

GLI ASPETTI PALEONTOLOGICI DELLA CAVA DI MONTE TONDO: NOTA PRELIMINARE

MARCO SAMI¹, VASILIS TEODORIDIS²

Riassunto

Negli interstrati pelitici intercalati ai banchi di gesso selenitico affioranti nella cava di M. Tondo (Formazione Gessoso-solfifera, Messiniano) sono stati rinvenuti numerosi reperti fossili, in particolar modo di piante (filliti). Tale paleoflora, rappresentata preliminarmente da 44 *taxa*, trova numerose corrispondenze con le flore fossili coeve dell'Italia settentrionale e dell'Europa centro-meridionale. Vari dati paleoambientali indipendenti sono stati ottenuti mediante l'utilizzo, in via preliminare, di quattro diverse metodologie: PhytoA ("approccio fitosociologico"), IPR ("analisi vegetazionale"), CLAMP ("analisi fogliare multivariata per la ricostruzione del clima") e LMA ("analisi del margine fogliare"). Sono stati così riconosciuti un ambiente di foresta mista/palude, uno di ambiente ripariale ed uno, il più diffuso, di bosco mesofilo di aree rilevate; complessivamente, tale paleoflora risulta intermedia tra la "Foresta a latifoglie sempreverdi" (BLEF) di climi subtropicali e la "Foresta mista mesofitica" (MMF) di climi temperato-caldi / subtropicali". Vengono avanzate anche alcune ipotesi sui possibili parametri paleoclimatici. Tra gli altri reperti sono frequenti i fossili di pesci, che documentano un'associazione caratteristicamente oligotipica dominata dalla specie *Aphanius crassicaudus*, testimone di ambienti di laguna costiera comunicanti saltuariamente col mare aperto. Gli insetti fossili, assai scarsi, sono rappresentati soprattutto da numerose impronte di larve di Odonati ed, eccezionalmente, da un'ala di Libellulidae adulto.

Parole chiave: Fossili, Flora, Pesci, Insetti, Formazione Gessoso-solfifera, Messiniano, Italia.

Abstract

In organic rich shale interlayers alternating with gypsum selenite beds cropping out in the Mt. Tondo quarry (Gessoso-solfifera Formation, Messinian) many fossils were found, especially of plants. Such paleoflora, preliminarily represented by 44 taxa, has many correspondences with contemporary fossil floras of Northern Italy and Central-southern Europe. In order to get independent paleoenvironmental evaluation 4 different methods were used: Phytosociological approach (PhytoA), Integrated Plant Record vegetation analysis (IPR-vegetation analysis), Climate Leaf Analysis Multivariate Program (CLAMP) and Leaf Margin Analysis (LMA). In this way 3 relatively specific vegetation assemblages were determined: a mixed-swamp forest, a riparian assemblage and a zonal mesophytic (mesic) assemblage

¹ Via Bertolani 15, 48018 Faenza (RA) - marco.sami@cheapnet.it

² Department of Biology and Environmental Studies, Charles University in Prague, Faculty of Education, M.D. Rettigová 4, 116 39 Prague 1 (Czech Republic) - vasilis.teodoridis@pedf.cuni.cz

(the most abundant). Altogether, this paleoflora belongs to a transitional vegetation type between "Broad-leaved Evergreen Forest (BLEF)" of subtropical climates and a "Mixed Mesophytic Forest (MMF)" of warm-temperate/subtropical climates. Some hypotheses about possible paleoclimatic parameters were also advanced. Among other findings fossil fishes are abundant and documents an oligotypic association dominated by *Aphanius crassicaudus*, indicating a coastal lagoon environment. We report also scarce fossil insect samples almost entirely represented by impressions of Odonata, mainly larvae but also by an adult dragonfly wing.

Keywords: Fossils, Flora, Fishes, Insects, Gessoso-solfifera Formation, Messinian, Italy.

Introduzione

Il progetto multidisciplinare sull'area di Monte Tondo per la prima volta ha fornito ad alcuni collaboratori del Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza l'opportunità di esaminarne gli affioramenti fossiliferi. Infatti la pluridecennale attività estrattiva aveva reso tale area difficilmente accessibile e, con esclusione di pochi reperti raccolti da membri del Gruppo Speleologi-

co Faentino e dello Speleo GAM Mezzano, dal punto di vista paleontologico in gran parte inesplorata.

Le ricerche, effettuate tra il maggio e l'agosto 2012, hanno riguardato tutto l'ampio fronte di escavazione della cava nel quale la Formazione Gessoso-solfifera affiora quasi al completo (dal II al XVI ciclo evaporitico) e in maniera generalmente ottimale. L'attività di prospezione si è concentrata fin da subito nell'esame dei sottili



Fig. 1 – M. Tondo, estate 2012: una fase dello scavo dell'interstrato fossilifero (foto M. Sami).



