

Fossili e gesso: paleontologia delle evaporiti dell'Appennino settentrionale

MARCO SAMI¹, SAVERIO BARTOLINI LUCENTI², GABRIELE NENZIONI³, LORENZO ROOK²

Riassunto

Dal punto di vista paleontologico, i più importanti tra i sette siti che hanno ricevuto il riconoscimento UNESCO sono senza dubbio la Vena del Gesso romagnola ed i Gessi bolognesi. Nella prima sono ben documentate 3 diverse associazioni: i) "calcari a *Lucina*", particolari carbonati metanogenetici (Tortoniano superiore/Messiniano inferiore) caratterizzati da tipiche associazioni di bivalvi specializzati (grandi modiolini e lucinidi più vesicomidi ecc.); ii) copiose associazioni fossili di vegetali (quasi 90 *taxa* di piante vascolari) e pesci dagli interstrati pelitici messiniani che ricostruiscono la vita durante le fasi umide nel corso del Messiniano evaporitico; iii) una ricca paleofauna a vertebrati continentali (ben 78 *taxa* di anfibi, rettili, uccelli e mammiferi tra cui 5 specie nuove per la Scienza) dai riempimenti di piccole cavità paleocarsiche nella Cava Monticino di Brisighella (Messiniano finale). I Gessi bolognesi hanno invece restituito un interessante insieme di paleofaune terrestri del Pleistocene superiore tra le quali non mancano specie paleoclimaticamente indicative di fasi fredde sia tra gli uccelli (es. il fagiano di monte, *Lyrurus tetrrix*) che i mammiferi (es. il ghiottone, *Gulo gulo*).

Parole chiave: fossili, "Calcari a *Lucina*", Formazione Gessoso-solfifera, Formazione a Colombacci, Pleistocene superiore, Vena del Gesso, Gessi bolognesi, Italia.

Abstract

*From a paleontological point of view, the most important of the seven sites within the recently recognized UNESCO area are undoubtedly the "Vena del Gesso romagnola" and the "Gessi bolognesi". In the first, three different associations are well documented: i) "Lucina limestones", peculiar methanogenetic carbonates (upper Tortonian/lower Messinian) characterized by typical associations of specialized bivalves (large modiolins and lucinids plus vesicomids etc.); ii) abundant paleobotanical assemblages (almost 90 taxa of vascular plants) and fishes from the Messinian pelitic interstrata, allowing to reconstruct life and environments during the humid phases of the evaporitic Messinian; iii) a rich paleofauna of continental vertebrates (78 taxa of amphibians, reptiles, birds and mammals, including 5 new species) from small paleokarst cavities infillings outcropping within the Monticino di Brisighella quarry (latest Messinian). The "Gessi bolognesi" have instead yielded a nice set of Upper Pleistocene terrestrial paleofaunas, among which most noticeable is the occurrence of species that are indicative of cold phases both among birds (e.g. the black grouse, *Lyrurus tetrrix*) and mammals (e.g. the wolverine, *Gulo gulo*).*

Keywords: fossils, "Calcari a *Lucina*", Gessoso-solfifera Formation, Colombacci Formation, Upper Pleistocene, Vena del Gesso, Gessi bolognesi, Italy.

Introduzione

L'inquadramento geologico delle 7 aree evaporitiche emiliano-romagnole riconosciute come Patrimonio Mondiale dell'Umanità, affrontato nel paragrafo dedicato (LUGLI, in questo volume), distingue nettamente le più antiche Evaporiti triassiche dell'alta Val Secchia (RE) dai più recenti gessi messiniani dei rimanenti sei siti (da ovest verso est): Bassa Collina reggiana, Gessi di Zola Predosa, Gessi bolognesi, Vena del Gesso

romagnola, Evaporiti di San Leo e Gessi di Onferno. Analizzando tali siti dal punto di vista paleontologico si può innanzitutto osservare come le più antiche Evaporiti triassiche e, in misura minore, le Evaporiti messiniane di San Leo siano completamente prive di fossili a causa delle lunghe e complesse vicissitudini tettoniche e diagenetiche che, in maggiore o minor misura, le hanno interessate; inoltre, ad oggi, né dalle cavità carsiche che le interessano né dai sedimenti

¹ Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza (collaboratore), via Medaglie d'Oro 51, 48018 Faenza (RA); marco.sami@cpn.it

² Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra, via G. La Pira 4, 50121 Firenze; saverio.bartolinilucenti@unifi.it; lorenzo.rook@unifi.it

³ Museo della Preistoria "Luigi Donini", via F.lli Canova 49, 4068 San Lazzaro di Savena (BO); gabriele.nenzioni@comune.sanlazzaro.bo.it

stratigraficamente adiacenti sono stati segnalati ritrovamenti paleontologici di rilievo. Per quanto riguarda invece i 5 siti rimanenti, anche se tutti quanti hanno restituito resti fossili quelli paleontologicamente più interessanti - sia per gli ottimi affioramenti che per la lunga tradizione di ricerca - sono senza dubbio i Gessi bolognesi e la Vena del Gesso romagnola. Procedendo in ordine stratigrafico, nella Vena del Gesso è possibile riscontrare testimonianze fossili di forme vissute sia prima della deposizione delle evaporiti messiniane (“calcarei a *Lucina*”: Tortoniano superiore - Messiniano inferiore), sia durante la loro sedimentazione (interstrati fossiliferi: Messiniano medio-superiore), che nei tempi immediatamente successivi alla loro precoce emersione (paleofauna continentale di Cava Monticino: Messiniano finale). I Gessi bolognesi assumono invece grande rilevanza paleontologica soprattutto per le ricche paleofaune continentali glaciali del Pleistocene superiore. La maggior parte dei fossili rinvenuti nella Vena del Gesso romagnola è conservata presso il Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza (RA) e, in minor misura, nel Museo “G. Scarabelli” di Imola (BO) e nel Museo Geologico di Tossignano (BO), mentre i reperti dai Gessi bolognesi principalmente nel Museo della Preistoria “L. Donini” di S. Lazzaro di Savena (BO).

I “calcarei a *Lucina*” (Formazione Ghioli di Letto)

I sedimenti neogenici di mare profondo dell’Appennino settentrionale ospitano, a vari livelli stratigrafici (tra Langhiano e Messiniano inferiore), affioramenti discontinui e assai localizzati di particolari carbonati noti come “calcarei a *Lucina*” per la relativa abbondanza di bivalvi fossili, tra i quali spicca per la grande taglia il lucinide *Meganodontia hoernea* (RICCI LUCCHI, VAI 1994). Più in particolare, come segnalato già a partire dalla 2° metà del XIX secolo (MANZONI 1876), nel settore orientale della Vena del Gesso attraversato dal Torrente Sintria il passaggio tra le peliti eusiniche della Formazione Ghioli di Letto (Tortoniano superiore/Messiniano inferiore) - che segna la chiusura dei depositi torbiditici di avanfossa della F.ne Marnoso-arenacea - e le soprastanti evaporiti della F.ne Gesso-solfifera è caratterizzato da numerosi affioramenti di questo tipo (fig. 1).

Dal punto di vista strutturale questi ultimi risultano inglobati alla base delle gigantesche “scaglie” gessose variamente addossate che caratterizzano il complicato assetto geologico di questo tratto di Vena del Gesso in seguito all’evento tettonico intra-messiniano (circa 5.6 Ma = milioni di anni fa). Alcuni affioramenti in particolare sembrerebbero in posizione primaria ed in continuità con le soprastanti evaporiti, precedendo perciò di poco l’insorgenza della “Crisi di salinità



Fig. 1 – gessi di Monte Mauro: tipico affioramento di “calcarei a *Lucina*” con grandi esemplari completi di *Meganodontia hoernea* nei pressi di Co’ di Sasso (foto M. Sami).

messiniana” (CONTI *et alii* 2022). Di fatto i “calcarei a *Lucina*” sono considerati come gli equivalenti miocenici delle attuali “oasi di mare profondo”, particolari ecosistemi che si originano in prossimità di emissioni gassose fredde (*cold seeps*) di metano e idrogeno solforato in ambiente sottomarino anche a grandi profondità (fino a 6000 m nella Fossa del Giappone) (TAVIANI 1994). In pratica, la migrazione dal sottosuolo di fluidi arricchiti in idrocarburi rifornisce dei consorzi batterici chemiosintetici che, con ruolo di produttori primari, sfruttano l’energia chimica delle venute gassose attuando un’ossidazione anaerobica del metano tramite la riduzione dei solfati presenti nell’acqua di mare: come risultato si ha la produzione di sostanza organica e, secondariamente, anche la precipitazione chimica di carbonati. Si sviluppano così ricche comunità biologiche specializzate che fondano le proprie catene alimentari proprio sulla chemiosintesi attuata dagli stessi batteri i quali, oltre a costituire dense colonie a vita libera, si trovano anche come endosimbionti nelle branchie di vari molluschi bivalvi che vi abbondano (tra i quali per es. proprio i lucinidi). Nello specifico, i “calcarei a *Lucina*” affioranti nella Vena del Gesso tra Monte Mauro e M. Rontana (in Comune di

| Molluschi fossili - "calcarei a <i>Lucina</i> " della Vena del Gesso romagnola |
|---|
| BIVALVIA |
| <i>Acharax doderleini</i> |
| "Anodontia" mioinflata |
| Archivesica aharoni |
| <i>Bathymodiolus moroniae</i> |
| <i>Idas aff. tauroparva</i> |
| <i>Lucinoma perusina</i> |
| <i>Meganodontia hoernea</i> |
| <i>Megaxinus bellardianus</i> |
| Miltha (s.l.) romaniae |
| Samiolus iohannesbaptistae |
| GASTROPODA |
| <i>Calliotropis</i> sp. |
| <i>Cataegis taurocrassa</i> |
| <i>Eosipho hoernesii</i> |
| <i>Homalopoma domeniconii</i> |
| <i>Hyalogyrina</i> sp. |
| <i>Laeviphitus</i> sp. |
| Putzeysia diversii |
| <i>Thalassonerita megastoma</i> |
| <i>Turricola</i> sp. |

Brisighella, RA) sono, almeno dal punto di vista paleontologico, tra i più studiati d'Italia (si veda tra gli altri SAMI, TAVIANI 2015; KIEL, TAVIANI 2017; KIEL *et alii* 2023). La malacofauna fossile è caratterizzata da una notevole ricchezza di esemplari ma al contempo risulta estremamente oligotipica (cioè con bassa diversità specifica) poiché, pur annoverando una ventina di specie (tab. 1), quelle veramente abbondanti sono soltanto 3 o 4. Vi predominano i lamellibranchi che comprendono molte forme chemiosimbiontiche o comunque adattate ad ambienti marini più o meno profondi con risalita di fluidi gassosi freddi: tra queste abbondano i lucinidi *Lucinoma perusina*, *Meganodontia hoernea* ed il vesicomide *Archivesica aharoni* che, in analogia con quanto osservato nelle moderne "oasi di mare profondo", dovevano probabilmente condurre una vita infaunale (infossati nel sedimento) ed essere solfotrofici (sfruttavano cioè batteri solfo-ossidanti) (fig. 2). Al contrario i modiolini come il grande *Bathymodiolus moroniae* o il minuto *Samiolus iohannesbaptistae*, epifaunali (che vivevano sulla superficie),

Tab. 1 (a fianco) – Molluschi fossili dei "calcarei a *Lucina*", carbonati metanogenici del Tortoniano superiore/Messiniano inferiore della Vena del Gesso: in grassetto le specie nuove per la Scienza.



Fig. 2 – *Archivesica aharoni*, uno dei taxa di bivalvi specializzati dei "calcarei a *Lucina*" del Brisighellese (foto M. Sami).



