 213/D, 41125 Modena
2005. SITTA Dott. Nicola Giovanni, loc. Farnè 39, 40042 Lizzano in Belvedere (BO)
1997. SOCIETÀ REGGIANA DI SCIENZE NATURALI “C. IACCHETTI”, c/o Maurizio Scacchetti, via Tosti 1, 42124 Reggio Emilia
1987. SOLDATI Prof. Mauro, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2013. SQUADRINI Dott.ssa Giulia, Sistema Bibliotecario di Ateneo, Area Scientifico-Naturalistica, via Campi 213/C, 41125 Modena
1970. TADDEI Prof. Ferdinando, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1997. TAGLIATI Rag. Tosca, via del Casone 8, 41010 Magreta (MO)
2003. TAIT Prof.ssa Annalisa, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1996. TARUGI Prof.ssa Patrizia, Dip. di Scienze Biomediche – Sez. Patologia Generale, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 287, 41125 Modena
2000. TASSI Prof. Lorenzo, Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2002. TAVERNI Dott.ssa Ivana, via Scanaroli 34/1, 41124 Modena
2016. TERENCEIANI Sig.ra Rita, via Speri 12, 41051 Castelnovo Rangone (MO)

1992. TERMANINI Ing. Dezio, via Monteverdi 12, 41049 Sassuolo (MO)
2018. TINCANI Dott.ssa Patrizia, via Case Comastri, 42030 Villa Minozzo (RE)
2005. TIOZZO Prof.ssa Roberta, Dip. di Scienze Biomediche, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 287, 41125 Modena
2025. TIRELLI Dott.ssa Francesca, Ca' Marastoni 9, 42122 Reggio Emilia
2017. TONDI Prof.ssa Donatella, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
1997. TORRI Dott.ssa Paola, Sistema Musei e Orto Botanico, Università di Modena e Reggio Emilia, viale Caduti in Guerra 127, 41121 Modena
1981. TOSATTI Prof. Giovanni, via Nervi 78, 41125 Modena
1990. TREVISAN Dott.ssa Giuliana, via Giardini 378, 41124 Modena
1972. VAMPA Prof.ssa Gabriella, via Curie 8, 41126 Modena
1991. VANDELLI Prof.ssa Maria Angela, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2019. VAN TONGEREN Dott. Elia, via Modenese Sud 16, 41037 Mirandola (MO)
2000. VECCHI Dott. Fabrizio, via Isonzo 270, 41028 Serramazzoni (MO)
2009. VENTURELLI Prof. Alberto, Dip. di Scienze della Vita – Farmacia, Università di Modena e Reggio Emilia, via Campi 103, 41125 Modena
2023. VEZZANI Dott. Francesco, via Matteotti 106, 41019 Soliera (MO)
2023. VINCENZI Dott. Joel, via Rigon 1, 41012 Carpi (MO)
2007. VIOTTI Dott.ssa Giulia, via Boito 48, 41121 Modena
1975. VISCO Sig. Luigi, strada Vignolese 1071/1, 41126 Modena
2013. YATSUKOVICH Ing. Tatyana, via Giovanni XXIII 25, 42046 Reggiolo (RE)
1978. ZANNINI Prof. Paolo, via Vincenzi 19, 41124 Modena
2025. ZINI Dott.ssa Anna, via Palazzi 8, 41043 Casinalbo (MO)



