

I FOSSILI DEI GESSI DI TOSSIGNANO: UNA FINESTRA SULL'ANTICO BACINO MESSINIANO DELLA VENA DEL GESSO

MARCO SAMI¹, PAOLO VIAGGI²

Riassunto

Dagli interstrati argillosi della Formazione Gessoso-solfifera nei pressi di Tossignano (Borgo Tossignano, BO) proviene una cospicua raccolta di fossili di vegetali e pesci di età messiniana (circa 5,7 milioni di anni). La paleoflora di Tossignano è rappresentata da circa 42 *taxa* di piante vascolari, di cui 10 di conifere e 32 di angiosperme (29 dicotiledoni e 3 monocotiledoni). Condivide coi giacimenti miocenici dell'Europa centrale e dell'Italia diverse specie e corrisponde al tipico transetto della vegetazione del Messiniano evaporitico caratterizzato da associazioni di palude costiera (*Taxodium*, *Glyptostrobus*), di ambiente ripariale (*Liquidambar*, *Alnus*, *Sequoia*), di foresta umida sub-tropicale (*Ailanthus*, *Engelhardia*, *Magnolia*, Lauraceae) e di bosco mesofilo di aree rilevate (*Fagus*, *Quercus*). L'ittiofauna oligotipica è dominata dalla specie eurialina *Aphanius crassicaudus* indicativa di un ambiente lagunare salmastro; tuttavia, lo sporadico rinvenimento di forme francamente marine (es. *Lichia* aff. *amia*) o dulcicolo/salmastre come il ciclode *Oreochromis lorenzoi*, pone interessanti questioni di carattere paleoambientale e paleogeografico.

Parole chiave: paleoflora, ittiofauna, Messiniano, Italia.

Abstract

*The shale interlayers separating selenitic gypsum strata of the Gessoso-solfifera Formation near Tossignano (Borgo Tossignano, BO, Northern Italy) yielded a conspicuous collection of fossil plants and fishes of Messinian age (about 5.7 million years ago). The palaeoflora of Tossignano is represented by about 42 taxa of vascular plants, of which 10 of conifers and 32 of angiosperms (29 dicotyledons and 3 monocotyledons). It shares several species with the Miocene deposits of Central Europe and Italy and corresponds to the typical transect of the vegetation of the Evaporitic Messinian characterized by associations of coastal marsh (*Taxodium*, *Glyptostrobus*), riparian environment (*Liquidambar*, *Alnus*, *Sequoia*), sub-tropical humid forest (*Ailanthus*, *Engelhardia*, *Magnolia*, Lauraceae) and mesophilic forest of upland areas (*Fagus*, *Quercus*). The oligotypic ichthyofauna is dominated by the euryhaline species *Aphanius crassicaudus* indicative of a brackish lagoon environment. However, the sporadic discovery of normal marine (e.g. *Lichia* aff. *amia*) or freshwater/euryhaline species such as the cichlid *Oreochromis lorenzoi* poses interesting questions of paleoenvironmental and paleogeographical nature.*

Keywords: Palaeoflora, Ichthyofauna, Messinian, Italy.

Introduzione

Sedimenti messiniani assegnati alla Formazione Gessoso-solfifera affiorano ampiamente nella Romagna occidentale, dando luogo all'imponente affioramento selenitico della cosiddetta Vena del Gesso romagnola (VAI, RICCI LUCCHI 1976; RICCI LUCCHI 1994). La prima segnalazione della presenza di fossili, ed in particolare di filliti (foglie fossili), negli affioramenti localizzati presso Tossignano (comune di Borgo Tossignano, provincia di Bologna), dove il Rio Sgarba in-

cide la dorsale gessosa creando la "Gola di Tramosasso", è datata alla seconda metà dell'Ottocento e si deve al grande geologo imolese Giuseppe Scarabelli, che così scrisse: «(...) si trovò in un sottile strato di marne scistose che si alterna coi gessi di Tossignano, una bella impronta di *Cinnamomum polymorphum*, così abbondante a Senigallia e Stradella, una specie di *Fagus* e vari frammenti indeterminabili di *Quercus* (...)» (SCARABELLI 1864). Pochi anni dopo lo stesso Autore, in una originale guida geologico-ferroviaria divulgativa dell'Appennino emiliano-romagnolo e marchi-

¹ Museo Civico di Scienze Naturali, via Medaglie d'oro 51, 48018 Faenza (RA) - marco.sami@cheapnet.it

² Museo Geologico "Giovanni Capellini", Università di Bologna, via Zamboni 63, 40126 Bologna (BO) - paolov6363@yahoo.it

giano, appuntava sinteticamente «Nel rio Sgarba filliti fra i gessi» (SCARABELLI 1870). Nelle collezioni dei Musei Civici di Imola (BO) sono attualmente conservate le raccolte dello stesso Scarabelli e tra queste si annoverano ancora una cinquantina di reperti rinvenuti, come riportano i cartellini originali, «fra i Gessi del Rio Sgarba» (fig. 1) (PACCIARELLI, VAI 1995).

Nel 1969, nel fianco meridionale della “Gola di Tramosasso”, venne aperta una cava di gesso dalla Società Prodotti Edilizi Speciali (SPES), che fu attiva sino al 1986 sia a cielo aperto, con coltivazione praticata su 4 gradoni, sia in sotterraneo mediante il metodo a camere e pilastri sviluppato su due livelli (vedi PIASTRA, *Cave e fornaci da gesso a Tossignano e a Borgo Tossignano (XIX-XX secolo)*, in questo volume). I pesanti sbancamenti prodotti dall’attività estrattiva portarono alla luce anche i livelli fossiliferi e fu così che alcuni ricercatori locali poterono recuperare numerosi reperti salvandoli da distruzione certa (fig. 2). La più importante raccolta di fossili da Tossignano (principalmente filliti e ittioliti) è attualmente conservata presso il Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza (MSF) e deve il suo nucleo fondante alla ricca collezione paleontologica che uno degli Autori (P.V.) donò al Museo faentino nel 1983 (VIAGGI 1989; 2015; 2019; VIAGGI *et alii* 2022). Questa collezione, costituita da circa 250 reperti (1° lotto), venne costituita dal donatore negli anni 1976-1982 grazie agli affioramenti prodotti

dall’attività della cava SPES. Successivamente a questo primo importante nucleo di materiale, le raccolte del museo faentino si sono arricchite anche grazie al valido contributo di alcuni collaboratori del museo stesso, tra i quali in particolare Mauro Diversi. È da segnalare, inoltre, che un 2° lotto di fossili di Tossignano, costituito da 101 reperti (69 filliti e carpoliti, 32 ittioliti) e risalente alla raccolta originale di uno degli Autori (P.V.), è stato donato nel maggio del 2022 al Museo della Vena del Gesso romagnola con sede nel Palazzo Baronale di Tossignano (VIAGGI 2022a). Lo studio di tali reperti, da effettuare nel prossimo futuro, dovrebbe portare un ulteriore contributo alla conoscenza di questo antico ecosistema subtropicale. Per quanto riguarda la letteratura scientifica, a parte le citazioni ottocentesche dello Scarabelli, il sito di Tossignano verrà nuovamente riportato in diversi articoli a carattere paleontologico soltanto a partire dalla fine del secolo scorso. Per gli aspetti paleobotanici ricordiamo: KNOBLOCH, GREGOR (1997); KOVAR-EDER *et alii* (2006); BERTINI, MARTINETTO (2008, 2011, 2014); SAMI *et alii* (2014); MARTINETTO, MACALUSO (2018); anche se è in TEODORIDIS *et alii* (2015) che tale paleoflora viene determinata e analizzata compiutamente. Anche l’ittiofauna di Tossignano ha destato un vivo interesse tra i paleontologi e compare in diversi lavori specialistici, tra i quali SORBINI 1987; LANDINI, SORBINI 1989; CARNEVALE *et alii* 2003; LANDINI *et alii* 2005; CARNEVALE *et alii* 2008; GAUDANT 2009; CARNEVALE *et alii* 2019; CARNEVALE, SCHWARZHANS 2022.

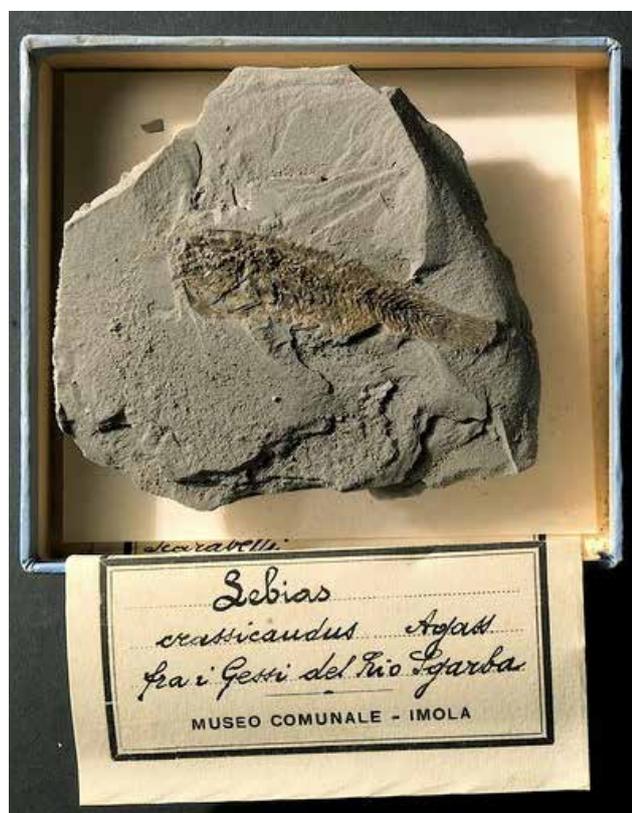


Fig. 1 – Ittiolite dai Gessi di Tossignano dell’ottocentesca Collezione Scarabelli (foto Archivio Musei Civici di Imola).