Fig. 3 – Alcuni esemplari di *Bathymodiolus moroniae*, il modiolino più diffuso nei “calcarei a *Lucina*” della Vena del Gesso (foto I. Fabbri).

erano quasi certamente metanotrofici per ospitare nelle branchie batteri metano-ossidanti (fig. 3). Analogamente coi *cold seeps* del giorno d’oggi la presenza di una fonte isolata di materia organica, tanto rara alle grandi profondità marine, richiamava anche altri organismi tra i quali i gasteropodi predatori *Thalassonerita megastoma*, *Eosipho hoernesii*, *Homalopoma domeniconii* e *Cataegis taurocrassa* (KIEL, TAVIANI 2017). L’analisi paleontologica dei “calcarei a *Lucina*” della Vena del Gesso, e più in generale dell’Appennino, porta a considerazioni paleoecologiche e paleogeografiche di grande rilievo. Tali malacofaune fossili, infatti, non sembrano avere legami con gli attuali molluschi dei *cold seeps* del Mediterraneo (dove non compaiono né modiolini né lucinidi o vesicomidi di grande taglia) quanto piuttosto con quelli insediati presso le emissioni di idrocarburi dei vari fondali oceanici. A mo’ di esempio ricordiamo: i) la fossile *Thalassonerita megastoma* (fig. 4), ben confrontabile con la moderna *T. naticoides* esclusiva delle risalite profonde di metano del Golfo del Messico e del Mar dei Caraibi; ii) l’iconica *Meganodontia hoernea*, che fa parte di un Genere oggi giorno rappresentato da un’unica specie (*M. acetabulum*) parte delle comunità chemiosimbiotiche al largo di Taiwan; iii) il “mitilo di profondità” *Bathy-*

modiolus moroniae, che trova un preciso riscontro nelle numerose specie dello stesso Genere diffuse sia nelle sorgenti idrotermali sottomarine che nei *cold seeps* degli Oceani di mezzo mondo (KIEL *et alii* 2023).

Fossili degli interstrati messiniani (F.ne Gessoso-solfifera)

Le evaporiti messiniane assegnate alla Formazione Gessoso-solfifera affiorano, in maniera discontinua, nel basso Appennino emiliano-romagnolo tra Reggiano e Riminese sotto forma di gessi Primari Inferiori (5.97 – 5.60 Ma; LUGLI in questo volume). Il contenuto paleontologico della roccia gessosa selenitica è praticamente nullo, con esclusione dei sottili filamenti incrostati da carbonato di calcio ed inglobati nel gesso interpretati come stromatoliti batteriche gessificate (PANIERI *et alii* 2008; DELA PIERRE *et alii* 2015). I fossili consistono principalmente in filliti (resti di foglie) ed ittioliti (resti di pesci) - oltre a rari avanzi di insetti o rarissime tracce di uccelli - e sono conservati esclusivamente nei sottili strati argillosi finemente laminati e ricchi di materiale organico (*sapropel*), di solito con spessore inferiore a 1 m, intercalati agli spessi strati decametrici dei gessi Primari e per questo motivo chiamati interstrati. In base all’interpretazio-

ne che vede la ciclicità della coppia “argilla/selenite” legata a cambiamenti climatici indotti da variazioni di parametri orbitali quali la precessione astronomica (ciclo = 21000 anni circa; LUGLI in questo volume), la deposizione argillosa degli interstrati testimonierebbe le fasi climatiche caldo-umide durante le quali la diluizione delle acque nei bacini lagunari costieri impediva la precipitazione chimica delle evaporiti. Benché sporadici resti di ittioliti e filliti (oltre a porzioni di tronchi gessificati) siano segnalati sia nei gessi del basso Reggiano che nei Gessi bolognesi o in quelli della Romagna orientale, i rinvenimenti più cospicui (e maggiormente studiati) sono indubbiamente quelli effettuati nella Vena del Gesso romagnola e, più in particolare, nei giacimenti fossiliferi di Cava Monticino (Brisighella, RA), Monte Tondo (Riolo Terme, RA) e Rio Sgarba (Borgo Tossignano, BO). In questo territorio le prime segnalazioni di fossili negli interstrati si datano alla seconda metà dell'Ottocento e si devono al grande geologo imolese Giuseppe Scarabelli (SCARABELLI 1864). Lo studio delle filliti della Vena del Gesso ha permesso di ricostruire una paleoflora messiniana piuttosto rappresentativa delle ricche flore terziarie europee, comprendendo finora quasi una novantina di *taxa* di piante vascolari (ovvero 1 di pteridofite, 13 di gimnosperme e 74 di angiosperme) (TEODORIDIS *et alii* 2015; SAMI & MARTINETTO 2022) (tab. 2). Tale insieme floristico corrisponde al tipico transetto della vegetazione del Messiniano evaporitico dell'Europa meridionale, caratterizzato da almeno 4 diverse associazioni floristiche e cioè: i) palude costiera (*Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Potamogeton* sp. e varie monocotiledoni graminoidi - Poaceae o Cyperaceae - incluse possibili “canne” ecc.); ii) ambiente ripariale (*Populus*, *Alnus*, *Pterocarya*, *Liquidambar*, *Sequoia* ecc.); iii) foresta mesofila, l'associazione più ricca e diversificata fra le quattro presenti (*Platanus*, *Ailanthus*, *Engelhardia*, *Magnolia* e diverse Lauraceae quali *Laurophyllum*, *Daphnogene*, *Oreodaphne* ecc.); e infine, iv) bosco di aree rilevate (*Fagus*, *Betula*, *Quercus*, *Pinus* ecc.) (figg. 5-6). In analogia con le altre flore fossili neogeniche d'Italia emerge l'alto numero di specie “esotiche” scomparse dall'attuale vegetazione europea ma con forme simili tuttora viventi in altri continenti. Tra le Gimnosperme citiamo per esempio le cupressacee *Taiwania* sp. - oggi in sede nelle montagne di Taiwan, Cina sud orientale ed Indocina settentrionale - e *Taxodium dubium*, affine all'attuale “cipresso calvo” degli Stati Uniti sud-orientali (fig. 7). Tra le Angiosperme paleogeograficamente significative ricordiamo fra le altre: i) *Daphnogene polymorpha*, confrontabile con l'odierno genere *Cinnamomum* del Sud Est asiatico; ii) *Trigonobalanopsis rhamnoides*, Fagacea estinta con i parenti più stretti

(generi *Trigonobalanus* e *Castanopsis*) che vivono attualmente in Asia sud-orientale (fig. 8); iii) *Eucommia europaea*, un Genere con un'unica specie vivente, *E. ulmoides* o “albero della gomma cinese”, endemica dei rilievi della Cina centro-orientale. I dati climatici ottenuti dall'analisi dei macroresti vegetali, in linea con le ricostruzioni basate sulle analisi polliniche effettuate per gli stessi strati (BERTINI, 2006), suggeriscono un antico clima di tipo temperato-caldo/sub-tropicale e prevalentemente umido. Per esempio in TEODORIDIS *et alii* (2015) si ipotizzano per la “Vena del Gesso messiniana” una temperatura media annuale compresa tra 13,8 e 16,5°C, quindi superiore a quella odierna dell'area che per la vicina Riolo Terme è di 13,6°C (dati ARPAE Emilia Romagna, periodo 1990-2015) con probabili precipitazioni annuali di 980-1360 mm/anno, significativamente più abbondanti rispetto a quelle di oggi (es. Riolo Terme = 786 mm/anno). Questi elementi supportano per tali antichi ambienti un tipo vegetazionale vicino all'odierna “Foresta a latifoglie sempreverdi”, un consorzio vegetale attualmente diffuso per esempio nei boschi dei rilievi della Cina centro-meridionale in condizioni climatiche temperato-calde (temperatura media 14°-17°C) e umide (precipitazioni annuali superiori ai 1000 mm) (BERTINI, MARTINETTO, 2008).



Fig. 4 – *Thalassonerita megastoma*, “calcarei a *Lucina*” della Vena del Gesso: forme simili vivono attualmente nei cold seeps profondi del Golfo del Messico (foto M. Sami) (altezza 15 mm).

| Paleoflora messiniana della Vena del Gesso romagnola |
|---|
| <i>Acer cf. integerrimum</i> (Viviani) Massalongo |
| <i>Acer cf. integrilobum</i> Unger |
| <i>Acer</i> sp. |
| <i>Adiantum</i> sp. |
| <i>Ailanthus pythii</i> (Ung.) Kovar- Eder et Kvacek |
| <i>Alnus cecropiifolia</i> (Ettingsh.) Berger |
| <i>Alnus cf. menzelii</i> Raniecka-Bobrowska |
| <i>Bambusa</i> sp. |
| <i>Berberis cf. teutonica</i> (Unger) Kovar-Eder et Kvacek |
| cf. <i>Berchemia</i> sp. |
| <i>Betula</i> sp. |
| <i>Buxus pliocaenica</i> Saporta et Marion |
| <i>Carpinus cf. betulus</i> L. |
| <i>Carpinus cf. grandis</i> Ung. |
| <i>Carpinus cf. orientalis</i> Miller (frutto) |
| <i>Carpolithes</i> sp. 1 |
| <i>Carpolithes</i> sp. 2 |
| <i>Carya</i> sp. |
| <i>Chamaecyparis</i> sp. |
| <i>Chaneya cf. membranosa</i> (Goepfert) Manchester et Zastawniak |
| <i>Craigia bronniei</i> (Unger) Kvacek, Buzek et Manchester |
| cf. <i>Cryptomeria</i> sp. |
| <i>Cupressoconus</i> sp. |
| <i>Cupressus rhenana</i> (Kilpper) Mai et Velitzelos |
| <i>Daphnogene polymorpha</i> (A. Braun) Ettingsh. |
| <i>Dicotylophyllum</i> sp. 1 |
| <i>Dicotylophyllum</i> sp. 4 |
| <i>Dicotylophyllum</i> sp. 5 |
| <i>Dicotylophyllum</i> sp. 6 |
| <i>Dicotylophyllum</i> sp. 7 |
| <i>Dicotylophyllum</i> sp. 8 |
| <i>Engelhardia macroptera</i> (Brongn.) Ung. |
| <i>Eucommia cf. europaea</i> Maedler |
| <i>Fagus gussoni</i> Massalongo emend. Knobloch et Velitzelos |
| cf. <i>Fraxinus</i> sp. |
| <i>Gleditsia</i> sp. |
| cf. <i>Glyptostrobus</i> sp. |
| <i>Hedera</i> sp. |
| <i>Hydrangea</i> sp. |
| <i>Laurophyllum cf. pseudoprinceps</i> Weyland et Kilpper |
| <i>Laurophyllum</i> sp. 1 |
| <i>Laurophyllum</i> sp. 2 |
| Leguminosae sp. 1 |

| |
|--|
| Leguminosae sp. 2 |
| Leguminosae sp. 3 |
| Leguminosae sp. 4 |
| <i>Liquidambar europaea</i> A. Braun / cf. <i>L. magniloculata</i> Czecczott et Skirgiello |
| cf. <i>Liquidambar</i> sp. |
| <i>Magnolia liblarensis</i> (Krausel et Weyland) Kvacek |
| <i>Myrica lignitum</i> (Unger) Saporta |
| <i>Nyssa disseminata</i> Kirchheimer (frutto) |
| cf. <i>Nyssa</i> sp. |
| <i>Ocotea heerii</i> (Gaudin) Takhtajan |
| cf. <i>Photinia</i> sp. |
| <i>Phyllites</i> sp. |
| Pianta <i>incertae sedis</i> |
| <i>Pinus cf. rigios</i> (Ung.) Ettingsh. |
| <i>Pinus paleostrobus</i> Ettingsh. |
| <i>Pinus</i> sp. (cono) |
| <i>Pinus</i> sp. (seme) |
| <i>Platanus leucophylla</i> (Ung.) Knobloch |
| Poaceae vel Cyperaceae gen. et sp. indet. |
| <i>Populus latior</i> Al. Braun |
| <i>Populus</i> sp. (frutto) |
| <i>Potamogeton</i> sp. |
| <i>Pterocarya paradisiaca</i> (Unger) Iljinskaya |
| <i>Pungiphyllum cruciatum</i> (A. Braun) Frankenhauser et Wilde |
| cf. <i>Pyracantha</i> sp. |
| <i>Quercus kubinyii</i> (Kovats ex ettingsh.) Czecczott vel. <i>Q. drymeja</i> Ung. |
| <i>Quercus mediterranea</i> Ung. |
| <i>Quercus pseudocastanea</i> Goepfert |
| <i>Quercus roburoides</i> Gaudin |
| <i>Quercus</i> sp. (frutto) |
| cf. <i>Quercus</i> spp. |
| <i>Rosa</i> sp. |
| Rosaceae Gen. et sp. indet. 1 |
| Rosaceae Gen. et sp. indet. 2 |
| <i>Salix</i> sp. |
| <i>Sequoia</i> sp. |
| <i>Taiwania</i> sp. |
| <i>Taxodium dubium</i> (Sternb.) Heer |
| <i>Tetraclinis salicornioides</i> (Ung.) Kvacek et Walther |
| cf. Theaceae Gen. et sp. indet. |
| <i>Trigonobalanopsis rhamnoides</i> (Rossm.) Kvacek et Walther |
| <i>Ulmus plurinervia</i> Unger |
| <i>Zelkova zelkovifolia</i> (Unger) Buzek et Kotlaba |

Tab. 2 – Paleoflora dagli interstrati messiniani della Vena del Gesso (modificato da TEODORIDIS *et alii* 2015).