Fig. 2 – Tipica fillite palmata della specie estinta *Acer cf. integrilobum* (foto M. Sami).

interstrati pelitici intercalati ai più spessi banchi di gesso selenitico, i soli livelli capaci di conservare resti degli antichi organismi (pesci, insetti e parti di piante) vissuti ai margini del bacino in cui, per circa 340 mila anni (tra 6 milioni e 5 milioni e 600 mila anni fa), andarono originandosi ciclicamente i depositi dell'attuale Vena del Gesso (fig. 1). I fossili non vi sono distribuiti in maniera uniforme: se alcuni livelli sono risultati quasi sterili, numerosi hanno restituito sporadiche tracce di organismi, assai scarse e frammentarie, e relativamente fossilifero si è rivelato l'interstrato tra il XII e il XIII ciclo evaporitico. Soltanto un interstrato però è risultato di gran lunga più promettente di tutti gli altri: si tratta di un livello appartenente certamente ai cicli superiori (con buona probabilità compreso tra il X e il XIII ciclo), ma che non è stato possibile posi-

zionare stratigraficamente con maggior precisione in quanto coinvolto nell'ampia fascia di faglia che fa ribassare verso monte il settore sud occidentale dei Gessi di Monte Tondo (vedi DE WAELE *et alii* e VAI, MARABINI in questo stesso volume). Alcune conseguenze delle tensioni indotte dal disturbo tettonico che ha afflitto tale settore possono essere ravvisate nell'insolita conformazione lenticolare dell'interstrato in oggetto (con spessore massimo di circa 3 m), nella fitta frammentazione in stretti blocchetti poliedrici che lo interessano in alcuni punti nonché nella sua caratteristica colorazione giallastra.

Quest'ultimo carattere è in effetti il risultato della maggior percolazione delle acque piovane (favorita dalla fratturazione del deposito) che avrebbe intensificato l'ossidazione della sostanza organica e dei solfuri di ferro presenti i quali, solitamen-

te, impartiscono a tali sedimenti inalterati un tipico colore grigio-azzurro.

I fossili vegetali

La paleoflora

Per quanto ci risulta, le uniche segnalazioni di macroresti vegetali per l'area in questione potrebbero essere quelle del PRINCIPALI (1942), che significativamente riporta di aver rinvenuto «(...) nel Monte della Volpe sulla riva destra del Senio, *Fagus antipofi*, *Cinnamomum lanceolatum*, *Cassia vulcanica*». In effetti, negli interstrati i resti fossili di piante sono relativamente diffusi, soprattutto sotto forma di filliti (cioè foglie fossili, letteralmente "foglie di pietra"). Il loro studio, unitamente a quello dei pollini fossili (paleopalinologia) offre un importante mezzo per ricostruire il tipo di copertura vegetale e, di conseguenza, anche il tipo di ambiente e il clima presenti in epoche geologiche passate. Le filliti

recuperate a M. Tondo sono rappresentate principalmente da impronte e soltanto raramente risultano preservate sotto forma di sottili pellicole carboniose, a causa del grado abbastanza elevato di alterazione subita dall'interstrato di cui si è già accennato (fig. 2). Alcuni interstrati, come per es. quello tra II e III ciclo, hanno restituito anche qualche frammento ligneo gessificato; un caso a parte è costituito dalla grande porzione di tronco recuperata tra il VI e VII ciclo, appiattita e lunga oltre 1 m, nella quale la fossilizzazione ha agito in modo differenziato evidenziando una parte più esterna, lignitizzata, da quella interna permineralizzata (B. Sansavini, com. pers.). In generale per la classificazione preliminare delle filliti sono stati analizzati soprattutto i caratteri morfologici, anche se per alcuni esemplari si è potuti arrivare ad una determinazione più accurata basandosi sull'anatomia fogliare e soprattutto grazie al confronto con le flore mioceniche recentemente studiate in



Fig. 3 – A M. Tondo i fossili vegetali sono rappresentati soprattutto da filliti: tra i resti di frutti, poco comuni, compare questa caratteristica samara (frutto alato) di *Acer* sp. (foto M. Sami).

altre parti d'Europa (KVAČEK *et alii* 2002; TEODORIDIS, KVAČEK 2005). I fossili vegetali rinvenuti, raramente integri, sono in gran parte incompleti o frammentari: tale situazione è tipica degli accumuli legati al trasporto fluviale con tafocenosi caratterizzata da un grado più o meno spinto di alloctonia. Tutto il materiale fossile, raccolto da collaboratori del Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza, è attualmente depositato presso i locali del suddetto istituto e consta di quasi 300 esemplari in gran parte incompleti. Tra questi sono stati da noi riconosciuti preliminarmente 44 *taxa* di piante superiori e cioè 5 specie di conifere, 36 di angiosperme e 3 di affinità sistematica incerta.

Tra questi sono stati da noi riconosciuti preliminarmente 45 *taxa* di piante superiori e cioè 5 specie di conifere, 37 di angiosperme e 3 di affinità sistematica incerta.

GYMNOSPERMAE

Fam. Cupressaceae

- *Cupressus rhenana* (Kilpper) Mai & Velitzelos

- *Chamaecyparis* sp.