Indice

Luca Lombroso, Sofia Costanzini, Francesca Despini, Sergio Teggi <i>Annuario 2025 dell'Osservatorio Geofisico di Modena</i>	pag. 7
Massimiliano Vigarani <i>Quadro demografico della Provincia di Modena nel 2025</i>	pag. 35
Riccardo Rondelli <i>Cataceramus</i> cfr. <i>subcircularis</i> (Meek, 1876) nel Cretaceo (Campaniano-Maastrichtiano) di Serramazzoni (Appennino modenese)	pag. 45
Federico Cervi <i>When freshwater springs lose their memory: "Grey Swans" and droughts in the Northern Apennines (Italy)</i>	pag. 65
Riccardo Rondelli, Sergio Magnani <i>Schizechinus serialis</i> (Pomel, 1869) nel Pliocene della Valle del Panaro ed altri echinoidi pliocenici dell'Appennino modenese	pag. 91
Riccardo Rondelli, Filippo Panini, Sergio Magnani <i>Segnalazione preliminare di bioclasti di piattaforma carbonatica nella Formazione di Ranzano (alveo del F. Secchia a valle di Castellarano e San Michele dei Mucchiotti)</i>	pag. 111
Giovanni Martinelli <i>La presenza di paleoacque sotterranee in Pianura Padana: aspetti idrochimici, climatologici e geomorfologici</i>	pag. 139
Fulvio Baraldi <i>I Murazzi del Lido di Venezia</i>	pag. 147
Veronica Padovani, Giovanni Serafini, Cesare Andrea Papazzoni <i>Natural and Unnatural Histories: The Many Aspects of Dinosaur Science</i>	pag. 177
Danio Miserocchi, Marco Palmieri, Francesca Riolo, Michel Zanata <i>La distribuzione di Aplexa hypnorum in Emilia-Romagna con la segnalazione di una nuova stazione nel Parmense</i>	pag. 191

Riccardo Ianniciello <i>Sulla variabilità di Nemoria arizonaria (Lepidoptera: Geometridae)</i>	pag. 205
Mauro Ferri, Giuseppe Rossi, Matteo Dal Zotto, Dayron Lopez, Elena Ternelli, Mirko Luzzara, † Luigi Sala <i>Un approccio all'ecologia trofica del falco pellegrino (Falco peregrinus Tunstall, 1771) nidificante nel periodo 2015-2026 sulla torre civica Ghirlandina di Modena</i>	pag. 215
Mauro Mandrioli <i>La nascita della fisiologia sperimentale in Italia e la sua affermazione a Modena: formazione scientifica e ricerche di Angelo Mosso e Mariano Luigi Patrizi</i>	pag. 229
Romano Guerra <i>Luigi Ferdinando Marsili e il suo viaggio alle saline del Modenese e al Monte Cimone</i>	pag. 249
Giovanni Tosatti <i>Ricordo di Paolo Corsinotti</i>	pag. 265
Relazione sulle attività svolte dalla Società nel 2025	pag. 267
Rendiconto Economico e Finanziario	pag. 269
Rendiconto Economico e Finanziario	pag. 270
Bilancio di previsione per l'anno 2026	pag. 271
Elenco Soci anno 2026	pag. 273

CODICE ETICO PER LA PUBBLICAZIONE

Gli Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena - APS sono una rivista scientifica soggetta alla revisione fra pari, che si ispira al codice etico delle pubblicazioni elaborato da COPE: *Best Practice Guidelines for Journal Editors*. Autori, Redattori e Revisori devono conoscere e accettare i seguenti requisiti etici.

Doveri degli Autori

Originalità e plagio: gli Autori devono dichiarare di avere composto un lavoro originale in ogni sua parte e di avere citato tutte le fonti consultate.

Pubblicazioni ripetitive e/o concorrenti

Gli Autori non devono pubblicare articoli che descrivono la stessa ricerca in più di una rivista: proporre contemporaneamente lo stesso testo a più di una rivista è scorretto e inaccettabile.

Indicazione delle fonti

Gli Autori devono curare la corretta indicazione delle fonti consultate.

Paternità dell'opera

Gli Autori devono curare la corretta attribuzione della paternità dell'opera e tutti coloro che abbiano dato un contributo significativo devono essere inseriti fra i Coautori. Se altre persone hanno partecipato ad alcune fasi della ricerca, il loro contributo deve essere esplicitamente riconosciuto. Nel caso di articoli scritti a più mani, l'Autore che invia il testo alla rivista deve dichiarare di avere correttamente indicato i nomi di tutti i Coautori, ottenuto la loro approvazione della versione finale dell'articolo e il loro consenso alla pubblicazione.

Conflitto d'interessi e divulgazione

Tutti gli Autori devono dichiarare esplicitamente che non sussistono conflitti d'interessi che potrebbero aver condizionato i risultati conseguiti o le interpretazioni proposte. Gli Autori devono inoltre indicare gli eventuali enti finanziatori della ricerca e/o del progetto dal quale scaturisce l'articolo.