Fig. 5 – *Laurophyllum* sp., una delle tante Lauracee che nel Neogene d'Europa davano vita alla foresta sub-tropicale a latifoglie sempreverdi (foto M. Sami) (altezza 75 mm).



Fig. 6 – Fillite perfettamente conservata di *Quercus roburoides*, quercia preistorica affine al gruppo delle attuali rovere e roverella (foto M. Sami).



Fig. 7 – *Taxodium dubium*, conifera fossile vicina all'odierno *T. distichum*, il cipresso calvo della Florida (foto M. Sami).



Fig. 8 – La Fagacea estinta *Trigobalanopsis rhamnoides*, (Monte Tondo), un altro elemento di tipo subtropicale (foto M. Sami) (altezza 60 mm).

Benché l'area di Polenta (FC) nei gessi della Romagna orientale non faccia parte dei 7 siti Patrimonio Mondiale dell'Umanità, vale qui la pena ricordare l'interessante paleoflora rinvenutavi agli inizi del secolo scorso dal grande naturalista Pietro Zangheri (ZANGHERI 1922). Tale insieme, ricco di 47 *taxa* di piante vascolari, corrisponde abbastanza bene alla tipica successione vegetazionale del Messiniano evaporitico pur mostrando una maggiore frequenza di latifoglie decidue rispetto a quelle sempreverdi e coriacee, in apparente contraddizione con le altre associazioni floristiche più o meno coeve quali quelle della non lontana Vena del Gesso romagnola (TEODORIDIS *et alii* 2016).

Per quanto invece riguarda le ittiofaune è possibile distinguere 2 diverse associazioni (tab. 3): la prima, più antica, è stata recuperata nei cicli evaporitici inferiori (base del III°, circa 5.9 Ma) dell'ex Cava del Monticino (Brisighella) ed è composta in prevalenza da poche forme marine stenoaline (*Sarda* sp. e *Trachurus* sp.), associate ad altre eurialine (Clupeidae indet. e Gobiidae indet.) più un interessante *taxon* dulcicolo come il persico del Nilo *Lates* cf. *niloticus* (CARNEVALE 2021). Un secondo tipo di associazione, di poco più recente, proviene dai cicli superiori (in prevalenza base del XIII°; circa 5.7 Ma) dell'ex Cava SPES presso Tossignano e dalla Cava di Monte Tondo e ben rappresenta le tipiche ittiofaune del Messiniano evaporitico mediterraneo: caratteristicamente oligotipica, è dominata dalla specie eurialina *Aphanius crassicaudus* che mediamente costituisce il 70% e oltre dell'intera ittiofauna (LANDINI, SORBINI 1989) (fig. 9). A parte il diffuso

A. crassicaudus, altri tipici residenti estuarini sono *Gobius ignotus* ed *Atherina boyeri*. Tra questi, diversi esemplari di *A. crassicaudus* e del Gobiidae manifestano un'ipertrofia ossea che comporta un caratteristico ingrossamento scheletrico noto come pachiostosi (fenomeno complesso e senza precisi riscontri con la biologia delle forme attuali) (BEDOSTI *et alii* 2015). Estremamente rara, ma assai significativa, la segnalazione di specie di acque francamente marine quali leccia (*Lichia* aff. *amia*), sugarello (*Trachurus* sp.) ed un "tonno" del clade più derivato dei Thunnini (CARNEVALE, SCHWARZHANS 2022).

Questi dati, per quanto sporadici, sembrano costituire un significativo indizio della persistenza di ambienti marini con salinità normale adiacenti alle lagune della Vena del Gesso anche durante la deposizione dei gessi Primari Inferiori. Un unico esemplare di *Clupeonella* sp., forma affine all'attuale spratto del Mar Nero (*C. cultriventris*), attesta la presenza di pesci eurialini diadromi, in grado cioè di spostarsi tra acque dolci e marine in base alle esigenze del loro ciclo vitale. Complessivamente, da un punto di vista paleogeografico e paleoclimatico i *taxa* più interessanti sono la tilapia *Oreochromis lorenzoi* (fig. 10) e il già citato "persico africano" *Lates* cf. *niloticus*. Entrambe forme dulcicole (seppure eurialine) piuttosto rare, sono un'evidente testimonianza dello scambio faunistico tra le acque interne dell'Africa e le coste settentrionali del Mediterraneo che dovette verificarsi nel corso del Miocene (CARNEVALE *et alii* 2003; CARNEVALE 2021). In sintesi, la struttura

| A) Ittiofauna messiniana interstrati Vena del Gesso (5.9 Ma ca.) | |
|--|------------------------------------|
| Fam. Clupeidae | Clupeidae indet. |
| Fam. Latidae | <i>Lates</i> cf. <i>niloticus</i> |
| Fam. Carangidae | <i>Trachurus</i> sp. |
| Fam. Gobiidae | Gobiidae indet. |
| Fam. Scombridae | <i>Sarda</i> sp. |
| B) Ittiofauna messiniana interstrati Vena del Gesso (5.7 Ma ca.) | |
| Fam. Clupeidae | <i>Clupeonella</i> sp. |
| Fam. Atherinidae | <i>Atherina boyeri</i> |
| Fam. Cyprinodontidae | <i>Aphanius crassicaudus</i> |
| Fam. Carangidae | <i>Lichia</i> aff. <i>amia</i> |
| | <i>Trachurus</i> sp. |
| Fam. Gobiidae | <i>Gobius ignotus</i> |
| Fam. Cichlidae | <i>Oreochromis lorenzoi</i> |
| Fam. Latidae | <i>Lates</i> cf. <i>niloticus</i> |
| Fam. Scombridae | Thunnini indet. |

Tab. 3 – Ittiofauna messiniana dagli interstrati della Vena del Gesso: A) base III° ciclo evaporitico (5.9 Ma ca.), Cava Monticino (Brisighella) ; B) base XIII° ciclo evaporitico (5.7 Ma ca.), cava Monte Tondo (Riolo Terme) e Rio Sgarba (B. Tossignano): in grassetto la specie nuova per la Scienza.



Fig. 9 – *Aphanius crassicaudus*, molto comune nel Messiniano evaporitico d'Italia e simile all'attuale nono (*A. fasciatus*) delle lagune costiere della regione mediterranea (foto M. Sami).



Fig. 10 – La “tilapia del Nilo” *Oreochromis lorenzoi* (olotipo), una specie nuova per la Scienza descritta grazie ai ritrovamenti nella Vena del Gesso presso Tossignano (lunghezza 95 mm) (foto P. Viaggi).

ecologica dell'ittiofauna dell'antico bacino della Vena del Gesso, costituita da residenti salmastri, migranti d'acqua dolce e da superpredatori marini, suggerisce un ambiente con lagune costiere caratterizzate da acque tendenzialmente salmastre ma periodicamente influenzate da apporti sia di origine francamente marina che fluviale: è possibile un confronto con ambienti simili nelle odierne coste mediterranee dell'Africa nord-orientale (fig. 11).

La paleofauna di Cava Monticino (F.ne a Colombacci)

La fauna a vertebrati fine miocenica di Cava Monticino è stata scoperta nel 1985 dall'appassionato naturalista Antonio Benericetti (detto “Tonino”). Negli anni successivi il sito è stato monitorato con attenzione dai Ricercatori del Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza in collaborazione con docenti e studenti dei Dipartimenti di Scienze della Terra delle Università

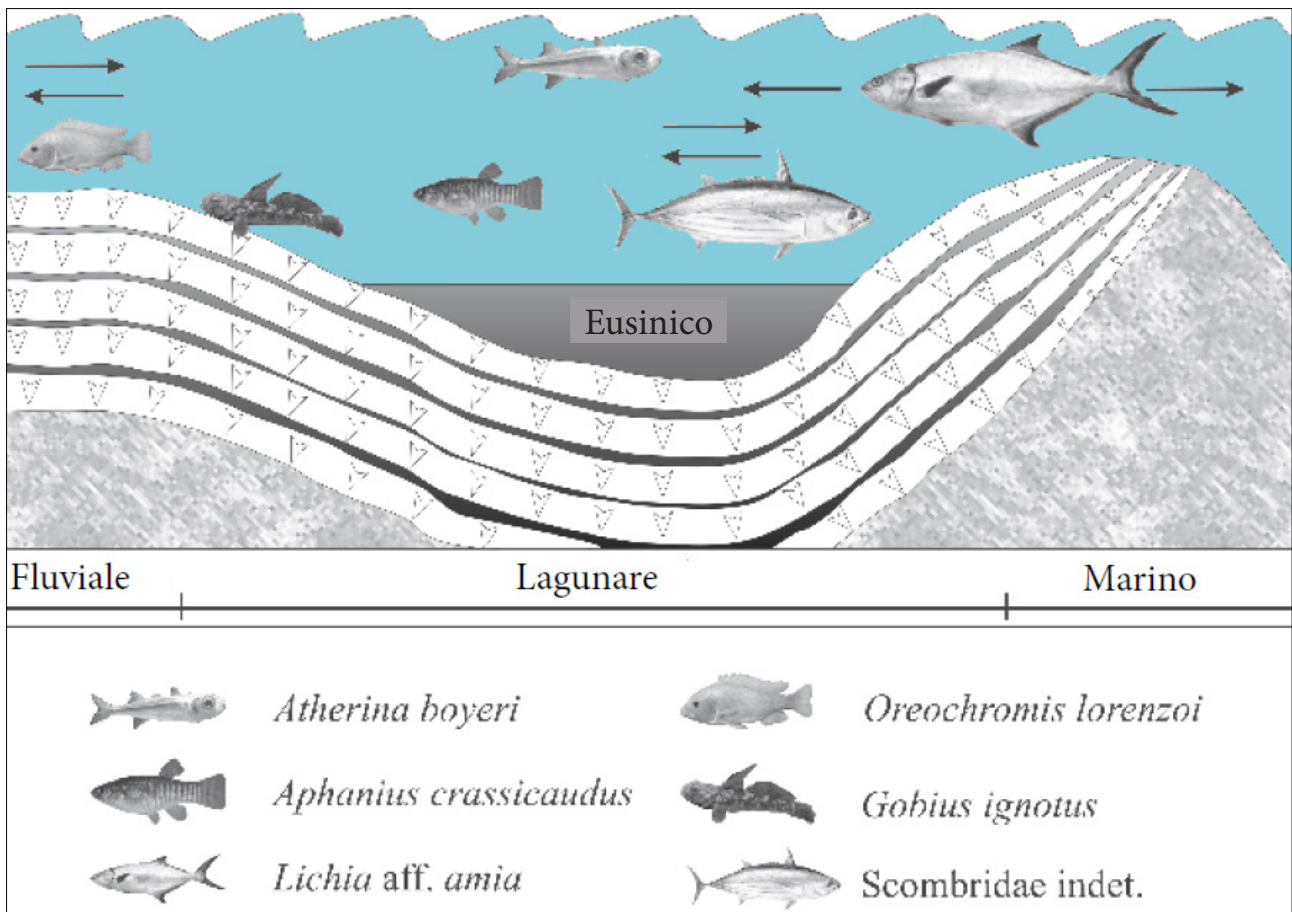


Fig. 11 – Ipotetica struttura ecologica dell'ittiofauna messiniana del bacino evaporitico della Vena del Gesso (modificato da CARNEVALE *et alii* 2008).