- *Taiwania* sp.

- *Tetraclinis salicornioides* (Unger) Kvaček

- *Taxodium dubium* (Sternberg) Heer

Fam. Pinaceae

- *Pinus rigios* (Unger) Etingshausen

ANGIOSPERMAE

Fam. Aceraceae

- *Acer integrilobum* Unger

- *Acer subcampestre* Goeppert

Fam. Anacardiaceae

- cf. *Cotinus*? *aizoon* (Unger) Kovar-Eder & Kvaček

Fam. Berberidaceae

- cf. *Berberis teutonica* (Unger) Kovar-Eder & Kvaček

Fam. Ebenaceae

- cf. *Dyospiros* sp.

Fam. Fagaceae

- *Fagus gussonii* Massalongo emend. Knobloch & Velitzelos

- *Quercus* cf. *gigas* Goeppert emend. Walther & Zastawniak

- *Quercus mediterranea* Unger

- *Quercus pseudocastanea* Goeppert

- *Trigobalanopsis rhamnoides* (Rossm.) Kvaček & Walther

Fam. Juglandaceae

- *Pterocarya paradisiaca* (Unger) Ilin-skaya

Fam. Lauraceae

- *Daphnogene polymorpha* (Braun) Ettingshausen

- *Laurophyllum* sp. 1

- *Laurophyllum* sp. 2

- *Ocotea heeri* (Gaudin) Takhtajan

Fam. Leguminosae

- *Leguminosites hradekensis* (Knobloch et Kvaček) Kvaček & Teodoridis

- *Leguminosites* sp. 1

- *Leguminosites* sp. 2

- *Leguminosites* sp. 3

- *Leguminosites* sp. 4

- *Leguminosites* sp. 5

- *Leguminosites* sp. 6

Fam. Myricaceae

- *Myrica lignitum* (Unger) Saporta

Fam. Poaceae (Cyperaceae)

- Poaceae vel Cyperaceae gen et sp. indet.

- Monocotyledonae gen. et sp. indet.

Fam. Platanaceae

- *Platanus leucophylla* (Unger) Knobloch

Fam. Rhamnaceae

- cf. *Berchemia* sp.

Fam. Rosaceae

- *Rosa* sp.

- *Pyracantha* sp.

Fam. Rutaceae (?)

- *Chaneya* cf. *membranosa* (Goeppert) Manchester & Zastawniak

Fam. Salicaceae

- *Salix* sp.

Fam. Simaroubaceae

- cf. *Ailanthus pythii* (Unger) Kovar-Eder & Kvaček

Fam. Ulmaceae

- *Ulmus plurinervia* Unger

- *Zelkova zelkovifolia* (Unger) Bůžek & Kotlaba

Fam. Angiospermae fam inc.

- *Dicotylophyllum* sp. 1



Fig. 4 – Frammento di rametto di *Chamaecyparis*, genere di Cupressacee oggi presente con areale disgiunto sia in Nordamerica che nell'Asia orientale (foto M. Sami).

- *Dicotylophyllum* sp. 2 vel cf. *Viburnum atlanticum* Ettingshausen
- *Dicotylophyllum* sp. 3
- *Dicotylophyllum* sp. 4

Il quadro paleofloristico, delineato principalmente grazie alle filliti, viene ulteriormente integrato dagli scarsi avanzi paleocarpologici (fossili di semi e frutti) che annoverano “pigne” di *Tetraclinis*, *Taxodium* e *Pinus*, semi di *Pinus* e frutti di *Platanus*, *Ulmus* e *Acer* (fig. 3).

Più in generale, quello che risulta dall'elenco soprascritto (per quanto provvisorio) è che la paleoflora di M. Tondo trova numerose corrispondenze nelle varie flore fossili del Messiniano dell'Italia settentrionale (BERTINI, MARTINETTO 2008; 2011). Un confronto ancora più diretto e puntuale è possibile col giacimento paleontologico di Tossignano (ex cava SPES, Gola di Tramosasso), coevo e distante solo pochi km in linea d'aria. La ricca paleoflora ivi rinvenuta, benché già ricordata nella seconda metà dell'800 in SCARABELLI 1864 («(...) si trovò in un sottile strato di marna scistosa che

alterna coi gessi di Tossignano una bella impronta del *Cynnamomum polymorphum* tanto abbondante a Senigallia e a Stradella, una specie di *Fagus* e varii frammenti di *Quercus* indeterminabili (...))», è stata citata in pochi altri lavori paleobotanici di carattere generale (KNOBLOCH, GREGOR 1997; BERTINI, MARTINETTO 2008) e risulta ancora in buona parte da studiare. Tuttavia, basandosi sul materiale già determinato presente nel Museo di Scienze Naturali faentino è possibile confrontare in via preliminare le due paleoflore e osservare che: un certo numero di *taxa* sono in comune (per es. *Laurophyllum*, *Taxodium*, *Taiwania*, *Pinus*, *Platanus*, *Quercus*, *Fagus*, *Tetraclinis*, *Trigobalanopsis*, ecc.); alcuni *taxa* sono presenti in entrambi i siti ma con percentuali nettamente differenziate (per es. *D. polymorpha* o *Acer* spp. sono molto comuni a M. Tondo e assai rari a Tossignano); varie specie sono state segnalate soltanto a M. Tondo (*Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Pyracantha*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Pterocarya*, *Chaneya* ecc.) mentre altre sembrerebbero per ora esclusive di Tossignano (*Cunninghamia*, *Athrotaxis*, *Potamogeton*, *Bambusa*, *Carpinus*, *Liquidambar* ecc.).