Inquadramento geologico e stratigrafico

La gola del Rio Sgarba è una modesta incisione vallica che solca la falesia gessosa della cosiddetta Riva di S. Biagio con andamento SSO-NNE, poco ad E dell’abitato di Tossignano, la cui morfologia è stata pesantemente influenzata dall’attività estrattiva della cava SPES. È probabile che in passato il Rio Sgarba fosse sbarrato dalla dorsale gessosa, dando luogo ad una valle cieca a monte e sottopassando la Vena con un percorso sotterraneo per poi immettersi nel Fiume Santerno; l’erosione regressiva e vari crolli avrebbero determinato lo sfondamento della valle cieca e la creazione dell’attuale gola di Tramosasso. Del resto, ancora oggi il Rio Sgarba presenta ampi tratti carsici e semicarsici in corrispondenza di questa gola, pur non creando più un vero e proprio traforo idrogeologico. Tale sito è caratterizzato geologicamente da ottimi affioramenti dei cosiddetti Gessi Primari Inferiori della Formazione Gessoso-solfifera messiniana (ROVERI, MANZI 2007; LUGLI *et alii* in questo stesso volume).



Fig. 2 – La cava SPES negli anni '80 del secolo scorso (foto M. Cavina).

La locale successione, depostasi durante la prima fase evaporitica della Crisi di Salinità messiniana, è costituita principalmente da spessi strati (banchi) di gesso selenitico primario con inclinazione 40° verso Nord Est ai quali si intercalano sottili interstrati argillosi (sedimentati in un ambiente povero di ossigeno che favoriva la preservazione della materia organica), per uno spessore complessivo che può raggiungere e superare i 200 metri. Lungo lo Sgarba affiorano quasi tutti i 16 cicli evaporitici riconosciuti per la successione evaporitica completa (fig. 3). Ognuno di questi cicli risulta costituito dalla coppia “argilla/selenite” ed è caratterizzato dalla sovrapposizione verticale di alcune facies sedimentarie che testimoniano rilevanti cambiamenti delle condizioni ambientali (VAI, RICCI LUCCHI 1977; LUGLI *et alii* 2010). Tale ciclicità, senza dubbio legata ad importanti cambiamenti climatici, era probabilmente controllata da variazioni periodiche dei parametri orbitali come la precessione astronomica: ogni ciclo registrerebbe un arco temporale di circa 21.000 anni (VAI 1997; KRIJGSMAN *et alii* 1999a; KRIJGSMAN *et alii* 1999b). Secondo questa interpretazione, nel corso del ciclo precessionale la deposizione delle argille degli interstrati (che conservano fossili di foglie o pesci) testimonia la fase climatica umida durante la quale la diluizione delle acque nei bacini lagunari costieri impediva la precipitazione chimica delle evaporiti come il gesso. In base alla cronologia dei ci-

cli messiniani sopra proposta è possibile collocare la deposizione dei Gessi Primari Inferiori tra ca. 5,97 Ma e 5,60 Ma (Ma = milioni di anni). Ricordiamo infine come per tale giacimento anche l'assetto strutturale abbia giocato un ruolo importante: la piccola fossa tettonica (mini-graben) che caratterizza i contrafforti della gola (MARABINI, VAI 1985), con conseguente ribassamento dei banchi gessosi verso l'asse vallivo, ha infatti risparmiato dall'erosione i cicli evaporitici più alti (con gli interstrati più fossiliferi) asportati invece nelle aree limitrofe (VIAGGI 1989, VIAGGI *et alii* 2022). Per una descrizione più approfondita della geologia dell'area si veda comunque LUGLI *et alii*, in questo volume.

I materiali

Come già accennato, nel bacino della Vena del Gesso i fossili sono esclusivamente conservati negli strati di argille laminate contenenti materiale organico (sapropel), generalmente di spessore inferiore a 1 m, intercalate ai banchi gessosi e per questo motivo chiamati interstrati. Nel Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza la collezione di reperti fossili dal sito di Tosignano ammonta complessivamente a circa 160 filliti ed a circa 120 ittioliti. Il loro stato di preservazione risulta spesso eccellente: molti reperti sono costituiti da

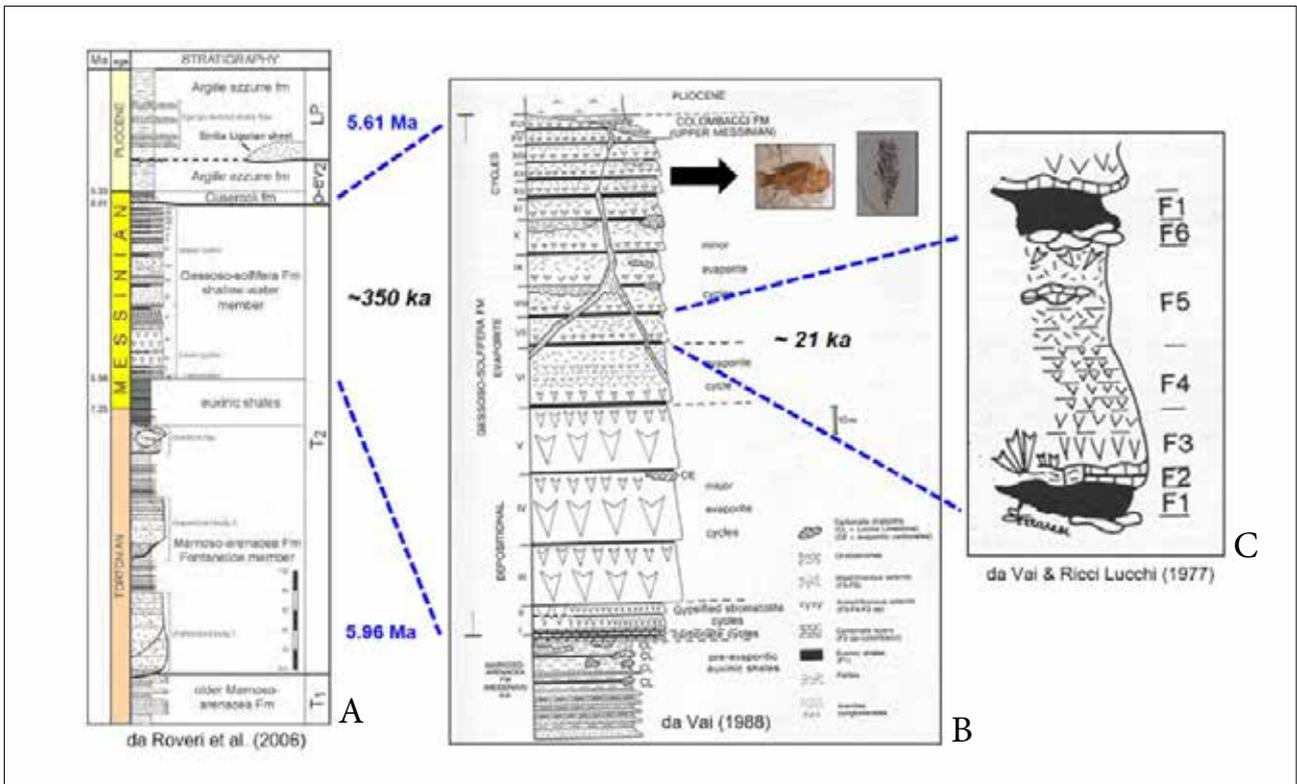


Fig. 3 – A: stratigrafia della Formazione Gessoso-solfifera affiorante nella Vena del Gesso (da ROVERI *et alii* 2006); B: successione dei cicli evaporitici e posizione stratigrafica dei fossili (mod. da VAI 1988); C: ciclo modale delle litofacies (da VAI, RICCI LUCCHI 1977).



Fig. 4 – Impronta e controimpronta di lamina fogliare di *Platanus leucophylla*, (altezza 85 mm ca.), confrontabile con l'attuale *P. occidentalis* delle coste atlantiche dell'America centro-settentrionale (foto M. Sami).



Fig. 5 – Un esempio di fossilizzazione di eccellente qualità: filliti di *Leguminosites* e *Laurophyllum* con evidenti nervature fogliari terziarie e tracce di fitopatologie (foto M. Sami).

impronta e relativa contro-impronta (fig. 4); le filliti sono conservate prevalentemente come compressioni prodotte dal processo di carbonificazione e sovente presentano ancora la cuticola organica e le nervature fogliari terziarie, talvolta maculazioni di fitopatologie o tracce del colore originario (fig. 5); anche in alcuni ittioliti sembra possibile rilevare tracce di colorazione (VIAGGI 1989). Un tale livello di conservazione è dipeso dalla grana molto fine del sedimento inglobante e, soprattutto, dall'assenza di ossigeno negli antichi fondali, un fattore che limitò fortemente la presenza di macrofauna bentonica (organismi "spazzini" e bioturbatori che vivono sul fondo) come testimoniato anche dalla fine laminazione delle peliti, dalla presenza di pirite autigena, nonché dall'odore di idrocarburi sprigionato alla frattura (LANDINI, SORBINI 1989). Inoltre, diversamente dal vicino giacimento di M. Tondo (SAMI, TEODORIDIS 2013), all'ottimale conservazione dei reperti paleontologici ha contribuito anche l'assenza di stress tettonici nella successione dei cicli evaporitici collasata nel peculiare assetto strutturale a mini-graben (VIAGGI *et alii* 2021).

Le osservazioni sul campo indicano che nel giacimento di Tossignano quasi tutti gli interstrati possono recare tracce di fossili, ma la maggior parte dei resti è concentrata, come già accennato, nella porzione stratigraficamente più alta (cicli superiori) dei Gessi

Primari Inferiori e particolarmente tra il XII e il XIII ciclo evaporitico (VIAGGI 1989). In base alla ciclostratigrafia calibrata astronomicamente degli eventi messiniani (KRIJGSMAN *et alii* 1999a; KRIJGSMAN *et alii* 1999b), considerando una durata di 21000 anni per ogni ciclo precessionale argilla/gesso, è possibile definire l'età del materiale fossile riportato in questo lavoro approssimativamente a 5,70 Ma (CARNEVALE *et alii* 2008). Una piccola parte dei fossili non può invece avere collocazione stratigrafica precisa in quanto raccolta erratica durante il periodo di attività della cava a cielo aperto.