Errori negli articoli pubblicati

Se un Autore individua in un suo articolo un errore o un'inesattezza rilevante, deve informarne tempestivamente la Redazione e fornire tutti i dati necessari ad apporre la rettifica in calce all'articolo.

Doveri dei Revisori**Contributo alla decisione editoriale**

La revisione fra pari (*peer review*) è una procedura che aiuta il Comitato di Redazione ad

assumere decisioni sugli articoli proposti e consente agli Autori di migliorare il proprio contributo.

Riservatezza

Ogni testo assegnato in revisione è riservato, perciò non va discusso con altre persone senza esplicita autorizzazione della Redazione.

Oggettività

La revisione verte sulla qualità del testo, non sulle opinioni espresse dagli Autori né sulle basi filosofiche, ideologiche ed epistemologiche da loro seguite. La revisione deve essere condotta in modo oggettivo e imparziale: ogni giudizio personale sugli Autori è inopportuno e inaccettabile. I Revisori devono giustificare adeguatamente suggerimenti e osservazioni sull'operato degli Autori.

Indicazione di testi

I Revisori devono segnalare tempestivamente al Comitato di Redazione eventuali somiglianze o sovrapposizioni del testo ricevuto in lettura con altre opere a loro note. Nel caso si configuri un plagio da parte degli Autori a carico d'altre opere, il fatto sarà notificato agli Autori stessi e l'articolo da loro sottoposto rifiutato senza ulteriori revisioni.

Conflitto d'interessi e divulgazione

Le informazioni riservate e le indicazioni ottenute durante il processo di revisione sono confidenziali e non devono essere usate per scopi personali. I Revisori devono immediatamente dichiarare al Comitato di Redazione eventuali conflitti d'interessi con gli Autori del contributo a loro assegnato in lettura (ad esempio per rapporti di collaborazione o concorrenza con gli Autori e/o le istituzioni d'appartenenza) e non devono accettare di revisionare articoli per i quali sussista un conflitto d'interessi.

Doveri del Comitato di Redazione**Decisioni sulla pubblicazione**

Il Direttore è responsabile della decisione di pubblicare o meno gli articoli proposti e può consultarsi con il Comitato di Redazione per assumere tale decisione.

Correttezza

Il Comitato di Redazione valuta gli articoli proposti per la pubblicazione solo in base al loro contenuto, senza discriminazioni degli Autori per ragioni di etnia, genere, età, religione, cittadinanza, orientamento politico, orientamento sessuale.

Riservatezza

Il Comitato di Redazione non rivela informazioni sugli articoli proposti a persone diverse da Autori, Revisori e Direttore.

ISTRUZIONI PER GLI AUTORI

Gli Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena sono una rivista scientifica di taglio multidisciplinare, che pubblica contributi di ambito meteorologico, geologico, biologico, chimico, fisico e matematico. Sono graditi i contributi a indirizzo storico, o che prendono in esame il tema illustrato anche da una prospettiva storica; del pari graditi sono quelli che affrontano il problema con un approccio multidisciplinare. In genere, i lavori presentati sono articoli *in extenso*, ma sono ammesse anche brevi note, monografie e riassunti di tesi di laurea.

Le comunicazioni inviate agli Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena per la pubblicazione, dopo che la Redazione abbia verificato la loro pertinenza con gli ambiti disciplinari della rivista, saranno sottoposte al giudizio di due Revisori esterni, che valuteranno i lavori sia sotto l'aspetto dei contenuti sia sotto quello formale ed esprimeranno il loro parere vincolante circa l'accettabilità dei lavori stessi.

Gli articoli presentati in inglese, gli *Abstract* e le *Keywords* saranno inoltre sottoposti a controllo linguistico da parte di docente madrelingua.

Gli Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena pubblicano esclusivamente articoli originali e non inviati contemporaneamente ad altre riviste. Gli articoli sono liberamente accessibili e scaricabili dalla rete e sono distribuiti con licenza *Creative Commons* (CC-BY-NC 4.0).

I contributi scientifici devono essere inviati tramite posta elettronica all'indirizzo e-mail del Direttore responsabile (john.tosatti@gmail.com), insieme con una nota che illustri brevemente il contenuto dell'articolo e ne notifichi l'originalità e l'adesione degli Autori al codice etico di comportamento sopra illustrato.