di Bologna e di Firenze (fig. 12). L'assetto geologico di Cava Monticino e la posizione stratigrafica dei depositi che hanno restituito la fauna rappresentano uno straordinario vincolo cronologico per la collocazione temporale di questi fossili. La messa in posto di tali depositi a vertebrati è infatti successiva all'evento tettonico intra-messiniano (circa 5.6 Ma) che ha deformato le unità gessose depostesi nel corso del Messiniano medio e precedente l'ingressione marina del Pliocene inferiore (5.33 Ma) rappresentata dalla F.ne Argille Azzurre. Questi vincoli geologico-stratigrafici permettono di assegnare cronologicamente la paleofauna di Cava Monticino alla parte terminale del Messiniano superiore (fig. 13). Tale ricco insieme è rappresentato sia da mammiferi che da uccelli, rettili, anfibi e pesci (tab. 4). Tra i mammiferi si segnalano ben 5 specie che sono state definite per la prima volta su materiale qui rinvenuto (uno ienide, un canide, un bovide e due roditori). In questo paragrafo riassumeremo brevemente l'abbondante *record* di vertebrati di questo sito: per maggiori dettagli e approfondimenti sul contesto paleobiologico o tafonomico si rimanda alla monografia da poco pubblicata (ROOK

2021) o a lavori recenti quali PANDOLFI *et alii* (2021a; 2021b), VILLA *et alii* (2021), BARTOLINI-LUCENTI *et alii* (2022). Tra i vertebrati fossili di questo giacimento i mammiferi sono la classe più rappresentata, con ben 40 *taxa* appartenenti a 10 ordini.

- Primati: tale ordine è documentato da un'unica specie, *Mesopithecus cf. pentelicus*. Imparentato con i colobini attuali, oggi diffusi in Asia orientale e Africa centro-meridionale, *Mesopithecus* era probabilmente una scimmia snella e agile, con coda lunga e faccia corta, e uno stile di vita più terricolo rispetto agli attuali colobini. Altri fossili di questo genere estinto vengono da siti dell'Europa centro-meridionale e dell'Asia minore di età Miocene superiore-Pliocene superiore.
- Proboscidi: due soli resti frammentari di molare e di difesa attestano la presenza di un proboscido gomfoteride assimilabile ad un "mastodonte", plausibilmente il tetralofodonte *Anancus*, che compare in Europa proprio nel Messiniano. I resti di proboscidi del Miocene superiore dell'Italia, benché rari e sporadici, testimoniano per il nostro Paese il passaggio da una situazione di isola-



Fig. 12 – Anno 1986: una fase degli scavi diretti dai paleontologi dell'Università di Firenze nel giacimento paleontologico della Cava Monticino presso Brisighella, RA (foto M. Sami).

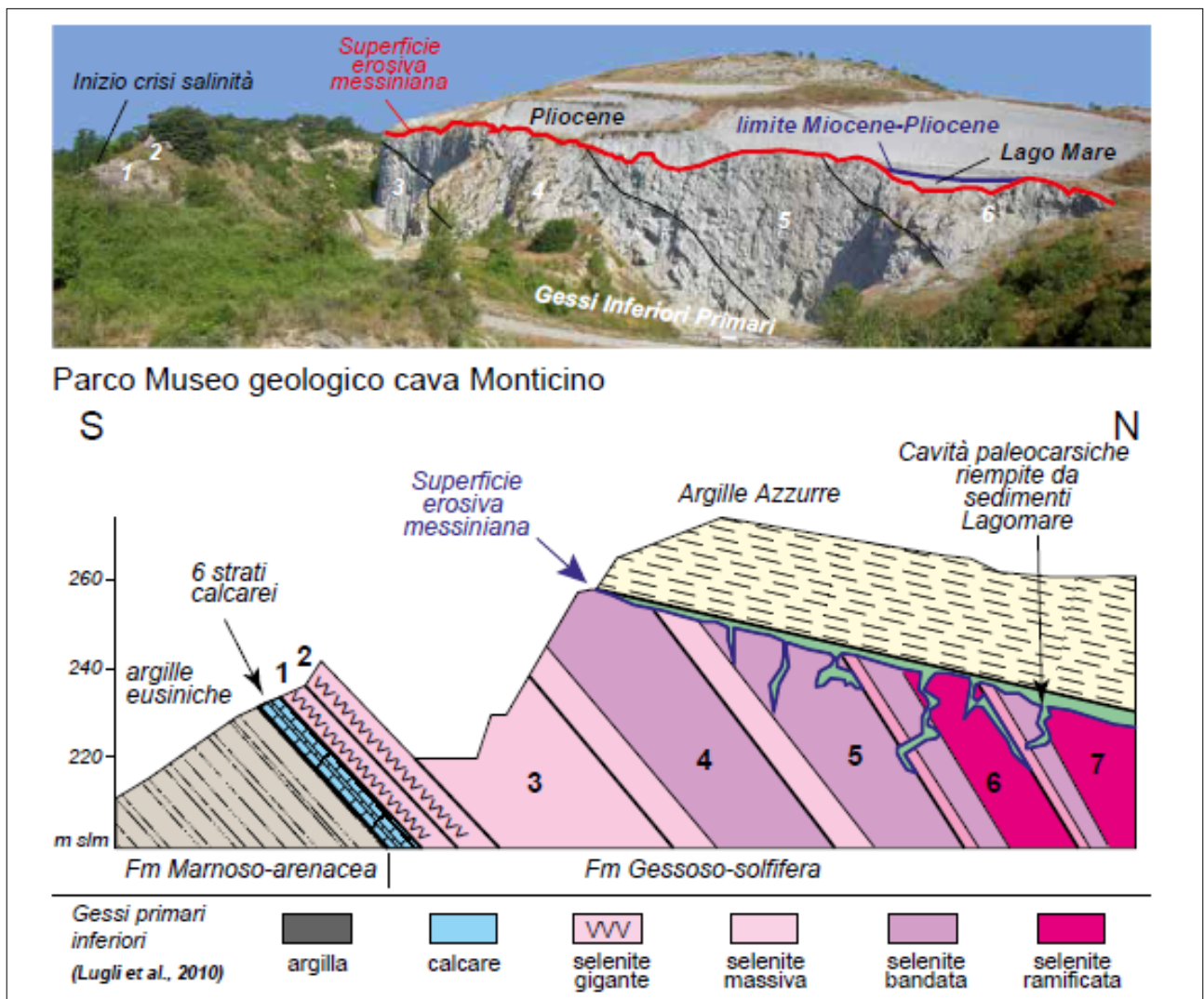


Fig. 13 – Schema stratigrafico del Geoparco di Cava Monticino: in evidenza la discordanza angolare tra evaporiti gessose e sovrastanti depositi post-evaporitici (da LUGLI 2015, modificato da MARABINI, VAI 1989).

| | | | | |
|-------------------------------------|--|--|---|--|
| Amphibia | Anura | ? <i>Latonia</i> sp. | Artiodactyla | Antilopinae indet. (taglia media) |
| | | <i>Bufo</i> cf. <i>bufo</i> | | <i>Oioceros occidentalis</i> |
| | | <i>Bufotes</i> gr. <i>viridis</i> | | Bovinae indet (cf. <i>Parabos</i>) |
| | | Bufo indet. | | <i>Pliocervus</i> sp. |
| | | <i>Hyla</i> sp. | | <i>Procapreolus</i> cf. <i>loczyi</i> |
| | | <i>Pelobates</i> sp. | | <i>Propotamochoerus</i> <i>provincialis</i> |
| | | ? <i>Pelobates</i> sp. | | <i>Eucyon monticinensis</i> |
| | | <i>Pelophylax</i> sp. | | <i>Felis</i> cf. <i>christoli</i> |
| | | Anura indet. 1 | | <i>Lycyaena</i> cf. <i>chaeretis</i> |
| | | Anura indet. 2 | | <i>Plioviverrops faventinus</i> |
| Urodela | <i>Lissotriton</i> sp. | <i>Mellivora benfieldi</i> | Carnivora | <i>Megaderma</i> cf. <i>mediterraneum</i> |
| | Urodela indet. | <i>Asellia</i> cf. <i>mariatheresae</i> | | |
| Reptilia | Testudines | <i>Testudo</i> s.l. | Chiroptera | <i>Hipposideros</i> cf. <i>vetus</i> |
| | | <i>Mauremys</i> sp. | | <i>Myotis</i> cf. <i>boyeri</i> |
| | | Testudines indet. | | <i>Rhinolophus</i> cf. <i>kowalskii</i> |
| | Crocodylia | Crocodylia indet. | | <i>Rhinolophus</i> sp. |
| | | Agaminae indet. | | <i>Mioechinus</i> sp. |
| | Eremiadini indet. | <i>Parasorex depereti</i> | Eulipotyphla | cf. <i>Miosorex desnoyersianus</i> |
| | Lacertidae indet. | <i>Neomyosorex</i> sp. | | |
| | Scincidae indet. | <i>Ophisaurus</i> sp. | Lagomorpha | cf. <i>Trischizolagus</i> sp. |
| | <i>Pseudopus</i> sp. | <i>Prolagus sorbinii</i> | | |
| | Anguinae indet. (non- <i>Anguis</i>) | <i>Pseudopus</i> sp. | Perissodactyla | <i>Hippotherium malpassii</i> |
| | <i>Varanus</i> sp. | <i>Platyiceps planicarinatus</i> | | <i>Pliorhinus megarhinus</i> |
| | <i>Eryx</i> cf. <i>jaculus</i> | cf. <i>Paleoheterodon arcuatus</i> | Primates | <i>Mesopithecus</i> cf. <i>pentelicus</i> |
| | <i>Platyiceps planicarinatus</i> | <i>Natrix</i> sp. | | Proboscidea |
| | cf. <i>Paleoheterodon arcuatus</i> | <i>Malpolon</i> sp. | Rodentia | |
| | <i>Natrix</i> sp. | <i>Vipera</i> s.l. (gr. "vipere orientali") | | <i>Ruscinomys</i> cf. <i>lasallei</i> |
| | <i>Malpolon</i> sp. | <i>Vipera</i> sp. 2 | | <i>Muscardinus</i> sp. |
| | <i>Vipera</i> s.l. (gr. "vipere orientali") | Colubroides indet. | | <i>Myomimus</i> sp. |
| | <i>Vipera</i> sp. 2 | Squamata indet. 1 (non serpente) | | <i>Hystrix depereti</i> |
| | Colubroides indet. | Squamata indet. 2 | | <i>Apodemus</i> cf. <i>gudrunae</i> |
| Squamata indet. 1 (non serpente) | | <i>Paraethomys meini</i> | | |
| Squamata indet. 2 | | <i>Stephanomys debruijni</i> | | |
| | | <i>Centralomys benericettii</i> | | |
| | | <i>Occitanomys</i> sp. | | |
| | | <i>Atlantoxerus</i> cf. <i>rhodius</i> | | |
| | | <i>Hylopetes</i> sp. | | |
| | | Tubulidentata | <i>Amphyorycteropus</i> cf. <i>gaudryi</i> | |

Tab. 4 – Lista faunistica completa dei vertebrati continentali tardo-messiniani del giacimento paleontologico di Cava Monticino (segundo Rook 2021); in grassetto le specie nuove per la Scienza.

mento geografico nel Tortoniano a quella di una piena connessione paleogeografica con l'Europa all'inizio del Messiniano.