I fossili vegetali

Il materiale fossile vegetale di Tossignano raccolto da G. Scarabelli e tuttora conservato nelle collezioni del Museo "G. Scarabelli" di Imola (PACCIARELLI, VAI 2015), è costituito da una quarantina di reperti per una dozzina di *taxa* che, in assenza della necessaria revisione moderna, qui riportiamo con le originali denominazioni ottocentesche: *Bambusium sepultum* MASSALONGO, *Poacites laevis* HEER, *Chamacyparites hardtii* ENDLICHER, *Araucarites sternbergi* GOEPPERT, *Sequoja langsdorfi* HEER, *Pinites goethanus* UNGER, *Podocarpus eocenica* UNGER, *Quercus* sp., *Ulmus plu-*

rinervia UNGER, *Laurus* sp., *Diospyros incerta* MASSALONGO e *Cassia tecomaefolia* MASSALONGO. Nel Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza la paleoflora di Tossignano, grazie soprattutto all'accurata analisi dell'architettura fogliare effettuata da TEODORIDIS *et alii* (2015), comprende finora 42 *taxa* di piante vascolari, ovvero 10 di conifere e 32 di angiosperme (29 dicotiledoni e 3 monocotiledoni), mentre la componente paleocarpologica (fossili di semi e frutti) è molto scarsa essendo limitata a pochissimi coniferi di *Cupressus* e *Pinus* e ad un numero assai esiguo di frutti di *Acer*, *Carpinus*, *Engelhardia* e *Liquidambar* (tab. 1). Si noti che l'eccellente conservazione della cuticola organica in diversi esemplari permetterebbe un tipo di analisi microscopica dei resti assai importante ai fini tassonomici che purtroppo non è ancora stato possibile attuare. Molti sono i *taxa* che forniscono interessanti indicazioni paleoclimatiche e paleogeografiche (vedi tra gli altri BRAMBILLA, GALLO 2002; BERTINI, MARTINETTO 2008). Tra le Gimnosperme citiamo per esempio: *Taiwania*, genere attualmente presente con un'unica specie, *T. cryptomerioides*, nelle montagne di Taiwan, del Sud-Est della Cina e nell'Indocina settentrionale; *Taxodium dubium*, confrontabile con l'odierno *T. distichum*, il cipresso calvo della Florida, una Taxodiacea di clima temperato caldo/subtropicale che predilige ambienti palustri (fig. 6). Numerose sono anche le Angiosperme "esotiche" e tra queste: *Daphnogene polymorpha*, una Lauracea ampiamente diffusa nelle flore neogeniche dell'Europa meridionale e spesso avvicinata all'attuale genere *Cinnamomum* del Sud-Est asiatico (per es. *C. camphora*, l'albero della canfora) (fig. 7); *Trigonobalanopsis rhamnoides*, un membro estinto delle Fagacee assai prossimo agli attuali Generi *Trigonobalanus* e *Castanopsis* dell'Asia sud-orientale e considerato un elemento di tipo subtropicale (fig. 8); *Ailanthus pythii*, *taxon* parte di un genere che attualmente annovera una decina di specie di alberi originari delle zone tropicali dell'Asia e dell'Australia tra i quali il noto *A. altissima*, o ailanto, originario della Cina e delle Molucche; *Bambusa*, che fa parte dell'ampio gruppo dei "bambù", piante originarie dell'Asia diffuse oggi giorno dall'Oceania all'Asia, passando dall'Africa fino all'America centro meridionale, ma assenti in Europa; infine *Engelhardia orsbergensis*, una Juglandacea al cui genere, oggi giorno, appartengono alberi semi-sempreverdi diffusi nei territori del Sud Est dell'Asia con clima di tipo subtropicale/temperato caldo (fig. 9). In analogia con le altre flore fossili neogeniche d'Italia, emerge l'alto numero di *taxa* "esotici" scomparsi dalle attuali flore europee ma tuttora viventi in altri continenti. Questo è avvenuto in seguito al deterioramento climatico di lungo termine del Plio-Pleistocene e all'espansione

<i>Acer</i> sp.
<i>Ailanthus pythii</i> (Ung.) Kovar- Eder et Kvacek
<i>Alnus cecropiifolia</i> (Ettingsh.) Berger
<i>Bambusa</i> sp.
<i>Carpinus</i> cf. <i>betulus</i> L.
<i>Carpinus</i> cf. <i>grandis</i> Ung.
<i>Carpolithes</i> sp. 3
<i>Carya</i> sp.
cf. <i>Cryptomeria</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. 2
<i>Dicotylophyllum</i> sp. 3
<i>Engelhardia macroptera</i> (Brongn.) Ung.
<i>Fagus gussoni</i> Massalongo emend. Knobloch et Velitzelos
cf. <i>Glyptostrobus</i> sp.
<i>Laurophyllum</i> cf. <i>pseudoprinceps</i> Weyland et Kilpper
<i>Laurophyllum</i> sp. A
<i>Laurophyllum</i> sp. B
Leguminosae gen. et sp. 1
Leguminosae gen. et sp. 2
Leguminosae gen. et sp. 3
<i>Liquidambar europaea</i> A. Braun
<i>Magnolia liblarensis</i> (Krausel et Weyland) Kvacek cf.
Pinaceae gen. indet.
<i>Pinus</i> cf. <i>rigios</i> (Ung.) Ettingsh.
<i>Pinus paleostrobus</i> Ettingsh.
<i>Pinus</i> sp. 1
<i>Platanus leucophylla</i> (Ung.) Knobloch
Poaceae vel Cyperaceae gen. et sp. indet.
<i>Populus</i> sp.
<i>Potamogeton</i> sp.
<i>Quercus kubinyii</i> (Kovats ex ettingsh.) Czechtz vel. <i>Q. drymeja</i> Ung.
<i>Quercus mediterranea</i> Ung.
<i>Quercus roburoides</i> Gaudin
<i>Quercus</i> sp. 1
<i>Quercus</i> sp. 2
<i>Sequoia</i> sp.
<i>Taiwania</i> sp.
<i>Taxodium dubium</i> (Sternb.) Heer
<i>Tetraclinis salicornioides</i> (Ung.) Kvacek et Walther
<i>Trigonobalanopsis rhamnoides</i> (Rossm.) Kvacek et Walther
<i>Ulmus plurinervia</i> Unger

Tab. 1 – Elenco paleoflora di Tossignano (da TEODORIDIS *et alii* 2015).



Fig. 6 – *Taxodium dubium*, specie fossile affine all'odierno cipresso calvo della Florida *T. distichum* (foto M. Sami).



Fig. 7 – *Daphnogene polymorpha*, Lauracea fossile comparabile con l'attuale *Cinnamomum camphora* (albero della canfora) del Sud-Est asiatico (foto M. Sami).

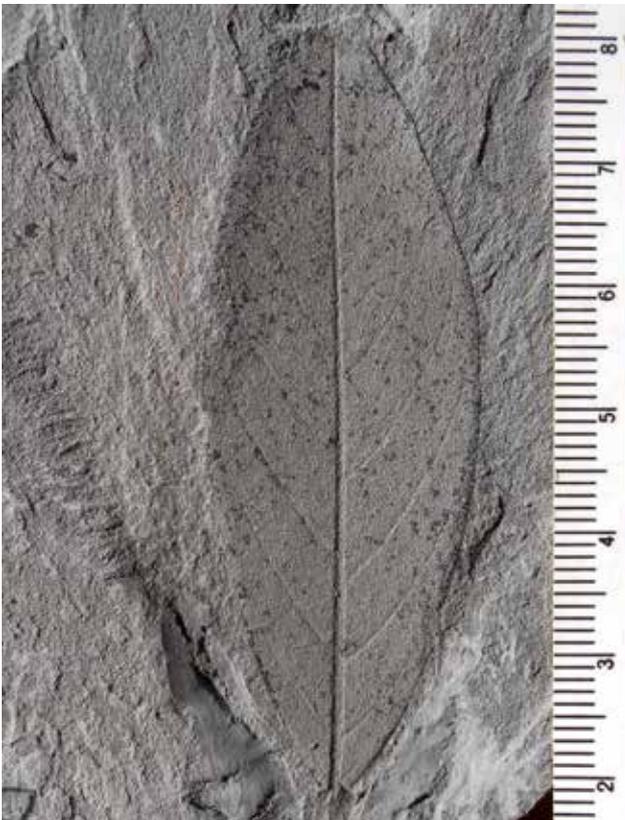


Fig. 8 – La Fagacea estinta *Trigonobalanopsis rhamnoides*, un altro elemento di tipo subtropicale (foto M. Sami).



Fig. 9 – Frutto alato del "noce tropicale" *Engelhardia macroptera*, (altezza 26 mm ca.), con discendenti attuali nelle foreste del Sud Est Asiatico (foto M. Sami).

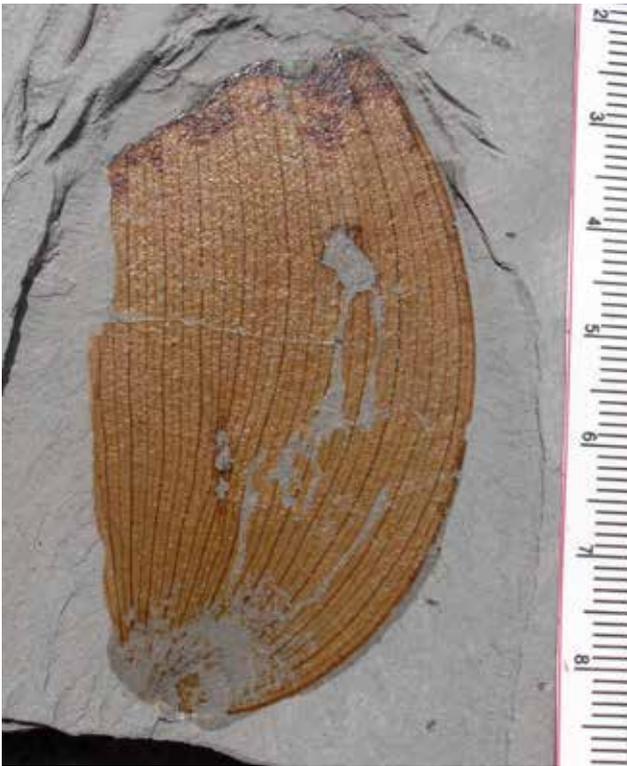


Fig. 10 – *Potamogeton* sp., pianta acquatica simile all'attuale brasca d'acqua di ambienti palustri o fluviali a bassa energia (foto M. Sami).

delle calotte glaciali continentali (ZACHOS *et alii* 2001; VIAGGI 2018) associate, a partire da 0,7 Ma, ad ampie oscillazioni climatiche (glaciazioni quaternarie) che privarono progressivamente la vegetazione europea delle sue essenze più termofile, determinando una forte riduzione degli areali di molti *taxa* (BERTINI, MARTINETTO 2008; 2011).