Appunti paleogeografici

Riportiamo qui di seguito alcuni cenni sulla paleogeografia delle specie più significative della paleoflora rinvenuta a M. Tondo: i lavori di riferimento sono principalmente quelli di BRAMBILLA, GALLO (2002) e BERTINI, MARTINETTO (2008).

Chamaecyparis sp.: genere di Cupressacee che comprende attualmente sei specie, distribuite in Nordamerica, Giappone e Taiwan (fig. 4).

Tetraclinis salicornioides: forma estinta del genere *Tetraclinis*, attualmente rappresentato da un'unica specie, *T. articulata* (ginepro articolato), cupressacea del Mediterraneo occidentale (Nord Africa e sud Spagna).

Taxodium dubium: confrontabile con



Fig. 5 – *Taxodium dubium*, specie fossile probabilmente comparabile con l'attuale *T. distichum*, il cipresso calvo della Florida (foto M. Sami).



Fig. 6 – *Daphnogene polymorpha*, Lauracea fossile spesso avvicinata all'attuale *Cinnamomum camphora* (albero della canfora) del Sud Est asiatico (foto M. Sami).

l'odierno *T. distichum*, il cipresso calvo della Florida, questa Taxodiacea di clima temperato caldo/subtropicale doveva prediligere le paludi prossime all'ambiente deposizionale (fig. 5).

Taiwania sp.: conifera attualmente presente con un'unica specie, *T. cryptomerioides*, nelle montagne di Taiwan, del sud est della Cina e nell'Indocina settentrionale.

Pinus rigios: pino con aghi in gruppi di tre, attualmente le specie con tale carattere sono numerose soprattutto in Nordamerica (tra cui *P. taeda*) mentre non sono rappresentate nella flora italiana (GUGLIELMETTO, IGUERA 1994).

Fam. Lauraceae: nel Neogene d'Europa tutte le specie di questa famiglia, malgrado la morfologia fogliare estremamente uniforme (per cui una loro classificazione specifica necessita dell'analisi cuticolare), sono complessivamente considerate piante sempreverdi subtropicali.

Daphnogene polymorpha: Lauracea ampiamente diffusa nelle flore neogeniche dell'Eu-

ropa meridionale; il genere *Daphnogene* è usato solo per le forme fossili ma viene spesso avvicinata all'attuale genere *Cinnamomum*, del Sud Est asiatico (per es. *C. camphora*, l'albero della canfora) (fig. 6).

Ocotea heeri: assai simile all'odierna *O. foetens* delle foreste a Lauracee delle Isole Canarie.

Trigobalanopsis rhamnoides: membro estinto delle Fagacee, anch'esso considerato generalmente un elemento di tipo subtropicale (fig. 7).

Zelkova zelkovifolia: ulmacea che appartiene ad un genere che attualmente ha diffusione asiatica, dal Caucaso alla Cina (fig. 8).

Myrica lignitum: altra pianta di clima subtropicale/temperato caldo, decidua, di ambienti perennemente umidi a formare possibili associazioni con *Taxodium dubium*. In BRAMBILLA, GALLO 2002 viene avvicinata all'odierna *M. cerifera*, degli Stati Uniti sud orientali.

cf. *Ailanthus pythii*: questo genere attual-



Fig. 7 – *Trigobalanopsis rhamnoides* è un membro estinto delle Fagacee e viene generalmente considerato un elemento di tipo subtropicale (foto M. Sami).

mente annovera una decina di specie di alberi originari delle zone tropicali dell'Asia e dell'Australia (per es. *A. altissima*, ailanto, originario della Cina e delle Molucche).

Chaneya cf. *membranosa*: un frutto fossile con perianzio (corolla persistente) documenta il genere estinto *Chaneya*, diffuso nel Neogene di Nord America, Europa e Asia orientale. La sua posizione sistematica è stata dibattuta a lungo, ma attualmente i paleobotanici propendono per assegnarlo alle Rutaceae, Famiglia subcosmopolita a distribuzione prevalentemente tropicale e subtropicale alla quale appartengono per es. gli agrumi (TEODORIDIS, KVAČEK 2005; MANCHESTER, ZASTAWIAK 2007).

cf. *Berchemia* sp.: genere di piante rampicanti o alberi di taglia medio-piccola spontaneo in America, Asia e Africa.

cf. *Dyospiros* sp.: attualmente questo importante genere comprende numerosissimi



Fig. 8 – Impronta e controimpronta di *Zelkova zelvifolia*, un'Ulmacea ad affinità asiatica (foto M. Sami).