L'accettazione degli articoli sarà subordinata al parere favorevole del Comitato di Redazione e dei Revisori. La responsabilità scientifica dei contributi resta comunque a carico degli Autori. Le spese di stampa possono essere a parziale carico degli Autori o Enti Finanziatori; in casi particolari, la rivista concederà la stampa gratuita del lavoro (la stampa è gratuita solo per i Soci della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena).

I lavori presentati per la pubblicazione devono essere scritti in italiano o in inglese, inviati tramite posta elettronica in formato ".docx" modificabile (sistema di scrittura "Word" per Windows, scritto con carattere Times New Roman), accompagnati da accluse tabelle, tavole, fotografie e figure in bianco e nero o a colori in formato ".jpg" (non usare ".pdf", "PowerPoint" o altri formati).

Soltanto i lavori dove compaiono molte formule matematiche o figure geometriche complesse possono essere inviati in formato ".pdf" (spazio utile pagina di pubblicazione: 12x18 cm).

I testi e le figure restano di proprietà della rivista. Le espressioni latine e i termini stranieri devono essere scritti in corsivo. Non sono ammesse le sottolineature né l'inserimento di interruzioni di sezione.

Modello prescritto

- Autore: in alto a sinistra; nome e cognome (corpo 14 pt. in grassetto, in maiuscolo solo le lette-

re iniziali). Il Dipartimento o Ente di appartenenza, completo di indirizzo, viene riportato come nota a piè di pagina; anche gli eventuali riferimenti a progetti di ricerca nell'ambito dei quali è stata condotta l'indagine presentata vanno in nota a piè di pagina.

- Titolo: conciso; scritto in grassetto; in maiuscolo solo la lettera iniziale (corpo 18 pt.).
- Riassunto/Abstract: in italiano e in inglese (corpo 10 pt. in corsivo) senza andate a capo o citazioni.

- Parole chiave/Keywords: massimo 6, in italiano e in inglese (corpo 10 pt.).

- Testo: Le memorie di una certa lunghezza devono essere suddivise in capitoli (corpo 11 pt.). In genere si adotta la suddivisione Introduzione – Materiali e metodi – Risultati – Discussione – Conclusioni, ma sono possibili altre suddivisioni a discrezione degli Autori, secondo la natura del contributo e l'ambito disciplinare di riferimento.

- Paragrafo: interlinea multipla = 1,15.

- Citazioni bibliografiche nel testo: vanno inserite fra parentesi, indicando il cognome dell'Autore/i e l'anno di pubblicazione (es. Neri, 2018; Neri & Verdi, 2021); nel caso in cui gli Autori siano più di due, al nome del primo seguirà l'abbreviazione in corsivo “*et al.*” (es. Bianchi *et al.*, 2022).

- Tabelle (con righe e colonne verticali ridotte a quelle essenziali), Figure, Fotografie, esenti da copyright: devono essere numerate e complete di didascalie nella lingua del testo, oppure sia in italiano sia in inglese. Si consiglia d'indicare con chiarezza dove si desidera siano posizionate nel testo: nei limiti del possibile, il Comitato di Redazione terrà conto dei desideri degli Autori. Le unità di misura devono essere inserite in figura, con riferimento lineare, in previsione di eventuali riduzioni dell'immagine in fase di composizione tipografica.

- Eventuali Ringraziamenti.

- Bibliografia: limitata ai soli lavori citati nel testo e redatta in ordine alfabetico d'autore secondo il seguente schema (corpo 10 pt.):

ROSSI G. (in MAIUSCOLETTO), 2020 – *Titolo per esteso (in corsivo)*. In: D. Neri, “Titolo del volume”, pp. xxx-yyy, Editore, Luogo di Edizione.

ROSSI G. (in MAIUSCOLETTO), 2021 – *Titolo per esteso (in corsivo)*. Editore, Luogo di Edizione.

BIANCHI A., ROSSI G., VERDI T. (in MAIUSCOLETTO), 2022 – *Titolo per esteso (in corsivo)*. Nome della Rivista (abbreviato), Numero del volume (**in grassetto**), eventuale numero del fascicolo (in tondo), pp. xxx-yyy.