Come già accennato, TEODORIDIS *et alii* (2015) costituisce lo studio di riferimento più aggiornato per la vegetazione tardo-miocenica della Vena del Gesso; in tale lavoro, sia per il sito di Tossignano che per quello di M. Tondo sono state avanzate delle stime su vari parametri paleoambientali grazie all'utilizzo di quattro diversi metodi (MAI 1995). Basandosi sull'approccio fitosociologico, per Tossignano sono state individuate principalmente quattro associazioni vegetali relativamente specifiche. La prima è una foresta mista palustre, caratterizzata da elementi vegetali che prediligono ambienti con acque a bassa energia, come le zone marginali di bacini o le lanche del sistema fluviale. Comprende elementi vegetali caratteristici, non frequenti nel sito studiato, quali: *Glyptostrobus* sp., *Taxodium dubium*, *Potamogeton* e Poaceae vel Cyperaceae (fig. 10). Il successivo insieme vegetazionale è

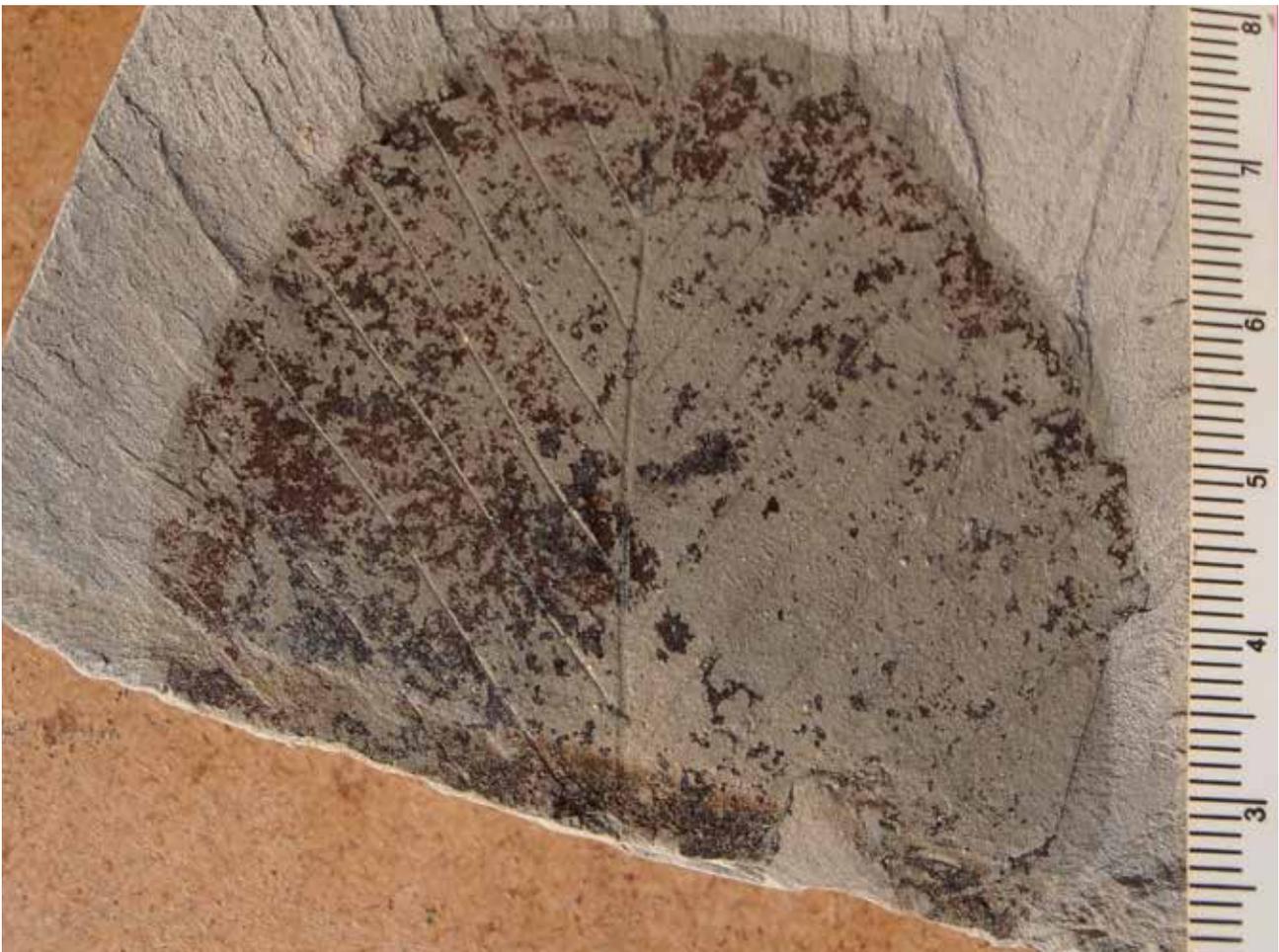


Fig. 11 – L'ontano estinto *Alnus cecropiifolia* (foto M. Sami).



Fig. 12 – Caratteristica fillite di “bambù” (*Bambusa* sp.) (foto M. Sami).



Fig. 13 – *Laurophyllum* sp., una delle tante Lauracee che nel Neogene d’Europa costituivano la tipica foresta sub-tropicale a latifoglie sempreverdi (foto M. Sami).

caratterizzato da un’associazione ripariale composta da piante in grado di occupare un substrato permanentemente impregnato d’acqua. Anche tale associazione viene documentata da pochi generi quali *Sequoia*, *Liquidambar*, *Magnolia*, *Populus*, *Alnus*, *Bambusa* e Poaceae vel Cyperaceae (figg. 11-12). Quella maggiormente diversificata è un’associazione vegetale legata ad *habitat* di foresta mesofitica che richiede substrati più asciutti, che annovera la presenza delle seguenti angiosperme: *Daphnogene polymorpha*, *Laurophyllum* sp., *Platanus leucophylla*, *Quercus* spp., *Trigonobalanopsis rhamnoides*, *Carpinus* sp., *Engelhardia*, *Leguminosae* spp., *Acer* spp., *Ailanthus pythii*, *Dicotylophyllum* spp., *Bambusa* e le conifere *Tetraclinis salicornioides*, *Taiwania* sp. e *Cupressus rhenana* (figg. 13-16). Infine, l’ultima associazione floreale rinvenuta anche a Tossignano, apparentemente poco rappresentata come numero di *taxa*, comprende comunità ve-



Fig. 14 (a destra) – *Quercus roburooides* era una quercia affine al gruppo delle attuali rovere e roverella (foto M. Sami).



Fig. 15 – Tipica samara (frutto alato) di *Acer* sp. (foto M. Sami).



Fig. 16 – *Ailanthus pythii*: attualmente il genere *Ailanthus* è diffuso negli ambienti tropicali o sub-tropicali di Asia ed Australia (foto M. Sami).



Fig. 17 – Il “faggio messiniano” *Fagus gussonii*, un’essenza che doveva popolare le alture sovrastanti le antiche lagune (foto M. Sami).



Fig. 18 – Pigna fossile di *Pinus* sp. (foto M. Sami).

getali di bosco mesofilo montano tra le quali segnaliamo per esempio *Fagus gussonii* e *Pinus* spp. (figg. 17-18). Con l'altro importante sito paleontologico coevo della Vena del Gesso, quello di M. Tondo, la paleoflora di Tossignano condivide un discreto numero di *taxa* quali *Pinus* spp., *Sequoia*, *Taiwania*, *Tetraclinis*, *Cupressus*, *Magnolia*, *Laurophyllum* spp., *Daphnogene*, *Potamogeton*, *Bambusa* e Poaceae vel Cyperaceae, *Platanus*, *Liquidambar*, *Engelhardia*, *Leguminosae* spp., *Ulmus*, *Quercus* spp., *Trigobalanopsis*, *Fagus*, *Engelhardia*, *Carya*, *Carpinus*, *Populus*, *Acer* e *Ailanthus*. Questo insieme risulta floristicamente molto simile ad altre associazioni note di piante messiniane sia dell'Italia centro-settentrionale (KOVAR-EDER *et alii* 2006; BERTINI, MARTINETTO 2008, 2011), che della Francia (ROIRON 1991) o della Grecia (KVAČEK *et alii* 2002).

Grazie alla discreta diversità ed al buon controllo tassonomico della paleoflora di Tossignano, mediante particolari metodi di analisi paleoclimatica è possibile ipotizzare un antico ambiente con temperatura media annuale di 13,8-16,5 °C, superiore perciò a quella odierna dell'area (13,5 °C, dato ARPAE) (TEODORIDIS *et alii* 2015) (fig. 19). Anche le precipitazioni stimate, di 980-1360 mm/anno, risultano significativamente più abbondanti rispetto a quelle attuali (722 mm / anno nella vicina città di Imola per il periodo 1991-2015: dati ARPAE) e con una distribuzione annuale