Fig. 9 – *Pterocarya paradisiaca*, Juglandacea asiatica affine all'attuale noce del Caucaso *P. fraxinifolia* (foto M. Sami).

me specie a prevalente diffusione temperato calda / tropicale tra le quali ad es. *D. kaki*, il cachi, dell'Asia orientale.

Platanus leucophylla: sembra corrispondere all'attuale *P. occidentalis* diffuso lungo le coste atlantiche dell'America centro settentrionale.

Pterocarya paradisiaca: Juglandacea il cui genere comprende attualmente 6 specie diffuse in Asia, dal Caucaso (*P. fraxinifolia*, noce del Caucaso) alla Cina (fig. 9).

Coerentemente con altre flore fossili neogeniche d'Italia, anche un'analisi sommaria della paleoflora di M. Tondo permette di evidenziare l'alto numero di *taxa* "esotici" presenti, ovvero scomparsi dalle attuali flore europee ma tuttora viventi in altri continenti. In effetti si può stimare grossolanamente come, nel loro complesso, le flore fossili tardo-mioceniche italiane siano costituite da una percentuale di specie "esotiche" oscillante tra il 70 e l'80% del totale. Questo perché fino al tardo Terziario le medie latitudini dell'emisfero boreale erano generalmente interessate



Fig. 10 – Fillite di *Leguminosites* sp.1 parzialmente sovrapposta a quella di un salice (*Salix* sp.) (foto M. Sami).

da un clima di tipo subtropicale, più caldo e umido dell'attuale, per cui le ottimali condizioni climatiche permettevano alla vegetazione una notevole uniformità in tutti i continenti e, conseguentemente, vastissimi areali di distribuzione. Esempi da questo punto di vista le Taxodiacee (es. *Taxodium*, *Taiwania*, *Glyptostrobus*, ecc.), conifere che fino al Pliocene medio popolarono gran parte del nostro emisfero ma oggi caratterizzate da specie endemiche di zone molto ristrette del continente americano ed asiatico. Una vistosa riduzione degli enormi areali di tali taxa ebbe inizio con le oscillazioni climatiche manifestatesi a partire da 2,6 milioni di anni fa e perdurate per gran parte del Pleistocene (le ben note glaciazioni quaternarie), che progressivamente privarono la vegetazione europea delle sue essenze più termofile (BERTINI, MARTINETTO 2008; 2011). In Europa tali imponenti fenomeni di estinzione furono amplificati dal peculiare assetto fisiografico che, a differenza di altri continenti, presenta varie barriere geografiche trasversali quali catene montuose (Alpi, Pire-

nei, Balcani, ecc.) o il Mar Mediterraneo. Proprio queste “barriere”, oltre alla marcata aridità dell’area mediterranea nelle fasi glaciali (SUC *et alii* 1995), avrebbero costituito degli ostacoli insormontabili per le molte specie vegetali che si spingevano verso sud, alla ricerca di “zone di rifugio” (MARTINETTO 2000). Il risultato finale fu la scomparsa di molte essenze di origine cenozoica, con graduale impoverimento della vegetazione europea; d’altro canto molti discendenti di queste piante - particolarmente sensibili all’aridità ed agli eccessi di freddo - manifestano un caratteristico “areale disgiunto” (per es. le Taxodiacee di cui sopra) sopravvivendo sia in America centro-settentrionale che in Asia orientale, aree oggi giorno caratterizzate da un clima forse simile a quello del Terziario europeo.

Il paleoambiente e il paleoclima

Materiali e metodi

Per ottenere dei dati paleoambientali indipendenti i fossili vegetali di M. Tondo sono stati analizzati mediante quattro diversi metodi: “approccio fitosociologico” o PhytoA (*Phytosociological approach*), “analisi vegetazionale” IPR (*Integrated Plant Record vegetation analysis*), “analisi fogliare multivariata per la ricostruzione del clima” o CLAMP (*Climate Leaf Analysis Multivariate Program*) e “analisi del margine fogliare” o LMA (*Leaf Margin Analysis*).

- “Approccio fitosociologico”

Tra i vari metodi di ricostruzione degli antichi ambienti vegetali è stato il primo ad essere introdotto già nella metà del XIX secolo dal paleobotanico svizzero Oswald Heer (HEER 1855) ed è anche il più diffuso. Oltre a prendere in considerazione gli antichi fattori abiotici (tipo di substrato, contenuto di acqua nel terreno ecc.), il metodo individua varie entità indicatrici nelle paleoassociazioni vegetazionali in base alla loro abbondanza. L’insieme di

tali entità definisce un tipo specifico di paleovegetazione, basato sulle esigenze ambientali condivise dalle specie viventi più simili a quelle documentate dai fossili e/o dei loro equivalenti ecologici (in caso di forme estinte). Per finire, il tipo di paleovegetazione viene correlato all’unità vegetazionale attuale meglio confrontabile. Le forme biologiche elementari delle piante, indicate nel testo e nelle figure, sono simboleggiate nel modo seguente: erbe (E1), liane e arbusti (E2), alberi alti meno di 25 m (E3) e alberi più alti di 25 m (E4).