- Carnivori: in quanto ad abbondanza di reperti costituiscono il gruppo di gran lunga più numeroso tra i grandi mammiferi e son rappresentati da 5 *taxa* diversi. *Felis cf. christoli*, la cui taglia si avvicina a quella delle linci attuali, è uno dei felini di medie dimensioni presenti in diverse località del Miocene superiore-Pliocene inferiore del Vecchio Mondo, ma le sue parentele più strette tra i Felidae sono ancora oggetto di studio. Gli ienidi sono rappresentati da 2 *taxa*: *Lycyaena cf. chaeretis*, di grandi dimensioni e con adattamenti ad una dieta parzialmente durofaga e una specie di corporatura esile descritta per le sue peculiarità rispetto alle altre specie eurasiatiche come *Plioviverrops faventinus* (così denominata in onore della città di Faenza) (fig. 14), il *taxon* decisamente più abbondante tra i carnivori. *P. faventinus* aveva dieta onnivora o insettivora e caratteristiche anatomiche abbastanza evolute: questa specie costituisce una delle forme più derivate della linea evolutiva di *Plioviverrops*, un genere diffuso nel tardo Miocene del continente europeo e probabilmen-

te giunto in Italia con provenienza dall'Europa orientale. Interessante è il *record* di un canide di taglia media, *Eucyon monticinensis*, il cui nome specifico fa onore al sito di ritrovamento. La sua presenza dimostra un primo evento di espansione della famiglia dei canidi dal continente americano a quello eurasiatico avvenuta proprio alla fine del Miocene: il piccolo cane di Brisighella è quindi uno dei più antichi rappresentanti europei di tale gruppo. Recentemente questa specie è stata rinvenuta anche nel giacimento coevo di Verduno, in Piemonte, e in alcuni siti spagnoli. Una mandibola frammentaria può essere attribuita all'antenato del tasso del miele attuale, *Mellivora benfieldi*, il cui ritrovamento a Cava Monticino rappresenta la prima (e unica) documentazione fuori dall'Africa per questo genere.

- Tubulidentati: specie forse più "esotica" presente nell'associazione di Cava Monticino è certamente *Amphyorycteropus cf. gaudryi*, un mammifero tubulidentato parente dell'attuale oritteropo ("formichiere africano") *Orycteropus afer*, diffuso oggi in Africa sud-sahariana e caratterizzato da una dieta costituita quasi esclusivamente da termiti. Tale genere, pur essendo relativamente



Fig. 14 – Cranio di *Plioviverrops faventinus*, un piccolo ienide estinto descritto per la prima volta per mezzo dei reperti della Cava Monticino (foto P. Lucci).

raro, ha avuto durante il Mio-Pliocene un'area di distribuzione piuttosto ampia alle latitudini mediterranee: il "formichiere" di Brisighella rappresenta in ogni caso la segnalazione più occidentale di questo tubulidentato per il Miocene dell'Eurasia.

- Perissodattili: è un ordine di mammiferi generalmente ben rappresentato nei siti del Miocene superiore ma scarsamente documentato in quelli italiani, perciò anche gli scarsi reperti di Cava Monticino costituiscono comunque una testimonianza importante. I pochi resti di rinoceronte possono essere attribuiti a *Pliorhinus megarhinus*, una forma diffusa in Europa centro-meridionale nel Mio-Pliocene (fig. 15); la sua presenza suggerisce una dispersione di *taxa* dell'Europa orientale verso occidente durante il Messiniano. Anche i reperti fossili di equidi sono scarsi, ma le morfologie dentali sono del tutto simili a quelle rinvenute in altri siti italiani miocenici e quindi attribuibili all'hipparionino *Hippotherium malspassii*. Tali equidi tridattili comparvero in Nord America e giunsero in Eurasia e Africa nel Miocene medio-superiore (circa 12,5 Ma), originando un notevole numero di specie per poi estinguersi nel corso del Pliocene inferiore.
- Artiodattili: sebbene non numerosi, i resti rinvenuti al Monticino sono importanti a livello paleontologico e ascrivibili alle 3 famiglie Suidae, Bovidae e Cervidae. Malgrado la diversità molto bassa in confronto alle coeve faune europee, il bovide meglio rappresentato è l'antilope *Oioceros occidentalis*. Questa specie (descritta per la prima volta sui resti di Cava Monticino) presenta corna dalla superficie solcata e spirale con torsione in senso antiorario, caratteristica che la rende affine a forme di bovidi del Miocene medio-superiore della regione balcanico-iraniana (fig. 16); i resti di *Oioceros* italiani rappresentano la segnalazione più occidentale del genere (da qui il nome specifico). Sono presenti anche altri 2 bovidi: un *taxon* di grande taglia attribuito alla grossa antilope cf. *Parabos* rientra nei boselafini (gruppo dal quale potrebbero aver avuto origine i bovini moderni come bufali e buoi); un terzo bovide, non meglio identificabile (*Antilopinae* indet.), è rappresentato da alcuni reperti di taglia intermedia tra i due *taxa* precedenti. I resti di un suide dalle dimensioni di un grosso cinghiale sono stati ascritti alla specie *Propotamochoerus provincialis*, largamente diffusa durante il Miocene superiore d'Europa e di possibile origine asiatica. I reperti riferibili ai cervidi sono limitati a pochi frammenti di denti, ossa e di palco. Essi sono attribuibili a *Procapre-*

olus cf. *loczyi*, una specie nota in Europa centrale e orientale ma poco conosciuta in Italia, e a *Pliocervus* sp., cervide abbastanza diffuso nei depositi tardo-miocenici europei e italiani. La presenza di questi due *taxa* è caratteristica nelle località attribuite al Messiniano e suggerisce una affinità biogeografica della fauna con quelle dell'Europa centro-orientale.

- Roditori: sono di gran lunga la componente più consistente della fauna di Cava Monticino essendo documentati da molte migliaia di piccoli resti fossili attribuibili a 12 specie, due delle quali descritte per la prima volta in questo sito. Le condizioni tafonomiche fanno ritenere che la composizione fossile, per i roditori, corrisponda all'effettiva associazione vivente. I muridi, il gruppo più abbondante, includono *Stephanomys debruijni*, *Centralomys benericettii* (in onore dello scopritore del giacimento di Cava Monticino: "Tonino" Benericetti), *Paraethomys anomalus*, *Occitanomys* sp. e *Apodemus* cf. *gudrunae* (antenato dell'odierno topo selvatico *Apodemus sylvaticus*). I cricetidi invece sono rappresentati da 2 specie, *Cricetus* cf. *barrierei* e *Ruscinomys* cf. *lasallei*, mentre gli sciuridi includono *Atlantoxerus* cf. *rhodius* (scoiattolo terricolo, simile all'attuale xero dell'Atlante) e *Hylometes* sp. (genere di scoiattoli volanti ancora viventi nel Sudest Asiatico). Tra i gliridi sono stati identificati *Myomimus* sp. (genere vivente in Europa orientale e Asia ed esistito nel Mio-Pleistocene di Grecia e Medio Oriente) e *Muscardinus* sp. (genere tuttora esistente). Il roditore più grande all'interno dell'associazione è *Hystrix depereti*, un istrice preistorico segnalato per la prima volta in giacimenti del Miocene superiore della Grecia e poi rinvenuto in numerosi depositi mio-pliocenici circum-mediterranei (fig. 17). Nel loro complesso, i roditori suggeriscono un ambiente aperto relativamente arido, intervallato da spazi di foresta secca con sottobosco più o meno fitto, con una temperatura annua media di circa 13-14 °C.
- Lagomorfi: la forma più comune è *Trischizolagus*, genere fossile che ha avuto una distribuzione europea orientale-meridionale (e.g., Romania, Grecia.) durante il Mio-Pliocene, probabilmente legato ai leporidi moderni. L'altro lagomorfo è l'ocotonide *Prolagus sorbinii*, parente delle "lepri fischianti" asiatiche attuali.
- Insettivori: i resti della Cava Monticino sono abbondanti e mostrano legami con le contemporanee associazioni europee. La specie più comune è *Parasorex depereti*, un *taxon* diffuso nel Mio-Pliocene dell'Europa antenato dei moderni "ratti lunari" del

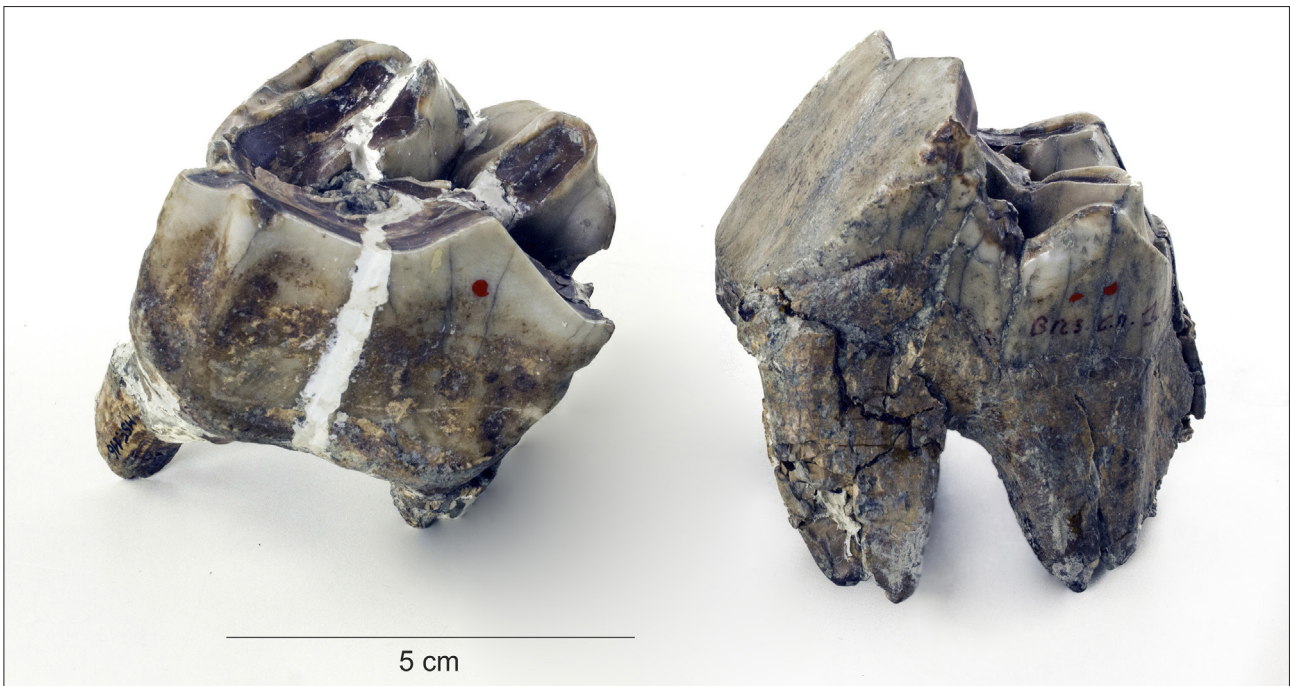


Fig. 15 – Massicci molari superiori del rinoceronte bicerne *Pliorhinus cf. megarhinus* (foto P. Lucci).



Fig. 16 – Emimandibola destra di altra specie nuova per la Scienza dalla Cava Monticino: la “antilope caprina” *Oioceros occidentalis* (foto P. Lucci).

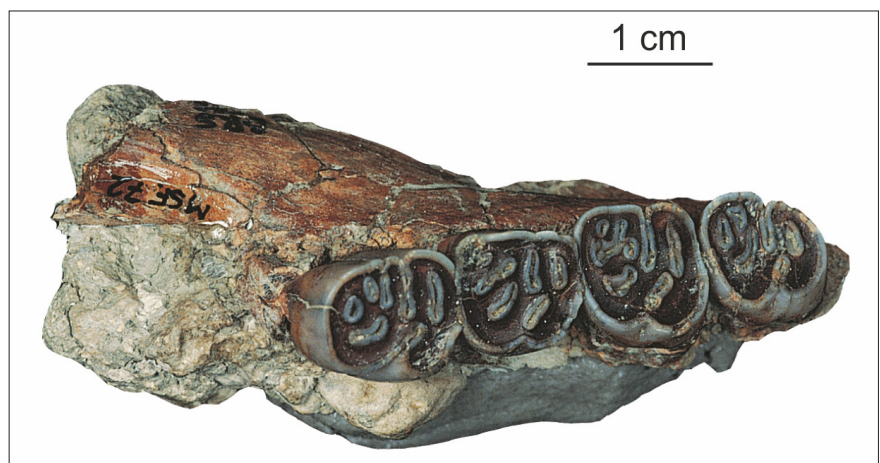


Fig. 17 – *Hystrix depereti*, un istrice messiniano dalla Cava Monticino: mandibola sinistra in vista occlusale (foto P. Lucci).