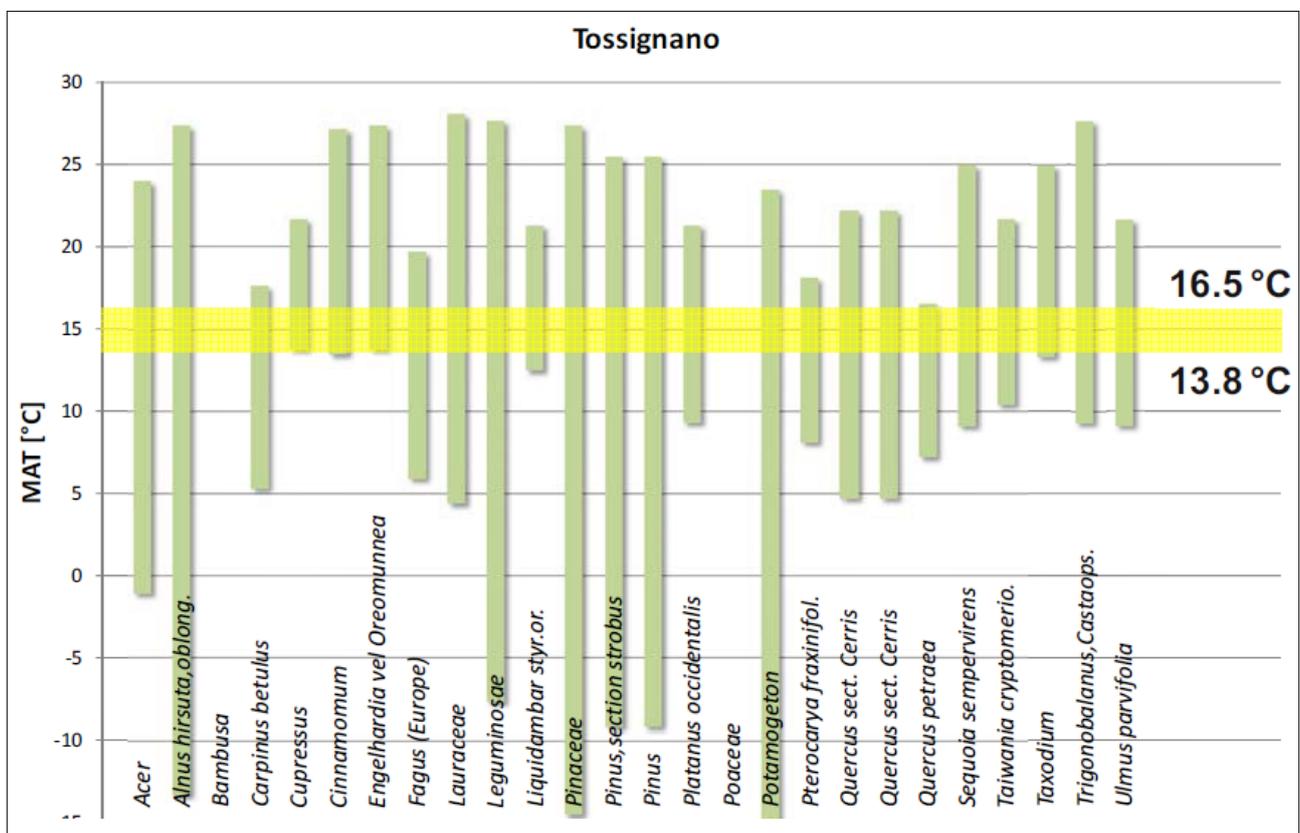


Fig. 19 – Temperature medie annue stimate per la paleoflora di Tossignano (da TEODORIDIS *et alii* 2015).

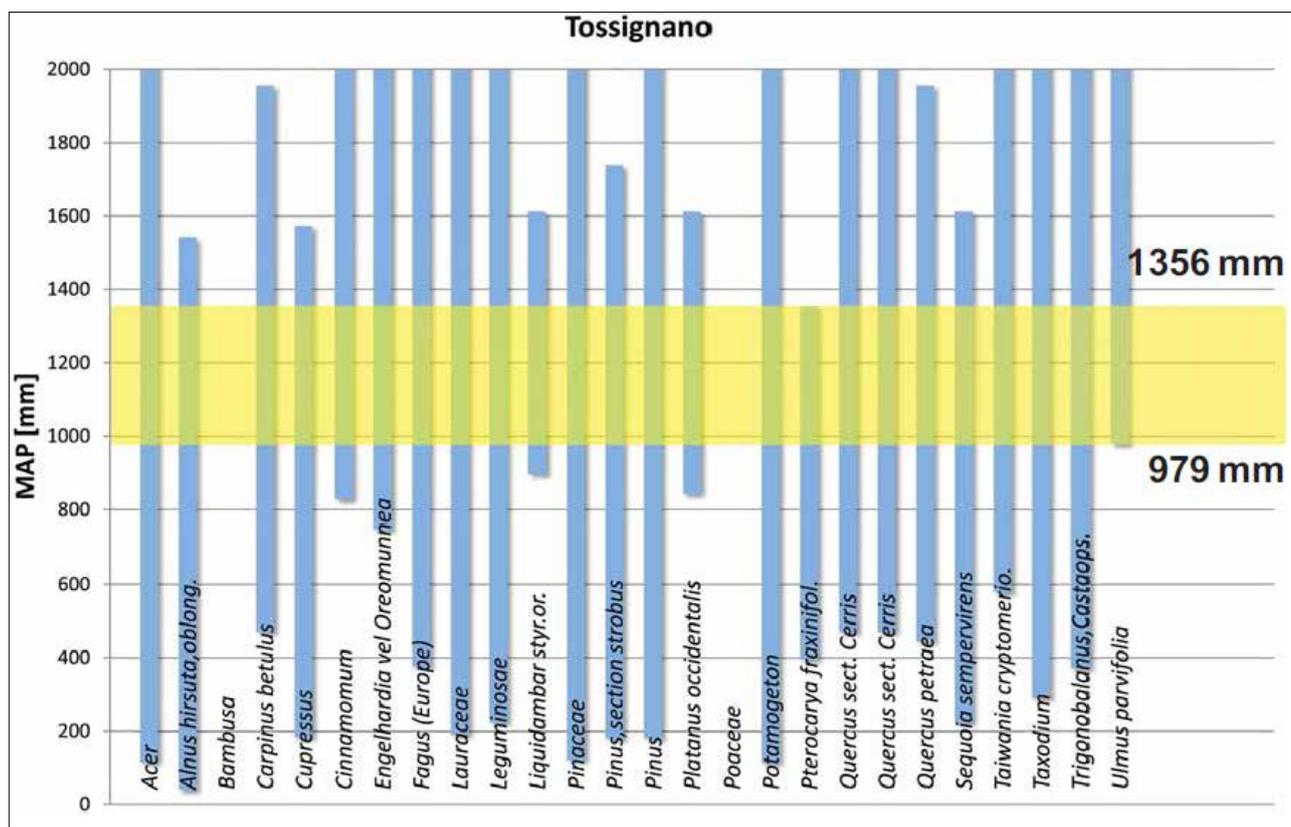


Fig. 20 – Piovosità media annuale (fase umida del ciclo precessionale) stimate per la paleoflora di Tossignano (da TEODORIDIS *et alii* 2015).

improntata ad una distinta stagionalità anche se, diversamente dal clima attuale della costa adriatica, la stagione secca non avveniva probabilmente nel periodo estivo (fig. 20). Tutti i dati climatici ottenuti dalla paleoflora indicano perciò un clima temperato-caldo/sub-tropicale prevalentemente umido, in linea anche con le ricostruzioni basate sulle analisi polliniche effettuate per gli stessi strati (fig. 21) (BERTINI 2006; BERTINI, MARTINETTO 2008). Questi elementi supportano, per gli antichi complessi vegetali di Tossignano, il tipo vegetazionale della cosiddetta “Foresta a latifoglie sempreverdi”, un consorzio vegetale attualmente diffuso 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) (MARTINETTO *et alii* 2007; BERTINI, MARTINETTO 2008).

Infine, per quanto riguarda i Gessi di Tossignano, citiamo anche il recentissimo ritrovamento di alcune filliti messiniane da un interstrato situato all'interno della Grotta di Ca' Calvana (L. GARELLI, com. pers.), un sito distante circa 2,5 km a ESE di Tossignano. Malgrado l'esiguità numerica dei reperti e la difficoltà nel posizionamento del livello fossilifero entro la successione dei cicli evaporitici, questo nuovo sito presenta diversi *taxa* in comune con la paleoflora di

Tossignano (*Taiwania* sp., *Daphnogene polymorpha*, *Pinus* sp., *Fagus gussonii*, *Quercus* sp.), ma anche un paio di specie (*Pyracantha* sp. e *Ulmus* sp.) non presenti a Tossignano ma segnalate nel coevo giacimento di M. Tondo (SAMI, TEODORIDIS 2013).

I fossili animali

La quasi totalità degli organismi animali negli interstrati pelitici di Tossignano è rappresentata da ittioliti, in genere in buono stato di conservazione. Come già accennato, a causa dei fondali lagunari scarsamente ossigenati, i molluschi ed altri invertebrati bentonici risultano del tutto assenti. I fossili di pesci, rinvenuti negli interstrati argillosi del XII e XIII ciclo evaporitico dell'ex cava SPES, permettono di documentare una tipica associazione che ben rappresenta le ittiofaune del Messiniano evaporitico del Mediterraneo, caratteristicamente oligotipica (cioè con diversità specifica molto bassa) e dominata dalla specie *Aphanius crassicaudus*, che costituisce oltre il 70% dell'intera ittiofauna (SORBINI, TIRAPELLE RANCAN 1979; SORBINI 1987; LANDINI, SORBINI 1989). Questo era un piccolo pesce eurialino (ben adattabile alle variazioni di salinità delle acque) simile al “nono” diffuso nelle

odierne lagune costiere di Mediterraneo, Mar Rosso e coste asiatiche del Mar Arabico. Malgrado il numero di esemplari statisticamente non molto rappresentativo (quasi una sessantina quelli completi, ed altri più o meno lacunosi), a Tossignano questa specie è rappresentata da individui di varie classi dimensionali (lunghezza compresa tra 22 e 101 mm) ad indicare la presenza allo stato fossile di più fasi di sviluppo (fig. 22). Considerato che nel vivente *Aphanius fasciatus* la maturità sessuale viene raggiunta a 20-30 mm di lunghezza (ZAMMIT-MANGION, DEIDUN 2010), sono tuttavia piuttosto pochi gli esemplari giovanili (solo circa il 5% dei fossili è lungo meno di 25 mm); per confronto, nel sito di M. Tondo la percentuale degli immaturi è del 20% circa.

A parte il diffuso *A. crassicaudus*, l'ittiofauna di Tossignano presenta anche altre forme estuarine residenti come *Gobius ignotus* ed *Atherina boyeri*. Più in particolare, il Gobiidae di Tossignano sembra ben confrontabile con una specie fossile presente in molti giacimenti messiniani d'Italia. Tale forma, ben adattata ad ambienti lagunari sottoposti ad importanti variazioni nel contenuto salino, specialmente in solfati (GAUDANT, CAVALLO 2008), potrebbe essere avvicinata all'attuale "paganello" delle coste adriatiche. Alcuni paleontologi ritengono, tuttavia, che si tratti di un *taxon* composito e non definito tassonomicamente, per il quale servirebbe una revisione approfondita (G. CARNEVALE, com. pers.).