- “Analisi vegetazionale” IPR

È una tecnica di valutazione semiquantitativa per mappare l’insieme dei resti fossili vegetali (foglie, frutti, legni e pollini) in termini di vegetazione zonale (detta anche “regionale”, cioè quella che caratterizza ampie porzioni di territorio come, per es. tutta la pianura romagnola). In sintesi, tale metodo analizza le piante dal punto di vista tassonomico, fisionomico e autoecologico per poi poterle inquadrare in dodici componenti tassonomico-fisionomiche. Queste ultime sono considerate “zonali” se ritenute far parte della vegetazione zonale (9 componenti), oppure azonali (3 componenti) se pertinenti a tipi di vegetazione sviluppati in condizioni di suolo caratterizzato da condizioni particolari, come nelle situazioni di ristagno d’acqua o di frequente invasione da parte delle piene fluviali (KOVAR-EDER, KVAČEK 2007; KOVAR-EDER *et alii* 2008).

Le componenti analizzate sono: CONIFER (conifere zonali e azonali), BLD (*broad-leaved deciduous woody angiosperms*, cioè angiosperme legnose latifoglie decidue), BLE (*broad-leaved evergreen woody angiosperms*, cioè angiosperme legnose latifoglie sempreverdi), SCL (*sclerophyllous woody angiosperms*, cioè angiosperme legnose con foglie coriacee), LEG (*legume-like woody angiosperms*, cioè angiosperme legnose confrontabili con le leguminose), ZONPALM (palme zonali), ARBFERN (*zonal arborescent ferns*, felci arboree zonali), DRY HERB (elementi di radure boschive e

praterie), MESO HERB (*mesophytic forest undergrowth*, sottobosco di foresta mesofila), AZONAL WOODY (*azonal woody trees and shrubs*, alberi e arbusti legnosi azonali), AQUATIC (elementi acquatici), AZNW (*azonal non-woody elements*, elementi azonali non legnosi). Un'ultima componente, PROBLEMATIC, raggruppa i taxa problematici indeterminati.

La percentuale di “componenti guida” (*key components*) (BLD, BLE, SCL+LEG, DRY HERB + MESO HERB) è stata definita studiando la proporzione delle varie componenti in 8 tipi principali di vegetazione zonale, comprendenti i relativi ecotoni (KOVAR-EDER, KVAČEK 2007; TEODORIDIS *et alii* 2011). Questi sono: 1) foreste decidue a latifoglie di climi temperato/temperato-caldi (BLDF); 2) foreste mesofile (a media umidità) miste di climi temperato-caldi/subtropicali (MMF); 3) foreste a latifoglie sempreverdi di climi subtropicali (BLEF); 4) foreste a sclerofille o microfille di climi subtropicali sub-umidi (ShSF); 5) vegetazione ecotonale di BLDF/MMF; 6) vegetazione ecotonale di BLEF/MMF; 7) radure boschive xeriche (OW); 8) praterie xeriche o steppe.

- “Analisi multivariata fogliare per la ricostruzione del clima” (CLAMP)

Metodo di statistica multivariata che permette di determinare un insieme di parametri paleoclimatici basandosi sulla fisionomia fogliare delle angiosperme legnose dicotiledoni (WOLFE 1993; WOLFE, SPICER 1999).

Tale programma impiega 31 differenti caratteristiche fisionomiche nelle foglie per stimare 11 parametri climatici: la temperatura media annuale (MAT: *Mean Annual Temperature*), la temperatura media del mese più caldo (WMMT: *Warmest Month Mean Temperature*), la temperatura media del mese più freddo (CMMT: *Coldest Month Mean Temperature*), la durata della stagione di crescita (GROWSEAS: *Length of the Growing Season*), le precipitazioni nella stagione di crescita (GSP: *Growing Season Precipitation*), la precipitazione

media mensile nella stagione di crescita (MMGSP: *Mean Monthly Growing Season Precipitation*), le precipitazioni dei 3 mesi consecutivi più umidi (3-WET: *Precipitation during 3 Consecutive Wettest Months*), le precipitazioni dei 3 mesi consecutivi più asciutti (3-DRY: *Precipitation during 3 Consecutive Driest Months*), l'umidità re-

Caratteri fisionomici fogliari %		M. Tondo
tipo di margine	lobato	9,4
	integro	70,3
	denti regolari	21,9
	denti serrati	6,3
	denti arrotondati	20,3
	denti acuti	8,6
	denti composti	3,1
classe dimensionale	nanofille	0,0
	leptofille I	0,0
	leptofille II	3,1
	microfille I	8,2
	microfille II	43,1
	microfille III	30,3
	mesofille I	13,4
	mesofille II	1,9
	mesofille III	0,0
tipo di apice	smarginato	0,0
	arrotondato	31,8
	acuto	42,8
	attenuato	25,3
tipo di base	cordata	9,4
	arrotondata	40,3
	acuta	50,3
rapporto lunghezza Lu / larghezza La	Lu : La < 1 : 1	6,3
	Lu : La 1-2 : 1	6,3
	Lu : La 2-3 : 1	30,3
	Lu : La 3-4 : 1	47,2
	Lu : La > 4 : 1	10,0
forma	obovata	12,8
	ellittica	58,1
	ovata	29,1
numero totale dei taxa		32