Esempio: ALESSI B., GIGLIOLI F.E., PARENTI M., 2023 – *I tunnel di lava della Valle del Bove (CT)*. Geologica Romana, **49**(2), pp. 127-146, Roma.

In caso di accettazione dell'articolo, gli Autori riceveranno una bozza di stampa da controllare prima della chiusura definitiva; solo in casi eccezionali sarà inviata una seconda bozza.

ETHICAL CODE FOR PUBLISHING

The “Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena” is a scientific journal subject to peer reviewing, which is inspired by the ethical publication code set up by COPE: *Best Practice Guidelines for Journal Editors*. The Authors, Editors and Referees must be aware of and accept the following ethical requirements.

Duties of the Authors

Originality and plagiarism: the Authors must declare that their articles are original in every part and that all references have been quoted.

Repeat publications and/or competitors

The Authors must not publish articles describing the same research in more than one scientific journal: proposing the same text to more than one editor is incorrect and unacceptable.

Quotation of the sources

The Authors must quote the reference sources correctly.

Authorship of the work

The Authors must indicate the correct attribution of the work. All those who have provided a significant contribution must be named among the Co-authors. If other persons have participated in some research phases, their contribution must be explicitly acknowledged. When an article is written by several persons, the Author sending it to the journal must declare to have correctly indicated the names of all Co-authors and their approval of the final version of the article and their consent to publishing.

Conflict of interest and disclosure

All Authors must explicitly declare that there are no conflicts of interest which might have conditioned the results obtained or the interpretations proposed. Furthermore, the Authors must specify the research and/or project financing bodies (if any) thanks to which the article was written.

Errors in the articles published

If an Author finds an error or an important inaccuracy in his/her article, he/she should promptly inform the Editor and provide all the data necessary to add the correction at the end of the text.

Duties of the Referees**Contribution to the editorial decision**

Peer reviewing is a procedure helping the Board of Directors to decide on the articles proposed. It allows the Authors to improve their contributions.

Privacy

Each text undergoing peer reviewing is reserved, therefore it should not be discussed with other persons without the prior authorisation of the Editorial Board.

Objectivity

Peer reviewing concerns the quality of the text, not the opinions expressed by the Authors or their philosophical, ideological and epistemological positions. Peer reviewing must be carried out in an objective and impartial way. Any personal judgement on the Authors is inopportune and unacceptable. The Referees must justify adequately any advice or suggestion on the work examined.

Remarks on the texts

The Referees must inform promptly the Board of Directors on any resemblance or text overlays with other works they know about. In case of plagiarism, the Authors will be notified and their article rejected without further reviewing.

Conflict of interest and disclosure

Private information and remarks obtained during the reviewing process are strictly confidential and must not be used for personal purposes. The Referees must promptly inform the Editorial Board about any conflict of interest with the Authors of the article submitted (for example, regarding collaboration or competition with other Authors and/or the institutions they belong to). Furthermore, the Referees must not accept to review articles subject to conflicts of interest.

Duties of the Board of Directors**Decisions on publication**

The Editor-in-chief is responsible for the decision to publish or reject the articles and may ask the opinion of the Editorial Board before deciding.

Correctness

The Editorial Board evaluates the articles submitted for publication only based on their content without discriminating against the Authors on account of their ethnicity, gender, age, religion, citizenship, sexual or political orientation.

Privacy

The Editorial Board does not reveal information on the articles to persons other than the Authors, Referees and Editor.

DIRECTIONS FOR THE AUTHORS

The Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena is a multidisciplinary scientific review, which publishes contributions concerning meteorology, geology, biology, chemistry, physics and mathematics. Furthermore, articles about the history of science are also welcomed as well as those with a multidisciplinary approach. Usually, the articles submitted are *in extenso*, but also short notes, monographs and summaries of degree theses may be admitted.

The articles proposed for publication in Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena will be submitted to review by two external Referees after acceptance by the Board of Directors. The Referees will assess the articles based on both their scientific content and language use and express their binding opinion.

The articles submitted in English as well as the Abstracts and Keywords will be checked and may be corrected by a mother tongue teacher.

The Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena publish exclusively original articles which have not been sent to other journals at the same time. Once published, the articles can be accessed and downloaded from the web freely and are distributed by a *Creative Commons* (CC-BY-NC 4.0) licence.

The scientific contributions should be sent by e-mail to the electronic address of the Editor-in-chief (john.tosatti@gmail.com), together with a short summary illustrating the content and originality of the articles. The Authors must also declare that they adhere to the behavioural ethical code previously illustrated.

The acceptance of articles will be submitted to the favourable opinion of the Board of Directors and Referees. The scientific responsibility of the contributions is always taken by the Authors. The printing expenses may be partially attributed to the Authors or financing Institutions. In particular cases, the journal will pay for all printing expenses (printing is free only for Members of the Società dei Naturalisti e Matematici di Modena).

The articles presented for publication must be written in English or in Italian and sent by e-mail in modifiable “.docx” format (writing system “Word” for Windows, written in Times New Roman characters), accompanied by any tables, plates, photographs in black and white or colour in “.jpg” format (do not use “.pdf”, “PowerPoint” or other formats).

Only the articles with several mathematical formulas or complex geometrical figures may be sent in “.pdf” format (usable space for publication: 12x18 cm).

Texts and figures are the property of the journal. Latin and foreign terms and expressions should be written in italics. Underlined writing is not admitted, nor are section interruptions.

Prescribed outline

- Author(s): top left; name and surname (14 pt. body in bold, upper case only for initial letters). The home Department or Institution of the Authors is shown as a footnote with corresponding e-mail address. References to research projects including the articles presented should also be reported in a footnote.

- Title: concise in bold; upper case for the initial letter only (18 pt. body).
- Abstract/*Riassunto*: in English and Italian (10 pt. body in italics) with no word wrap or quotations.
- Keywords/*Parole chiave*: max 6, in English and Italian (10 pt. body).
- Text: Long articles should be subdivided into chapters (11 pt. body). Usually, the following subdivision is adopted: – Materials and methods – Results – Discussion – Conclusions, although other subdivisions may be accepted according to the Authors’ discretion considering the nature of the contribution and the disciplinary field of the article.
- Paragraph: multiple line spacing = 1,15.
- Bibliographic quotations in the text must be inserted in parentheses, with the surname of the Author(s) and the year of publication (e.g., Williams, 2018; Blackman & Green, 2021). If there are more than two Authors, the surname of the first one is followed by the abbreviation in italics “*et al.*” (e.g., Blackman *et al.*, 2022).
- Tables (with essential rows and columns). Figures and Photographs, free from copyright, must be numbered and completed with appropriate captions in the language of the text or both in English and Italian. The Authors should clearly indicate where figures and photos should be placed in the text. As far as possible, the Editorial Board will consider the Authors’ wishes. Units of measurements (SI system only) should be inserted in the figures with a linear scale, considering possible image reductions before printing.
- Any Acknowledgements.
- Bibliography: limited only to the references quoted in the text and listed in alphabetical order according to the following scheme (10 pt. body):
 BROWN G. (in SMALL CAPS), 2020 – *Full title (in italics)*. In: R. Jones, “Title of the volume”, Publisher, pp. xxx-yyy, Place of publication (in standard characters).
 BROWN G. (in SMALL CAPS), 2021 – *Full title (in italics)*. Publisher, Number of volume, pp. xxx-yyy, Place of publication.
 ANDERSON P.S., DAVIS L., MILLER O.B. (in SMALL CAPS), 2022 – *Full title (in italics)*. Name of the Journal (abbreviated), Number of volume (**in bold**), any number of the issue (in standard characters), pp. xxx-yyy.
 Example: BASINGER K.A., LOPEZ J.L., PALTROW G.K., 2024 – *The lava flows of Mt. Etna (Sicily)*. Memoirs, **149**(2), Geological Society, pp. 127-146, London.

If an article is accepted, the Authors will receive a proof version to check; only in exceptional cases will they receive a second proof version before printing.

* * * * *

ATTI DELLA SOCIETÀ DEI NATURALISTI
E MATEMATICI DI MODENA

Finito di stampare nel mese di ottobre 2026
presso Eurocopia - Modena - Italia