Diversi esemplari di *A. crassicaudus*, e del Gobiidae, manifestano un fenomeno di ipertrofia ossea che comporta un caratteristico ingrossamento scheletrico noto come pachiostosi (fig. 23): tale carattere, generalmente interpretato come un adattamento ad acque

con alti valori di salinità (LANDINI, SORBINI 1989), è in realtà un fenomeno complesso e senza precisi riscontri con la biologia delle forme attuali. Per questo motivo qualunque ipotesi al riguardo (come un migliore controllo dell'assetto di galleggiamento in acque a densità elevata, una maggior superficie di attacco per muscoli più forti atti a nuotare in acque più dense, l'escrezione di alcuni elementi tossici in grandi quantità nell'osso, ecc. vedi BEDOSTI *et alii* 2015) necessita comunque di ulteriori verifiche (G. CARNEVALE, com. pers.).

Dopo il diffusissimo *A. crassicaudus*, oltre a *G. cf. ignotus* un'altra specie relativamente comune è *Atherina boyeri* o latterino, una tipica forma estuarina di biotopi salmastri più o meno confinati, con forti oscillazioni della salinità (fig. 24). Questa specie è ancora presente nel Mar Mediterraneo, nel Mar Nero, nel Mar Caspio ed in alcuni tratti delle coste atlantiche europee, costituendo un anello importantissimo nella catena alimentare delle zone lagunari e di estuario.

Tra i pesci di acque francamente marine la segnalazione della leccia (*Lichia* aff. *amia*) è alquanto significativa poiché quella di Tossignano rappresenta il primo e per ora unico ritrovamento allo stato fossile di questa specie tutt'ora vivente (CARNEVALE *et alii* 2008). Questo pesce, attualmente diffuso nelle acque calde e sub-tropicali di Mediterraneo, Oceano Atlantico orientale e O. Indiano meridionale, rappresentava uno dei superpredatori che occasionalmente frequentavano le lagune costiere del bacino della Vena del Gesso in cerca di prede (fig. 25). A parte la leccia, altre forme marine come il sugarello (*Trachurus* sp.; fig. 26) ed un "tonno" indeterminato (in corso di studio; G. CARNEVALE, com. pers) del clade più derivato

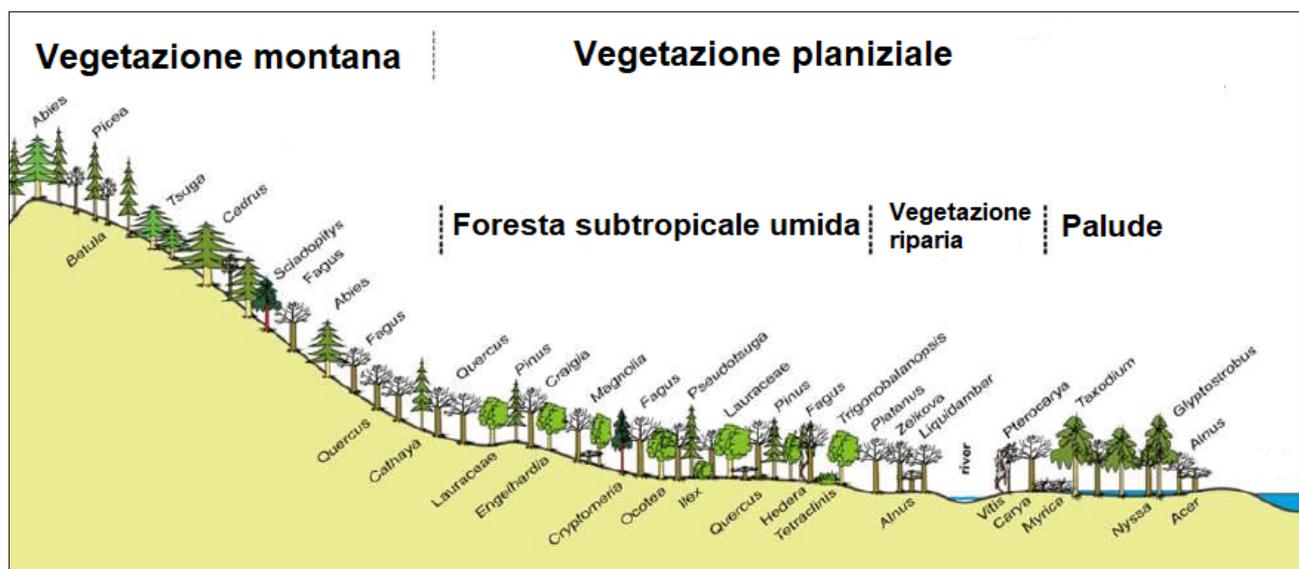


Fig. 21 – Transetto vegetazionale della Romagna nel Messiniano: comprende un'associazione palustre costiera, una di tipo ripariale, una foresta umida sub-tropicale e una a carattere montano (modif. da BERTINI, MARTINETTO 2011).



Fig. 22 – *Aphanius crassicaudus*: specie affine all'attuale nono o botacchio (*Aphanius fasciatus*), molto diffuso nelle lagune costiere della regione mediterranea (foto P. Viaggi).



Fig. 23 – Gobiidae di grande taglia che presenta il particolare fenomeno di ingrossamento scheletrico detto pachyostosi (foto P. Viaggi).



Fig. 24 – Il latterino *Atherina boyeri*, la dialettale “acquadeala” dell’attuale costa ravennate (foto P. Viaggi).

dei Thunnini (che comprende sia i tonnetti dei generi *Euthynnus* e *Katsuwonus* che i veri tonni del genere *Thunnus*; CARNEVALE *et alii* 2019; CARNEVALE, SCHWARZHANS 2022), per quanto sporadiche costituiscono un inequivocabile indizio della persistenza di ambienti marini con salinità normale adiacenti alle lagune della Vena del Gesso anche durante la deposizione dei Gessi Primari Inferiori nel corso della prima fase evaporitica messiniana (tra 5,97 e 5,60 Ma).

Un unico esemplare di *Clupeonella* sp., forma affine all’attuale spratto del Mar Nero (*C. cultriventris*) oggi diffuso negli ambienti di acqua dolce e salmastra di Mar Nero e Mar Caspio, attesta pure la presenza di pesci eurialini diadromi, in grado cioè di spostarsi tra acque dolci e marine in base alle esigenze del loro ciclo vitale (fig. 27).

Completiamo l’elenco con la specie che, da un punto di vista paleogeografico e paleoclimatico, forse costituisce l’elemento più prezioso ed interessante dell’intera ittiofauna, e cioè la tilapia *Oreochromis lorenzoi*. Per cominciare, si tratta di una specie nuova per la scienza istituita proprio grazie al materiale fossile rinvenuto a Tossignano, oltre a quello coevo di M. Castellaro (PU), ed il cui olotipo è conservato presso il Museo di Faenza (CARNEVALE *et alii* 2003) (Fig. 28). Si tratta di un Ciclide, il primo fossile rinvenuto in Eu-

ropa di questa importante famiglia di pesci di acqua dolce/salmastra, attualmente diffusi negli ambienti tropicali di Asia, Africa e Sudamerica. Più in particolare, il raggruppamento di cui fa parte, i Tilapiini, risulta presente in Africa orientale, Israele, Siria e Iran mentre allo stato fossile, a parte i ritrovamenti italiani, era noto soltanto per il Cenozoico ed il Quaternario dell’Africa. La specie moderna più affine è il ciclido detto tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) e, come questa, *Oreochromis lorenzoi* abitava probabilmente le acque dolci e poteva migrare anche in lagune costiere, estuari o ambienti marini costieri poco profondi. La sua presenza (come anche quella del persico africano *Lates cf. niloticus* nel non lontano sito del Monticino, a Brisighella, RA), oltre ad essere indicativa delle condizioni climatiche calde che caratterizzarono il Messiniano dell’Italia centro-settentrionale, è anche una testimonianza evidente 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). In sintesi la struttura ecologica dell’ittiofauna di Tossignano, costituita da residenti salmastri, da migranti d’acqua dolce e da superpredatori marini, suggerisce che le lagune costiere del bacino della Vena del Gesso erano caratterizzate da una massa d’acqua tendenzialmente



Fig. 25 – Resti scheletrici (cinto pettorale) di leccia (*Lichia aff. amia*), il super-predatore dell'ittiofauna di Tossignano (foto P. Viaggi).