Sudest Asiatico: come gli altri membri dello stesso genere doveva essere un animale opportunista e probabilmente legato ad un ambiente forestale relativamente caldo e umido. Resti di *Neomyosorex* sp. (un parente dei toporagni), potrebbero suggerire la presenza di specchi d'acqua dolce permanenti. Completano l'associazione pochi frammenti che identificano i due ulteriori insettivori cf. *Miosorex desnoyersianus* e *Mioechinus* sp.

- Chiroterti: per quanto riguarda quest'ordine l'associazione di Cava Monticino è la più ricca del Miocene italiano. La presenza più insolita risulta quella del megadermatide *Megaderma* cf. *mediterraneum*, un pipistrello imparentato con i "falsi vampiri" oggi diffusi a livello tropicale dall'Africa all'Oceania; tale specie è stata presente in Europa centromeridionale dal Miocene medio fino al Pliocene. A questa forma si aggiungono altri 5 taxa: *Rhinolophus* cf. *kowalskii*, *Rhinolophus* sp., *Myotis* cf. *boyeri*, e gli ipposideridi *Hipposideros* cf. *vetus* e *Asellia* cf. *mariaethersae*. La presenza del megadermatide e degli ipposideridi suggerisce un ambiente tropicale-subtropicale, piuttosto arido, con temperature non inferiori ai 14° C.
- Rettili e anfibi: l'erpetofauna di Cava Monticino, molto diversificata, è rappresentata complessivamente da almeno 26 differenti taxa (8 anfibi e 18 rettili; tab. 1) includendo urodeli, anuri, testuggini terrestri e palustri, coccodrilli, lucertole, anfisbene e serpenti. Una tale diversità costituisce un caso raro nel quadro delle erpetofaune del Miocene, generalmente molto più povere. Nel complesso, l'associazione presenta affinità afro-asiatiche e include le più antiche testimonianze fossili finora conosciute di alcuni taxa, come i boa delle sabbie (appartenenti alla linea evolutiva della specie attuale *Eryx jaculus*) o i serpenti del genere *Malpolon*. Un campione così ampio ci permette anche di fare inferenze di tipo paleoambientale: il quadro che ne emerge rappresenta un ambiente complessivamente caldo, generalmente arido ma con presenza di corpi d'acqua, affioramenti rocciosi e aree con suoli più incoerenti, così come la compresenza di aree aperte che a maggiore copertura vegetale.
- Uccelli: i resti che li documentano sono assai frammentari e appartengono a soli 5 taxa. Un tibiotarso di otarda costituisce il record più antico finora trovato di questo uccello. La presenza di fasianidi e di otarda indica ambienti aperti e tendenzialmente secchi, anche se i pochi resti non permettono considerazioni più precise.

In generale si sottolinea il grande interesse scientifico della paleofauna di Cava Monticino, in quanto rap-

presenta un caso unico in particolar modo per la sua ottimale calibrazione cronologica: a livello internazionale sono infatti pochissime le località fossilifere che, oltre ad annoverare sia macro- che microvertebrati, possono contare su una chiara datazione basata su biostratigrafia dei depositi marini, biocronologia continentale a mammiferi, magnetostratigrafia e assetto geologico-tettonico del giacimento. Insomma, un piccolo gioiello paleontologico che va ad arricchire il patrimonio UNESCO delle evaporiti dell'Appennino settentrionale.

Le paleofaune del Pleistocene superiore

In ambito regionale la distribuzione dei depositi faunistici tardo-pleistocenici a macromammiferi è disomogenea e limitata ad alcune aree nel settore centro-orientale (Bologna) e orientale (Brisighella) della Formazione Gessoso-solfifera.

A est di Bologna i giacimenti si ubicano fra i torrenti Savena-Zena: i dati più significativi provengono dai riempimenti sedimentari di 4 diverse cavità paleocarsiche di varia genesi erosiva ed estensione (Cava a Filo, Cava I.E.C.M.E., Grotta Serafino Calindri, Cava Fiorini) che hanno restituito, a più riprese, faune, pollini e industria litica (NENZIONI, LENZI 2018; NENZIONI *et alii* 2018, 2023). La loro messa in posto è concomitante con pulsazioni climatiche estreme, distribuite in termini di crono-stratigrafia isotopica marina durante gli stadi MIS 3 – MIS 2, che hanno innescato a più riprese significativi episodi di degrado erosivo dei versanti. Gli esiti più rilevanti di questo fenomeno culminano con l'acme dell'Ultimo Massimo Glaciale (UMG o LMG – *Last Glacial Maximum*) e l'inizio del Tardoglaciale.

Scarsi resti di vertebrati fossili grosso modo coevi sono segnalati anche nella parte orientale della Vena del Gesso romagnola tra il torrente Sintria ed il fiume Lamone (Grotta Giovanni Leoncavallo e Grotta Rosa Saviotti e, principalmente, Grotta Risorgente del Rio Cavinale) (SAMI, GHEZZO 2015).

Nel loro insieme le paleofaune provengono da depositi a matrice limoso-ghiaiosa, connessi con fenomeni di rimobilitazione e trasporto all'interno dei sistemi carsici ipogei di suoli pertinenti al substrato pleistocenico circostante. L'insieme faunistico è rappresentato da vertebrati appartenenti alle classi dei mammiferi e degli uccelli per un totale di 42 specie. La prima si compone di 33 specie appartenenti a 7 ordini, mentre la seconda conta 9 specie suddivise in 4 ordini (tabb. 5a, 5b).

Il deposito di Cava a Filo, di elevato contenuto paleontologico e palinologico e oggetto di ricerche sistematiche a partire dal 2006, ha restituito lo spettro faunistico più rilevante e sequenziato. Buona parte degli

altri siti, per la genesi formativa dei giacimenti (trasporti anche massivi di riempimento carsico e/o di origine fluvio-carsica) soggetti ad indagini saltuarie o condizionate dai lavori estrattivi di cava, hanno fornito insieme numericamente limitati o più frammentari, ma di rilevante interesse per l'integrazione del quadro faunistico e cronologico generale.

I reperti a tutt'oggi determinati sono a seguito elencati in ordine tassonomico:

- Carnivori: riuniscono 11 specie, a cominciare dal leopardo (*Panthera cf. pardus*) cui viene dubitativamente attribuito il frammento apicale di canino di un individuo adulto dalla Grotta della Risorgente del Rio Cavinale. Il secondo felide identificato nello stesso giacimento corrisponde a una grossa lince (*Lynx cf. lynx*), di cui rimane un incisivo superiore. Sottospecie della iena macchiata, la iena delle caverne (*Crocota crocuta spelaea*), è documentata da un'emimandibola sinistra dalla Grotta Serafino Calindri inquadrabile su base radiocarbonica in un momento di inasprimento climatico dello stadio finale MIS 3 (fig. 18). I resti di lupo (*Canis lupus*), specie cosmopolita ed ecomorfa, provengono in massima parte dalle unità stratigrafiche UMG del sito di Cava a Filo (serie sedimentaria 1), dove attestano la notevole presenza del principale predatore specializzato nella caccia alla megafauna a bisonte delle steppe. Indagini paleogenetiche coordinate dall'Università di Bologna - Laboratorio del DNA antico - Campus di Ravenna hanno analizzato il DNA mitocondriale di 17 reperti mettendo in evidenza che due di questi, datati 25005-24407 e 20161-20577 cal. BP, ricadono nell'aplogruppo canino A, oggi il più diffuso nei cani moderni europei (CIUCANI *et alii* 2019; KROUPADI *et alii* 2020; IACOVERA *et alii* 2021). Le evidenze paleogenetiche in questi lupi del tardo Pleistocene retrodatano di oltre 10000 anni l'insorgenza di questo aplogruppo in Eurasia e aggiungono preziose informazioni sull'origine temporale e spaziale delle linee mitocondriali che potrebbero aver avuto un primo ruolo nella domesticazione del cane. Sempre nell'ambito dei Canidi più rara risulta la volpe, attestata in un'unità stratigrafica tardoglaciale di Cava a Filo. Scarsi reperti di *Ursus spelaeus*, fra cui elementi della dentatura appartenenti sia ad adulti che a esemplari giovanili, provengono dalla Grotta Risorgente del Rio Cavinale (fig. 19). Un canino di *Ursus sp.* dalla Grotta Saviotti rientra invece nella variabilità fra *U. arctos* e *U. spelaeus*. La mandibola di ghiottone (*Gulo gulo*) di Cava Fiorini, riconducibile all'ultimo picco freddo UMG, costituisce una delle rare attestazioni dell'animale a sud del fiume

| | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Mammiferi | Carnivori | <i>Panthera cf. pardus</i> |
| | | <i>Linx linx</i> |
| | | <i>Crocota crocuta spelaea</i> |
| | | <i>Canis lupus</i> |
| | | <i>Vulpes vulpes</i> |
| | | <i>Ursus sp.</i> |
| | | <i>Ursus spelaeus</i> |
| | | <i>Meles meles</i> |
| | | <i>Gulo gulo</i> |
| | | <i>Mustela erminea</i> |
| | | Perissodattili |
| | <i>Equus hydruntinus</i> | |
| | <i>Stephanorhinus cf. hemitoechus</i> | |
| | Artiodattili | <i>Sus scrofa</i> |
| | | <i>Capreolus capreolus</i> |
| | | <i>Cervus cf. elaphus</i> |
| | | <i>Megaloceros giganteus</i> |
| | | <i>Bos primigenius</i> |
| | Roditori | <i>Bison priscus</i> |
| | | <i>Marmota marmota</i> |
| | | <i>Glis glis/Myoxus glis</i> |
| <i>Arvicola amphibius</i> | | |
| <i>Microtus agrestis</i> | | |
| <i>Microtus arvalis</i> | | |
| <i>Microtus savii</i> | | |
| <i>Chionomys nivalis</i> | | |
| <i>Clethrionomys glareolus</i> | | |
| <i>Apodemus cf. sylvaticus</i> | | |
| Lagomorfi | <i>Lepus europaeus</i> | |
| | <i>Lepus timidus</i> | |
| Insettivori | <i>Erinaceus europaeus</i> | |
| | <i>Sorex gr. araneus</i> | |
| Chiroteri | <i>Plecotus gr. auritusaustricus</i> | |

Tab. 5 a – Lista faunistica dei mammiferi del Pleistocene superiore nei Gessi bolognesi e nella Vena del Gesso ro-magnola.

| | | |
|----------------|---------------------|--------------------------------|
| Uccelli | Phasianidae | <i>Lagopus mutus</i> |
| | | <i>Alectoris graeca</i> |
| | | <i>Lyrurus tetrix</i> |
| | | <i>Perdix perdix</i> |
| | Accipitridae | <i>Aquila chrysaetos</i> |
| | Falconidae | <i>Falco tinnunculus</i> |
| | Corvidae | <i>Nucifraga caryocatactes</i> |
| | | <i>Pyrrhocorax graculus</i> |
| | | <i>Corvus cf. corax</i> |

Tab. 5 b – Lista faunistica degli Uccelli del Pleistocene superiore nei Gessi bolognesi.



Fig. 18 – Grotta Serafino Calindri: emimandibola sinistra in norma labiale e occlusale della iena delle caverne *Crocuta crocuta spelea* (foto F. Grazioli).



Fig. 19 – Dente canino superiore di orso delle caverne (*Ursus spelaeus*) dalla Grotta Risorgente del Rio Cavinale (Archivio Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza).