Fig. 11 – Tavola con le principali caratteristiche fisionomiche fogliari della paleoflora rinvenuta a M. Tondo (elaborazione V. Teodoridis).

lativa (RH: *Relative Humidity*), l'umidità specifica (SH: *Specific Humidity*) e l'entalpia (ENTHAL: *Enthalpy*). Le caratteristiche fisionomiche della flora studiata sono presentate nella fig. 11.

- "*Analisi del margine fogliare*" (LMA)

Il principio su cui si basa è che la forma delle foglie è in qualche modo legata alle condizioni climatiche. Ad esempio le foglie risultano più lunghe e più larghe nei climi con alte temperature e precipitazioni annuali elevate. Un'altra interessante osservazione, effettuata già oltre un secolo fa, è che tra le piante legnose decidue quelle con foglie dal margine seghettato (serrato) predominano nei climi temperati mentre le specie con foglie a margine intero predominano in quelli tropicali. Questa relazione è stata sfruttata per ottenere un modello matematico che permetta di prevedere il clima in base al margine fogliare. Un'applicazione di tale modello permette di determinare le temperature medie annuali (MAT, *Mean Annual Temperature*) nel passato geologico analizzando i margi-



Fig. 12 – Impronta fossile del "faggio messiniano" *Fagus gussonii* (foto M. Sami).



Fig. 13 – *Pyracantha* sp., un genere attualmente diffuso dall'Europa mediterranea (*P. coccinea*, l'agazzino) fino al Sud Est asiatico (foto M. Sami).

ni fogliari delle piante fossili. Non è chiaro il motivo di una correlazione così stretta tra il margine delle foglie e la temperatura: una recente analisi suggerisce che i margini di tipo serrato possano innescare un processo fotosintetico più rapido in condizioni climatiche fresche (WOLFE 1979; SU *et alii* 2010).

Analisi paleoambientale

In generale la paleovegetazione di M. Tondo è caratterizzata da una presenza relativamente frequente di elementi zionali. Basandosi sull'approccio fitosociologico è possibile perciò distinguere 3 ambiti vegetazionali specifici, ognuno dei quali differisce per la composizione floristica (dipendente dalle specifiche condizioni ecologiche dei biotopi), e mutualmente integrati coi loro ecotoni.

Il primo ambito vegetazionale ipotizzato è una foresta mista/palude, un insieme tipico di specie vegetali che preferivano ambienti caratterizzati da acque stagnanti o comunque sommersi per periodi relativamente lunghi. Questo tipo di vegetazione è

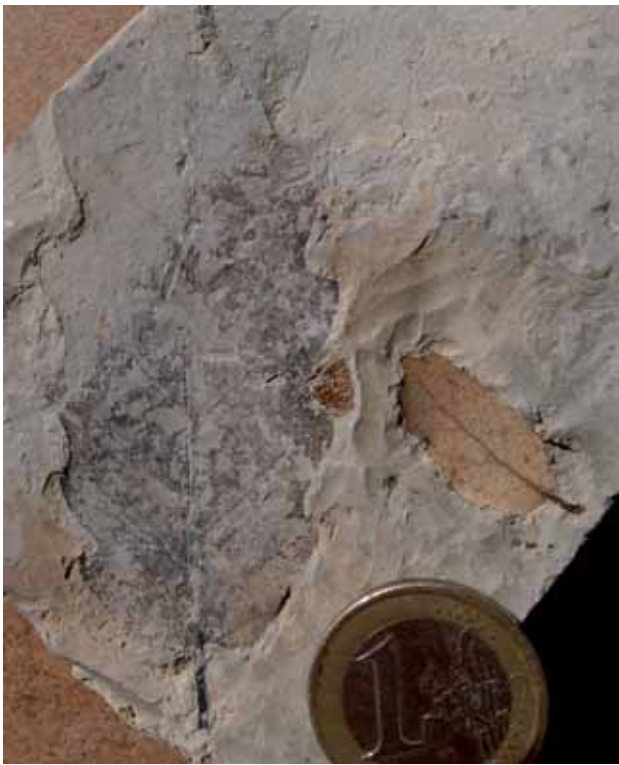


Fig. 14 - Due filliti di "querce messiniane": a sinistra *Quercus pseudocastanea*, affine all'attuale cerro (*Q. cerris*), a destra *Q. mediterranea*, confrontabile con il leccio (*Q. ilex*) dell'area mediterranea (foto M. Sami).

tipico delle zone marginali dei bacini di acqua dolce o dei laghi di meandro abbandonato dei sistemi fluviali. Nella paleoflora di M. Tondo gli elementi che caratterizzano questo tipo di ambienti non occorrono di frequente. Essi sono rappresentati principalmente da *Taxodium dubium* (E4), *Myrica lignitum* (E2) e da monocotiledoni quali Poaceae vel Cyperaceae (E1) (per il significato delle sigle vedi *infra*).