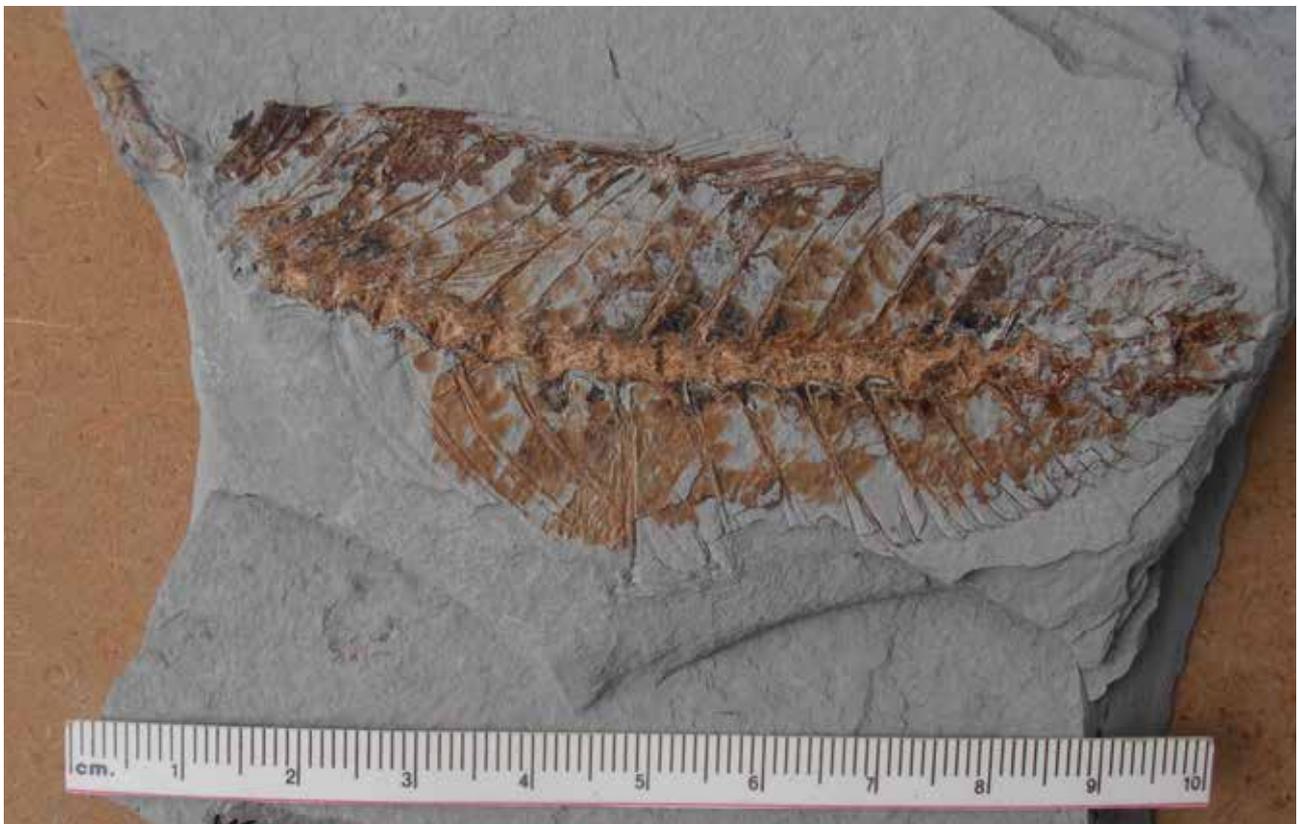


Fig. 26 – Il "sugarello" *Trachurus sp.*, altro pesce tipicamente marino assai raro nelle antiche lagune di Tossignano (foto M. Sami).



Fig. 27 – *Clupeonella* sp., in grado di migrare dalle acque dolci a quelle marine come l'attuale "spratto del Mar Nero" (foto M. Sami).



Fig. 28 – La tilapia *Oreochromis lorenzoi* (olotipo), una specie nuova per la scienza descritta grazie ai ritrovamenti nel sito di Tossignano (foto P. Viaggi).

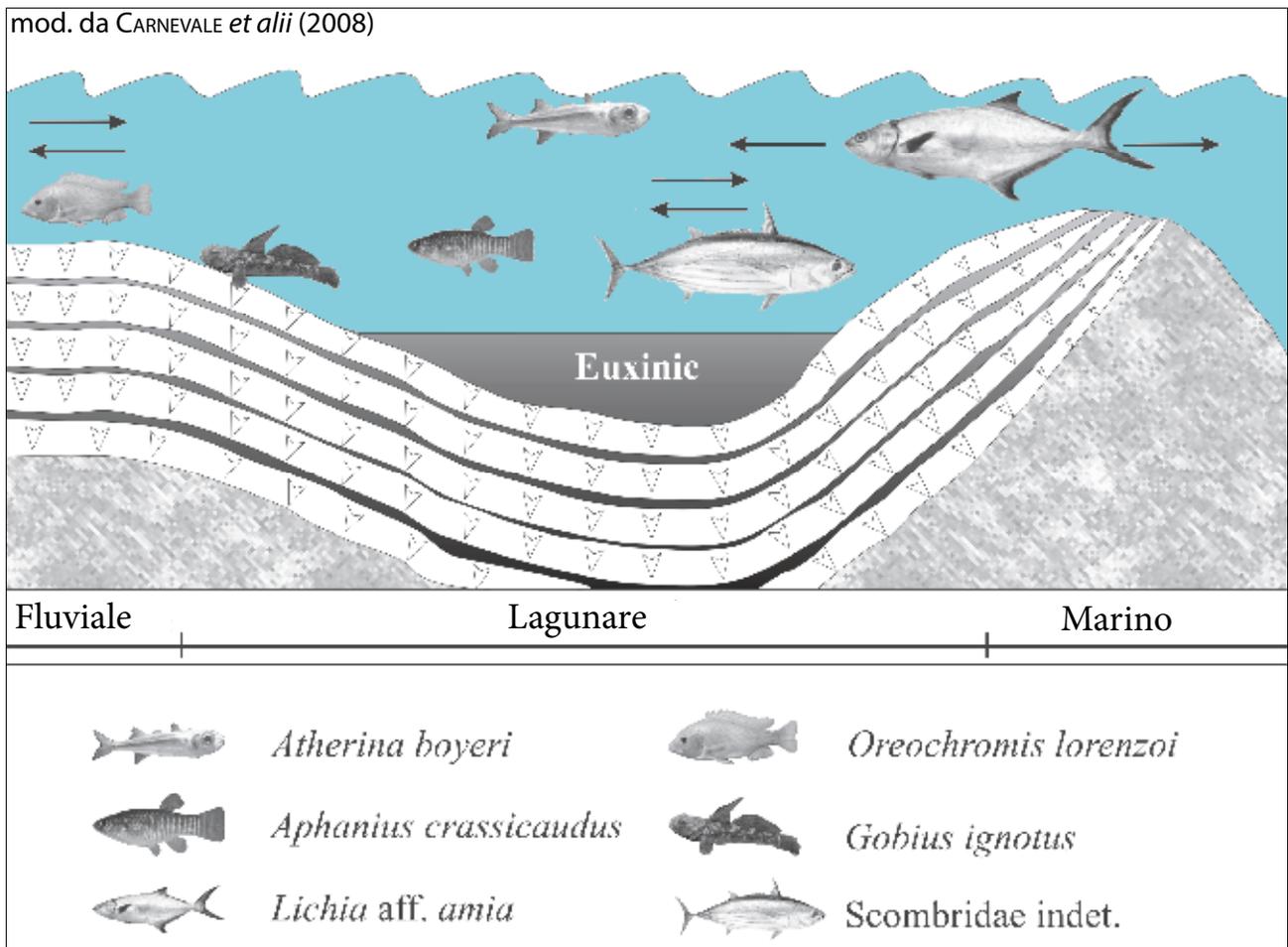


Fig. 29 – Ipotetica ricostruzione del paleoambiente dell'ittiofauna delle lagune messiniane del bacino della Vena del Gesso (CARNEVALE *et alii* 2008).



Fig. 30 – Un fossile rarissimo dai Gessi di Tossignano: la zampa di un piccolo uccello di 5,7 milioni di anni fa (foto P. Viaggi).

salmastra periodicamente influenzata sia da apporti di origine francamente marina sia da apporti fluviali dalle retrostanti pianure alluvionali, ambiente simile a quello delle odierne coste mediterranee dell'Africa nord-orientale (fig. 29) (CARNEVALE *et alii* 2003; CARNEVALE *et alii* 2008).

Infine segnaliamo, per completezza, che a parte i pesci ed una zampa di uccello indeterminato di piccola taglia (fig. 30), gli unici altri organismi animali rinvenuti a Tossignano appartengono agli Insetti. Se si escludono alcuni rarissimi resti di Coleotteri e Ditteri, questa Classe è rappresentata nella quasi totalità da impronte di larve di Odonati ("libellule") che, a volte, possono dare luogo anche a concentrazioni elevatissime probabilmente legate ad episodi di mortalità di massa. L'apparente uniformità di tali resti sembrerebbe suggerire un'unica specie, o perlomeno un unico genere, assai specializzato per gli ambienti evaporitici, ma periodicamente annientato da condizioni ambientali estreme (CAVALLO *et alii* 1986). Mancano completamente i resti di Odonati adulti, ma questo dato rientra con quanto già rilevato per altri siti fossiliferi della Vena del Gesso: a tutt'ora soltanto il giacimento di M. Tondo ha restituito un'unica ala di un Libellulidae adulto della specie *Oryctodiplax gypsorum*, segnalata anche per il Messiniano del Piemonte (CAVALLO, GALLETTI 1987; SAMI, TEODORIDIS 2013).

Bibliografia

- 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, E. MARTINETTO 2008, *Messinian to Zanclean vegetation and climate of Northern and Central Italy*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 47, 2, pp. 105-121.
- A. BERTINI, E. MARTINETTO 2011, *Reconstruction of vegetation transects for the Messinian / Piacenzian of Italy by means of comparative analysis of pollen, leaf and carpological records*, "Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology" 304, pp. 230-246.
- A. BERTINI, E. MARTINETTO 2014, *La flora del Neogene dell'Italia peninsulare e della Sicilia*, in E. KUSTATSCHER, G. ROGHI, A. BERTINI, A. MIOLA (a cura di), *La storia delle piante fossili in Italia*, "Museo Scienze Naturali Alto Adige", 9, pp. 257-279.
- G. BRAMBILLA, L.M. GALLO 2002, *Analisi stratigrafica e paleobotanica della successione messiniana di Bric S. Margherita (Nizza Monferrato, Asti, Italia NW)*, "Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino" 19, 1, pp. 191-283.
- 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 lelefish (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, R. GENNARI, F. LOZAR, M. NATALICCHIO, L. PELLEGRINO, F. DELA PIERRE 2019, *Living in a deep desiccated Mediterranean Sea: an overview of the Italian fossil record of the Messinian salinity crisis*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana", 58, 1, pp. 109-140.
- 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.
- O. CAVALLO, M. MACAGNO, G. PAVIA 1986, *Fossili dell'Albese. Aspetti geologici e paleontologici delle Langhe e del Roero, Alba*.
- O. CAVALLO, P.A. GALLETTI 1987, *Studi di Carlo Sturani su Odonati e altri insetti fossili del Messiniano albese (Piemonte) con descrizione di Oryctodiplax gypsorum n. ge. n. sp. (Odonata, Libellulidae)*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 26, 1-2, pp. 151-176.
- J. GAUDANT 2009, *Giuseppe Scarabelli, Eugenio Sismonda, Iginio Cocchi et l'ichthyofaune messinienne de la Marche et de la Romagne*, in G.B. VAI (a cura di), *Il diamante e Scarabelli*, Imola, pp. 1-20.
- J. GAUDANT, O. CAVALLO 2008, *The Tortonian – Messinian fish faunas of Piedmont (Italy) and the Adriatic trough: a synthesis dedicated to the memory of Carlo Sturani (1938 – 1975)*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 47, 2, pp. 177-189.
- E. KNOBLOCH, H.J. GREGOR 1997, *Bemerkungen zu den jungtertiären und quartären Blätterfloren italiens*, "Flora Tertiaria Mediterranea" 5, 2, pp. 1-27.
- J. KOVAR-EDER, Z. KVAČEK, E. MARTINETTO, P. ROIRON 2006, *Late Miocene to Early Pliocene vegetation of southern Europe (7-4 Ma) as reflected in the megafossil plant record*, "Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology" 238, pp. 321-339.