Po: attualmente il grande mustelide è diffuso nelle zone artiche a tundra e taiga e nelle zone montuose boscate a clima alpino dell'emisfero boreale (penisola scandinava, stati baltici, Russia settentrionale) (fig. 20). Altri mustelidi presenti sono l'ermellino (*Mustela erminea*) e il tasso (*Meles meles*), quest'ultimo legato ad ambienti a buona copertura arborea o arbustiva. Entrambe le specie sono segnalate nei livelli tardoglaciali di Cava a Filo (PASINI 1969, 1970).

- Perissodattili: elementi della dentatura di equidi (*Equus* sp.), non inquadrabili nello specifico ma rientranti nelle specie wurmiane di grande taglia, provengono dai siti di Cava I.E.C.ME. – inghiottitoio A, Grotta Calindri e Cava Fiorini. Cronologicamente si distribuiscono fra lo *step* centrale MIS 3 e l'ultimo apicale freddo UMG. I resti di asino europeo (*Equus hydruntinus*), rappresentato nel sito di Cava a Filo da elementi della dentatura, sono cospicui nel Tardoglaciale soprattutto nella parte centro-meridionale della Penisola e in minor frequenza nelle zone interne dell'Appennino: sporadiche sono invece le presenze in Italia settentrionale, con l'occorrenza più a nord a Riparo Tagliente (VR). Documentato nella Grotta Risorgente del Rio Cavinale da una falange, il rinoceronte delle steppe o dal naso stretto (*Stephanorhinus* cf. *hemitoechus*), insieme all'affine rinoceronte lanoso (*Coelodonta antiquitatis*) con cui conviveva a partire dal MIS 4, si ricollega a zone aperte di tipo steppico, ricche di bassa vegetazione e a clima temperato.
- Artiodattili: i suidi sono documentati esclusivamente dal cinghiale (*Sus scrofa*), rinvenuto nei soli Gessi bolognesi e attribuibile su base radiocarbonica alla fase iniziale del MIS 2. Fatta eccezione per il cervo nobile (*Cervus elaphus*) della Grotta Risorgente del Rio Cavinale, i cervidi comprendono prevalentemente 2 specie di taglia assai diversa ovvero l'esile capriolo (*Capreolus capreolus*) e l'imponente megacero (*Megaloceros giganteus*), che si caratterizzava per i grandi palchi palmati negli individui di sesso maschile (fig. 21): nel sito di Cava a Filo quest'ultimo è attestato sino al Tardoglaciale, intorno a 17000 anni da oggi. La maggior parte dei bovidi è attribuibile a bisonte delle steppe (*Bison priscus*), molto abbondante nei depositi dei Gessi bolognesi (fig. 22) e solo occasionalmente nei gessi romagnoli (Grotta Saviotti). Nel sito di Cava a Filo, il più importante della penisola italiana per qualità e quantità dei recuperi, risulta ancora ben presente nel pieno Tardoglaciale (SALA 1985, 1987). Nell'ambito dei bovidi si individua

anche la presenza, rara o sporadica, dell'uro (*Bos primigenius*).

- Roditori: la marmotta (*Marmota marmota*), sciuride registrato nel Pleistocene superiore in tutto l'arco alpino ed anche a basse altitudini, è segnalata con maggiore frequenza nell'ultimo *step* freddo UMG documentato dai depositi di Cava a Filo, Cava I.E.C.ME. – SIA e Cava Fiorini. Scarsamente rappresentati sono i gliridi, ai quali appartiene il ghiro (*Glis glis*). L'associazione a piccoli mammiferi presente nel deposito di Cava a Filo (11 specie), principalmente nei livelli del Dryas antichissimo (*Oldest Dryas* o Dryas 1), si caratterizza per la bassa biodiversità. Fra i cricetidi, specie prevalente è l'arvicola campestre (*Microtus arvalis*). La presenza, in sottordine, di arvicola acquatica (*Arvicola amphibius*) fa presumere l'esistenza di specchi d'acqua nelle vicinanze del sito. Più sporadica, ma significativa dal punto di vista paleoecologico e paleoclimatico, l'arvicola delle nevi (*Chionomys nivalis*).
 - Lagomorfi: entrambi i leporidi – lepre comune (*Lepus europaeus*) e lepre bianca (*Lepus timidus*) (fig. 23) – provengono dal sito di Cava a Filo. La specie *L. timidus*, in Italia oggi presente con una popolazione ristretta all'arco alpino, durante l'Ultimo Massimo Glaciale e il successivo periodo di miglioramento climatico era distribuita con continuità fra Nord Europa e Asia al di sotto del limite dei ghiacciai.
- Il quadro faunistico dei mammiferi è completato da occorrenze isolate di soricidi (toporagno – *Sorex gr. araneus*) e chiroteri (orecchione grigio - *Plecotus gr. auritusaustricus*).
- Uccelli: solo i depositi dei Gessi bolognesi hanno restituito anche resti di avifauna del Pleistocene superiore. I *taxa* annoverano: fagiano di monte (*Lyrurus tetrax*), pernice bianca (*Lagopus mutus*), starna (*Perdix perdix*), nocciolaia (*Nucifraga caryocatactes*), gracchio (*Pyrrhonorax graculus*), gheppio (*Falco tinnunculus*), coturnice (*Alectoris graeca*), corvo (*Corvus* cf. *C. corax*) e aquila reale (*Aquila chrysaetos*). Queste specie si distinguono per la loro diffusione in areali con picchi rocciosi, praterie aride e fredde, ambienti artici o alpini con radi alberi. Nella maggioranza dei casi i resti provengono dalle unità stratigrafiche del primo Tardoglaciale di Cava a Filo, eccetto *A. graeca* (Cava I.E.C.M.E. – ingh.A) e *C. cf. corax* (Grotta Calindri) rispettivamente riconducibili come cronologia alle fasi centrali e finali dello stadio isotopico MIS 3.

In conclusione, gli aspetti di interesse offerti dai giacimenti a vertebrati fossili del Pleistocene superiore



Fig. 20 – Mandibola in norma occlusale, labiale destra e labiale sinistra di ghiottone (*Gulo gulo*), Cava Fiorini (foto F. Grazioli).



Fig. 21 – Cava a Filo: emimandibola destra giovanile in norma laterale dell'imponente cervide estinto *Megaloceros giganteus* (foto F. Grazioli).



Fig. 22 – Neurocranio con cavicchie ossee in norma frontale e nucale del bisonte delle steppe (*Bison priscus*), Cava I.E.C.M.E. (foto F. Grazioli).



Fig. 23 – Cava a Filo: cranio in norma frontale, laterale e basale di *Lepus timidus*, la lepre bianca presente oggi in Italia soltanto sull'arco alpino (foto F. Grazioli).

dei Gessi bolognesi e della Vena del Gesso romagnola sono molteplici. Si segnala, in primo luogo la varietà del *record* faunistico che, seppure limitato ai soli mammiferi e uccelli, consente una ricostruzione paleoambientale a un buon livello di dettaglio in un arco temporale racchiuso fra la fase centrale del MIS 3 e il MIS 2, con particolare riguardo per gli step evolutivi dell'Ultimo Massimo Glaciale.

La presenza di resti dei grandi carnivori connessi con la predazione, appartenenti a specie non o raramente registrate in territorio regionale come *Panthera cf. pardus*, *Lynx cf. lynx*, *Ursus spelaeus*, *Crocuta crocuta spelaea* e *Gulo gulo*, unitamente a quanto le indagini sul DNA antico stanno rivelando in merito a *Canis lupus* e al ruolo giocato dalla popolazione italiana nel

processo di domesticazione del cane in Europa, costituisce il segnale della rilevanza scientifica di questi giacimenti in uno scenario che va certamente oltre i confini nazionali.

La campagna di ricerche nel sito di Cava a Filo, completata dalle indagini sui pollini fossili contenuti nei sedimenti di tutti i depositi bolognesi e dall'importante serie di datazioni al ^{14}C (25 esami radiometrici) permette di ricostruire in sequenza eventi climatici e paleoambientali racchiusi fra 44000 e circa 14500 anni dal presente (tab. 6).

Filo conduttore faunistico del tardo Pleistocene, il *Bison priscus* (e in misura più limitata il *Megaloceros giganteus*), rimanda alla lunga sussistenza sul margine appenninico di ambienti freddi, aperti, di steppa o

| PROVENIENZA REPERTO | MATERIALE ANALIZZATO | DATA ^{14}C | CAL. 2σ BP |
|--|---|----------------------|----------------------|
| CAVA A FILO (Livello I – scavi Pasini 1969) | Carbone | 11150 ± 650 | 14204 - 14842 |
| CAVA A FILO FASE DI SEDIMENTAZIONE 3 (US. 100 – scavi 2019) | <i>Megaloceros giganteus</i> | 14031 ± 75 | 17352 - 16859 |
| CAVA A FILO FASE DI SEDIMENTAZIONE 3 (Livello f – scavi Pasini 1969) | Carbone | 15000 ± 150 | 18586 - 17890 |
| CAVA I.E.C.M.E. – SIA | <i>Megaloceros giganteus</i> | 16227 ± 65 | 19842 - 19379 |
| CAVA A FILO FASE DI SEDIMENTAZIONE 2 (US. 201) | <i>Megaloceros giganteus</i> | 16900 ± 60 | 20577 - 20161 |
| CAVA FIORINI | <i>Gulo gulo</i> | 16969 ± 120 | 20786 - 20121 |
| CAVA FIORINI (CA.FIO1959/01-A) | <i>Bison priscus</i> | 17018 ± 45 | 20695 - 20340 |
| CAVA A FILO FASE DI SEDIMENTAZIONE 2 (US. 150) | <i>Bison priscus</i> | 18018 ± 75 | 22182 - 21704 |
| CAVA A FILO FASE DI SEDIMENTAZIONE 1 (US. 167) | Costola (cf. <i>Bison priscus</i>) | 19434 ± 75 | 23750 - 23152 |
| CAVA A FILO FASE DI SEDIMENTAZIONE 1 (US. 80) | <i>Bison priscus</i> | 20786 ± 120 | 25341 - 24631 |
| GROTTA SERAFINO CALINDRI (RS area 3) | <i>Sus scrofa</i> | 22558 ± 150 | 27276 - 26456 |
| GROTTA SERAFINO CALINDRI (SE.CAL 193/06-B) (RM US 4) | Fr. arto (cf. <i>Bison priscus</i>) | 26757 ± 150 | 31147 - 30701 |
| GROTTA SERAFINO CALINDRI (SE.CAL 193/06-C) (RM US 4) | Fr. arto (cf. <i>Bison priscus</i>) | 33159 ± 200 | 38160 - 36605 |
| CAVA I.E.C.M.E. (Inghiottoio A) | <i>Bison priscus</i> | 39720 ± 360 | 44412 - 43100 |

Tab. 6 – Serie di datazioni ^{14}C effettuate su campioni provenienti dai siti tardo pleistocenici dei Gessi bolognesi.

steppa-prateria. Particolarmente evidente nel Tardoglaciale l'alternanza nei diagrammi pollinici di *taxa* tipici di boschi freddi e, in misura più discreta nelle zone ripariali, del Querceto: tutto ciò restituisce il quadro di sensibile miglioramento climatico post UMG, noto anche come "Optimum Climatico Pleniglaciale" che si riflette in *habitat* compatibili con specie quali capriolo, cinghiale, volpe, ermellino e tasso.

In assenza di datazioni assolute, le paleofaune della Vena del Gesso romagnola rimangono più genericamente inquadrabili nelle sequenze del Pleistocene superiore. La presenza di *Stephanorhinus* cf. *hemitoechus*, di cui le attuali conoscenze collocano la permanenza sul territorio nazionale fino a circa 41000 anni BP (PANDOLFI *et alii* 2017), potrebbe costituire un indizio cronologico per inserire la serie faunistica della Vena del Gesso nelle oscillazioni climatiche, anche temperate, che connotano la fase centrale dello stadio MIS 3, forse sovrapponendosi parzialmente con il contesto di Cava I.E.C.M.E. - Inghiottoio A. Limitatamente ai carnivori delle grotte romagnole, la sopravvivenza di queste specie nella penisola italiana sino all'acme freddo UMG (centrato intorno a 21000 anni cal BP) non esclude peraltro una loro collocazione entro un termine cronologico più recente che, in via del tutto ipotetica, potrebbe correlarsi cronologicamente con le serie sedimentarie più antiche di Cava a Filo.

Bibliografia

- S. BARTOLINI-LUCENTI, J. MADURELL-MALAPEIRA, L. ROOK 2022, *The carnivorans from Cava Monticino (Faenza, Italy; Messinian) revisited*, "Historical Biology" 34, pp. 1458-1470. <https://doi.org/10.1080/08912963.2022.2042806>.
- N. BEDOSTI, W. LANDINI, R. D'ANASTASIO 2015, *The increase of bony mass in a small Cyprinodontidae from the Messinian deposit of M. Tondo (Ravenna, Italy): palaeoecological implications*, "Atti Società Toscana di Scienze Naturali", Memorie, Serie A, 122, pp. 5-17.
- A. BERTINI 2006, *The Northern Apennines palynological record as a contribute for the reconstruction of the Messinian palaeoenvironments*, "Sedimentary Geology" 188-189, pp. 235-258.
- A. BERTINI, E. MARTINETTO 2008, *Messinian to Zanclean vegetation and climate of Northern and Central Italy*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 47, 2, pp. 105-121.
- G. CARNEVALE, C. SORBINI, W. LANDINI 2003, *A new species of tilapiine Cichlid from the late Miocene of Central Italy*, "Journal of Vertebrate Paleontology", 23, 3, pp. 508-516.
- G. CARNEVALE, D. CAPUTO, W. LANDINI 2008, *A le-erfish (Teleostei, Carangidae) from the Messinian evaporite succession of the Vena del Gesso basin (Romagna Apennines, Italy): palaeogeographical and palaeoecological implications*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 47, 2, pp. 169-176.
- G. CARNEVALE 2021, *I pesci messiniani di Cava Monticino (Brisighella)*, in L. ROOK (a cura di), *La fauna messiniana di Cava Monticino (Brisighella, RA)*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia", s.II, vol. 37), Bologna pp. 49-54.
- G. CARNEVALE, W. SCHWARZHANS 2022, *Marine life in the Mediterranean during the Messinian Salinity crisis: a paleoichthyological perspective*, "Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia", 128, 2, pp. 283-324.
- M.M. CIUCANI, D. PALUMBO, M. GALAVERNI, P. SERVENTI, E. FABBRI, G. RAVEGNINI, S. ANGELINI, E. MAINI, D. PERSICO, R. CANIGLIA, E. CILLI 2019, *Old wild wolves: ancient DNA survey unveils population dynamics in Late Pleistocene and Holocene Italian remains*, "PeerJ", 7, e6424.
- S. CONTI, C. FIORONI, P. SERVENTI, D. FONTANA 2022, *Messinian seep-carbonates marking the transition to the evaporite deposits in the Romagna sector of the Northern Apennines (Italy)*, "Ital. J. Geosci.", vol. 141 (3), pp. 350-362.
- F. DELA PIERRE, M. NATALICCHIO, S. FERRANDO, R. GIUSTETTO, D. BIRGEL, G. CARNEVALE, S. GIER, F. LOZAR, D. MARABELLO, J. PECKMANN 2015, *Are the large filamentous microfossils preserved in Messinian gypsum colorless sulfide-oxidizing preserved bacteria?*, "Geology".
- R. IACOVERA, C. GARDENGGHI, A. MONTICONE, F. FONTAN, G. NENZIONI, A. LATORRE, M.M. CIUCANI, P. REGGIANI, E. FABBRI, R. CANIGLIA, N. MUCCI, D. LUISELLI, B. DEMARCHI, E. CILLI 2021, *Evidenze paleogenetiche e paleoproteomiche nel deposito di Cava a Filo (Bologna) durante l'Ultimo Massimo Glaciale*, in *Le scienze della preistoria e protostoria: paleoecologia, archeobiologia, applicazioni digitali e archeometria*, LVI Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria (Ferrara 20-23/10/2021), in press.
- S. KIEL, M. TAVIANI 2017, *Chemosymbiotic bivalves from Miocene methane-seep carbonates in Italy*, "Journal of Paleontology" 91, 3, pp. 1-23.
- S. KIEL, M. SAMI, M. TAVIANI 2023, *Mollusks (Gastropoda, Bivalvia) from Miocene cold-seep deposits in northern Italy: revisions and additions*, "European Journal of Taxonomy", 910, pp. 110-160.

- K. KOUPADI, F. FONTANI, M. M. CIUCANI, E. MAINI, S. DE FANTI, M. CATTANI, A. CURCI, G. NENZIONI, P. REGGIANI, A. J. ANDREWS, S. SARNO, C. BINI, S. PELOTTI, R. CANIGLIA, D. LUISELLI, E. CILLI 2020, *Population Dynamics in Italian Canids between the Late Pleistocene and Bronze Age*, "Genes", 11, 1409.
- W. LANDINI, L. SORBINI 1989, *Ichthyofauna of the evaporitic Messinian in the Romagna and Marche regions*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 28, 2-3, pp. 287-293.
- A. MANZONI 1876, *Della posizione stratigrafica del calcare a Lucina pomum*, Mayer, in «Bollettino del Regio Comitato Geologico», n. 7, pp. 209-216.
- G. NENZIONI, C. BERTO, F. LENZI, M. MARCHESINI, S. MARVELLI, U. THUN HOHENSTEIN 2018, *Nuove sequenze cronologico-culturali del Paleolitico superiore e aspetti paleoambientali nel quadro delle conoscenze in ambito emiliano-romagnolo*, in *Archeologia del cambiamento. Modelli, processi, adattamenti nella Preistoria e Protostoria*, LIV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Roma, 23-26 ottobre 2019, in press.
- G. NENZIONI, M. BREDI, F. LENZI, M. MARCHESINI, S. MARVELLI, C. PERETTO 2023, *New data related to the MIS 3 deposit of the Cava I.E.C.M.E. (Bologna - Italy)*, "Journal of Mediterranean Earth Sciences (JMES)", UniRoma, 15.
- G. NENZIONI, F. LENZI (a cura di), *Geopaleontologia dei Gessi Bolognesi. Nuovi dati sui depositi carsici del Pleistocene Superiore*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, XXXII), pp. 75-89.
- L. PANDOLFI, P. BOSCATO, J. CREZZINI, M. GATTA, A. MORONI, M. ROLFO, A. TAGLIACCOZZO 2017, *Late Pleistocene last occurrences of the narrow-nosed rhinoceros *Stephanorhinus hemitoechus* (Mammalia, Perissodactyla) in Italy*, "Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia", 123 (2), pp. 177-192.
- L. PANDOLFI, F. MASINI, D.S. KOSTOPOULOS 2021a, *Messinian Italian Bovidae revised: paleobiogeographic and biochronological implications*, "Historical Biology", 33, pp. 3590-3603. <https://doi.org/10.1080/08912963.2021.1878513>.
- L. PANDOLFI, F. MASINI, D.S. KOSTOPOULOS 2021b, *The latest Miocene small-sized Cervidae from Monticino Quarry (Brisighella, central Italy): paleobiogeographic and biochronological implications*, "Historical Biology" 33, pp. 3368-3374. <https://doi.org/10.1080/08912963.2020.1867126>.
- G. PANIERI, S. LUGLI, V. MANZI, K. A. PALINSKA, M. ROVERI 2008, *Microbial communities in Messinian evaporite deposits of Vena del Gesso (Northern Apennines, Italy)*, "Stratigraphy", vol. 5. (3-4), pp. 343-352.
- G. PASINI 1969, *Fauna a mammiferi del Pleistocene Superiore in un paleoinghiottitoio carsico presso Monte Croara (Bologna)*, "Le Grotte d'Italia", (4), II (1968-69), pp. 1-46.
- G. PASINI 1970, *Contributo alla conoscenza del tardo Würmiano e del post-Würmiano nei dintorni di Bologna (Italia)*, "Giornale di Geologia", 2, XXXVI (1968), pp. 687-696.
- F. RICCI LUCCHI, G.B. VAI 1994, *A stratigraphic and tectonofacies framework of the "calcari a Lucina" in the Apennine chain, Italy*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 210-218.
- L. ROOK (ed.) 2021, *La fauna messiniana di Cava Monticino*, (Memorie Dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 37).
- B. SALA 1985, *Le faune dell'ultimo glaciale nell'Appennino Emiliano*, in F. LENZI, G. NENZIONI, C. PERETTO (a cura di), *Materiali e documenti per un Museo della Preistoria. S. Lazzaro di Savena e il suo territorio*, Bologna, Nuova Alfa Editoriale, pp. 173-17.
- B. SALA 1987, *Bison schoetensacki FREUD. from Isernia la Pineta (Italy) (Early Middle Pleistocene) and revision of the European species of bison*, "Palaeontographia Italica, 74 (1986), pp. 113-170.
- M. SAMI, V. TEODORIDIS 2013, *Gli aspetti paleontologici della cava di Monte Tondo: nota preliminare - In: M. ERCOLANI, P. LUCCI, S. PIASTRA, B. SANSAVINI (Eds.): I Gessi e la cava di Monte Tondo. Studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso romagnola*. (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, XXVI), pp. 59-80.
- M. SAMI, E. GHEZZO 2015, *Mammiferi del Pleistocene Superiore nelle grotte dei Gessi di Brisighella e Rontana*, In P. LUCCI, S. PIASTRA (EDS.) *Gessi di Brisighella e Rontana. Studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso romagnolo*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, 28), pp. 101-112.
- M. SAMI, M. TAVIANI 2015, *I calcari a Lucina e i Gessi di Rontana*, in P. LUCCI, S. PIASTRA (a cura di), *I Gessi di Brisighella e Rontana*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XXVIII), Faenza, pp. 39-56.
- M. SAMI, E. MARTINETTO 2022, *Monte Tondo, gli interstrati fossiliferi e la paleoflora messiniana: un aggiornamento*, in M. ERCOLANI, P. LUCCI, S. PIA-

- STRA (a cura di), *La Grotta del Re Tiberio. Valori ambientali e valori culturali* (Atti del Convegno, Faenza 26-27 marzo 2022), (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia", s. II, 41), pp. 19-33.
- G. SCARABELLI 1864, *Sui gessi di una parte del versante NE dell'Appennino, Lettera del Cav. G. Scarabelli Gommi Flaminj al prof. D. Santagata*, Imola.
- M. TAVIANI 1994, *The "calcari a Lucina" macrofauna reconsidered; deep-sea faunal oases from Miocene-age cold vents in the Romagna Apennines, Italy*, "Geo-Marine Letters" 14, pp. 185-191.
- V. TEODORIDIS, Z. KVAČEK, M. SAMI, U. TORSTEN, E. MARTINETTO 2015, *Revision of the Messinian macrofossil floras of Tossignano and Monte Tondo (Romagna Apennines, Italy)*, "Acta Mus. Nat. Pragae", Ser. B Hist. Nat., XX (X-X): 1-XX, Praha. ISSN 0036-5343.
- V. TEODORIDIS, Z. KVACEK, M. SAMI 2016, *Revisione della flora messiniana di Polenta (Bertinoro) raccolta da Pietro Zangheri*, in M.L. GARBERI, P. LUCCI, S. PIASTRA (a cura di), *Gessi e solfi della Romagna orientale*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia", s. II, 31), pp. 27-52.
- A. VILLA, G. CARNEVALE, M. PAVIA, L. ROOK, M. SAMI, Z. SZYNDLAR, M. DELFINO 2021, *An overview on the late Miocene vertebrates from the fissure fillings of Monticino Quarry (Brisighella, Italy), with new data on non-mammalian taxa*, "Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia" 127, pp. 297-354. <https://doi.org/10.13130/2039-4942/15774>
- P. ZANGHERI 1922, *Un sogno che non è un sogno. A Polenta centomila secoli fa*, "La Riviera Romagnola" (Forlì), 2 n. 22.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano sentitamente il Dr. Loris Bagli e il Dr. Maurizio Scacchetti per le preziose informazioni inerenti la paleontologia degli affioramenti gessosi rispettivamente della Romagna orientale e del basso Appennino reggiano.