- W. KRIJGSMAN, F.J. HILGEN, S. MARABINI, G.B. VAI 1999a, *New paleomagnetic and cyclostratigraphic age constraints on the Messinian of the Northern Apennines (Vena del Gesso Basin, Italy)*, "Memorie Soc. Geol. Ital." 54, pp. 25-33.
- W. KRIJGSMAN, F.J. HILGEN, I. RAFFI I., F.J. SIERRO, D.S. WILSON 1999b, *Chronology, causes and progression of the Messinian Salinity Crisis*, "Nature" 400, pp. 652-655.
- Z. KVAČEK, D. VELITZELOS, E. VELITZELOS 2002, *Late Miocene Flora of Vegora, Macedonia, N. Greece*, s.l.
- 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.
- W. LANDINI, G. BIANUCCI, M. BISCONTI, G. CARNEVALE, C. SORBINI, A. VAROLA 2005, *Il Miocene: I vertebrati marini*, in L. BONFIGLIO (a cura di), *Paleontologia dei vertebrati in Italia. Evoluzione biologica, significato paleoambientale e paleogeografia*, "Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona", 2° serie, sez. Scienze della Terra, 6, pp. 145-154.
- S. LUGLI, M.A. BASSETTI, V. MANZI, M. BARBIERI, A. LONGINELLI, M. ROVERI 2007, *The Messinian "Vena del Gesso" evaporites revisited: characterization of isotopic composition and organic matter*, in B.C. SCHREIBER, S. LUGLI, M. BABEL (Eds.), *Evaporites through Space and Time. Special Publications*, 285, Londra, pp. 143-154.
- S. LUGLI, V. MANZI, M. ROVERI, B.C. SCHREIBER 2010, *The Primary Lower Gypsum in the Mediterranean: A new facies interpretation for the first stage of the Messinian salinity crisis*, "Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology" 297, pp. 83-99.
- D. H. MAI 1995, *Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas*, Jena.
- S. MARABINI, G.B. VAI 1985, *Analisi di facies e macro-tettonica della Vena del Gesso in Romagna*, "Bollettino della Società Geologica Italiana" 104, pp. 21-42.
- E. MARTINETTO, D. UHL, E. TARABRA 2007, *Leaf physiognomic indications for a moist warm-temperate climate in NW Italy during the Messinian (Late Miocene)*, "Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology" 253, pp. 41-55.
- E. MARTINETTO, L. MACALUSO 2018, *Quantitative application of the whole-plant concept to the Messinian-Piacenzian flora of Italy*, "Fossil Imprint" (formerly "Acta Mus. Nat. Pragae", Ser. B Hist. Nat.), 74, 1-2, pp. 77-100.
- M. PACCIARELLI, G.B. VAI (a cura di) 1995, *La collezione Scarabelli*. Geologia, Imola.
- F. RICCI LUCCHI 1994, *Origine e storia del gesso*, in U. BAGNARESI, F. RICCI LUCCHI, G.B. VAI (a cura di), *La Vena del Gesso*, Bologna, pp. 15-32.
- P. ROIRON 1991, *La macroflore d'âge Miocène supérieur des diatomites de Murat (Cantal, France), implications paléoclimatiques*, "Palaeontographica" B, 223, pp. 169-203.
- M. ROVERI, S. LUGLI, V. MANZI, R. GENNARI, S.M. IACCARINO, F. GROSSI, M. TAVIANI 2006, *The record of Messinian events in the Northern Apennines foredeep basins*. R.C.M.N.S. Interim Colloquium Parma 2006 "The Messinian salinity crisis revisited II", PRE-CONGRESS FIELD-TRIP. Acta Naturalia De "L'Ateneo Parmense" 42, 3.
- M. ROVERI, V. MANZI 2007, *Gessoso-Solfifera*, in M.B. CITA, E. ABBATE, M. BALINI, M.A. CONTI, P. FALORNI, D. GERMANI, G. GROPELLI, P. MANETTI, F.M. PETTI (a cura di), *Carta Geologica d'Italia 1:50.000, Catalogo delle Formazioni, Unità tradizionali (2)*, "Quaderni Servizio Geologico d'Italia", s. III, 7, pp. 303-310.
- M. SAMI, V. TEODORIDIS 2013, *Gli aspetti paleontologici della cava di Monte Tondo: nota preliminare*, in M. ERCOLANI, P. LUCCI, S. PIASTRA, B. SANSAVINI (a cura di), *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, vol. XXVI), Faenza, pp. 59-80.
- M. SAMI, E. MARTINETTO, V. TEODORIDIS, Z. KVAČEK 2014, *Short notes on the Messinian palaeofloras of the Vena del Gesso Basin (Romagna Apennines, North Italy)*, in A. BERTINI et alii (Eds), *The Late Cenozoic of Romagna, Tuscany and Umbria*, (Field trip of the 9th European Paleobotany and Palynology Conference, 26-31 August 2014), Padova, pp. 28-35.
- 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.
- G. SCARABELLI 1870, *Guida al viaggiatore geologo, nella regione Appennina compresa tra le Ferrovie Italiane Pistoja - Bologna, Bologna - Ancona, Ancona - Fossato*, Milano.
- L. SORBINI 1987, *Biogeography and climatology of Pliocene and Messinian fossil fish of eastern central Italy*, "Bollettino Museo Civico di Storia Naturale di Verona" 14, pp. 1-85.

- L. SORBINI, R. TIRAPELLE RANCAN 1979, *Messinian fossil fish of the Mediterranean*, "Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology" 29, pp. 143-154.
- 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., 71, n. 3-4, pp. 249-292.
- G.B. VAI 1988, *A field trip guide to the Romagna Apennine geology, The Lamone valley*, in C. DE GIULI, G.B. VAI (Eds.), *Fossil vertebrates in the Lamone valley, Romagna Apennines*, (International Workshop: *Continental Faunas at the Mio-Pliocene Boundary*, Field Trip Guidebook), Faenza, pp. 7-37.
- G.B. VAI 1997, *Cyclostratigraphic estimate of the Messinian stage duration*, in A. MONTANARI, G.S. ODIN, R. COCCIONI (Eds.), *Miocene Stratigraphy – An integrated approach*, Amsterdam, pp. 463-476.
- G.B. VAI 2016, *Over half a century of Messinian salinity crisis*, "Boletín Geológico y Minero" 127, 2-3, pp. 615-632.
- G.B. VAI, F. RICCI LUCCHI 1976, *The Vena del Gesso in northern Apennines: growth and mechanical breakdown of gypsified algal crusts*, "Memorie della Società Geologica Italiana" 16, pp. 217-249.
- G.B. VAI, F. RICCI LUCCHI 1977, *Algal crusts, autochthonous and clastic gypsum in a cannibalistic evaporite basin: a case history from the Messinian of Northern Apennines*, "Sedimentology" 24, pp. 211-244.
- P. VIAGGI 1989, *Fossili messiniani del torrente Sgarba (Tossignano, Bologna)*, Tesina di Laurea, Università di Bologna, Bologna.
- P. VIAGGI 2015, *Nota sui Fossili Messiniani del Torrente Sgarba. Catalogo fotografico parziale della collezione*, Piacenza.
- P. VIAGGI 2018, *$\delta^{18}\text{O}$ and SST signal decomposition and dynamic of the Pliocene-Pleistocene climate system: new insights on orbital nonlinear behavior vs. long-term trend*, "Progress in Earth and Planetary Science" 5, 81, pp. 1-37.
- P. VIAGGI 2019, *La Paleoflora Messiniana del Torrente Sgarba (Tossignano, BO). Aggiornamento del Catalogo Fotografico della Collezione (1° lotto)*, Piacenza.
- P. VIAGGI 2021, *Donazione del 2° lotto di Filliti ed Ittioliti Messiniani del Torrente Sgarba (Tossignano, BO). Un Progetto Naufragato*, Piacenza.
- P. VIAGGI 2022, *Donazione del 2° lotto di Filliti ed Ittioliti Messiniani del Torrente Sgarba al Museo della Vena del Gesso Romagnola (Tossignano, BO)*, pp. 1-111, 101 tav. fotografiche, Piacenza.
- P. VIAGGI, M. SAMI, O. ZANI 2022, *Il Geosito Messiniano del Torrente Sgarba (Tossignano, BO) ed i suoi Fossili. Donazione di Filliti ed Ittioliti al Museo della Vena del Gesso Romagnola*, in "Convegno scientifico celebrativo del Bicentenario Scarabelliano 1820-2020", Invited Lecture, Imola 30 settembre 2022, pp. 1-30.
- J.C. ZACHOS, M. PAGANI, L. SLOAN, E. THOMAS, K. BILLUPS 2001, *Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Myr to present*, "Science" 292, pp. 686-693.
- M. ZAMMIT-MANGION, A. DEIDUN 2010, *Management recommendations for the conservations of threatened *Aphanius fasciatus* NARDO populations from two wetlands in the maltese islands*, "Biologia Marina Mediterranea" 17, 1, pp. 356-357.

Ringraziamenti: soprattutto a Mauro Diversi, per la paziente e capace opera di ricerca dei reperti, alla dott.ssa Laura Mazzini dei Musei Civici di Imola per il materiale fotografico ed ai Proff. Giorgio Carnevale ed Edoardo Martinetto, paleontologi dell'Università di Torino, per i preziosi consigli nonché la lettura critica del testo. Siamo infine particolarmente grati nei confronti del Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza per averci permesso di esaminarne le interessanti raccolte di fossili.