Il successivo raggruppamento è caratterizzato da piante che occupavano substrati periodicamente saturi d'acqua (suoli umidi): si tratta di un insieme di entità attribuite ad ambienti ripariali in base al record paleontologico dell'Europa centrale: *Berchemia* sp. (E2), cf. *Diospyros* (E2-E3), *Dicotylophyllum* sp. 2, *Dicotylophyllum* sp. 3 (E2-E4), *Leguminosites* sp. 2, *L.* sp. 4 (E2-E3), *Ulmus plurinervia* (E2-E3), cf. *Salix* (E2-E3) e monocotiledoni Poaceae vel Cyperaceae (E1). A tale ambito potrebbero appartenere anche *Platanus leucophylla* (E3-E4) e *Pterocarya paradisiaca* (E3-E4), essenze tipiche dell'insieme successivo ma spesso assegnate anche alla

vegetazione di tipo ripariale (E. Martinetto, com. pers.).

Nella paleoflora di M. Tondo il raggruppamento più diffuso, attribuito alle aree rilevate (anche collinari) del paleoambiente messiniano, è un insieme di piante mesofile pertinenti alla paleovegetazione zonale che doveva dunque essere caratterizzata dalla contemporanea presenza dei seguenti elementi: *Acer* spp. (E2-E3), *Ailanthus pythii* (E3-E4), *Berberis teutonica* (E2), *Cupressus rhenana* (E3), *Cotinus ? aizoon* (E2), *Daphnogene polymorpha* (E3), *Fagus gussonii* (E3), *Dicotylophyllum* sp. 1 (E2-E4), *Chamecyparis* sp. (E3), *Leguminosites hradekensis* (E2-E3), *Leguminosites* sp. 3, *L.* sp., *L.* sp. 6 (E2-E3), *Ocotea heeri* (E3), *Pinus* spp. (E3), *Platanus leucophylla* (E3-E4), *Pterocarya paradisiaca* (E3-E4), *Pyracantha* sp. (E1-E2), *Quercus* spp. (E3-E4), *Rosa* sp. (E2), *Tetraclinis salicornoides* (E2), *Taiwania* sp. (E3), *Trigonobalanopsis rhamnoides* (E4), e *Zelkova zelvifolia* (E4) (figg. 12-14).

L'abbondanza relativamente alta di sclerofille e leguminose e di elementi con foglie di piccole dimensioni (17% di componenti SCL+LEG, 11,3% di elementi leptofilli e microfilli – figura 11) non si adatta più di tanto al sopracitato carattere tendenzialmente mesofilo, più o meno umido, della copertura vegetale, ma sta ad indicare probabilmente la presenza di settori più asciutti del paleoambiente in esame. Questa considerazione è ulteriormente confermata sia dai risultati dell'analisi vegetazionale IPR che da quelli del metodo CLAMP (vedi *infra*).

La paleoflora di M. Tondo è stata valutata utilizzando l'analisi vegetazionale IPR (KOVAR-EDER *et alii* 2008; TEODORIDIS *et alii* 2011), che ha fornito le seguenti percentuali per i componenti-chiave: decidue a foglia larga (BRD) 53,6%; sempreverdi a foglia larga (BLE) 29,0%; sclerofille e leguminose o simili (SCL+LEG) 17%; piante erbacee (DRY-HERB + MESO-HERB / ZONAL HERB) 0%; (fig. 15).

In accordo con le soglie dei componenti-chiave per i tipi di vegetazione definiti

<i>Taxa</i>	CONIF	BLD	BLE	SCL	LEG	ZON PALM	ARBFERN	DRY-HERB	MESO-HERB	AZONAL WOODY	Azonal non-woody elements (AZNW)	AQUATIC	taxa problematici	
<i>Acer cf. integrilobum</i> Unger		1,00												1,00
<i>Acer cf. subcampestre</i> Goepfert		1,00												1,00
<i>cf. Ailanthus pythii</i> (Unger) Kovar-Eder, Kvaček		1,00												1,00
<i>cf. Berberis teutonica</i> (Unger) Kovar-Eder, Kvaček			0,50	0,50										1,00
<i>cf. Berchemia</i> sp.		1,00												1,00
<i>cf. Cotinus? aizoon</i> (Unger) Kovar-Eder, Kvaček		1,00												1,00
<i>cf. Diospyros</i> sp.		1,00												1,00
<i>Cupressus rhenana</i> (Kilpper) Mai, Velitzelos, Wolfe (1993), Wolfe, Spicer (1999)	1,00													1,00
<i>Daphnogene polymorpha</i> (Braun) Ettingshausen			1,00											1,00
<i>Dicotylophyllum</i> sp. 1			0,50	0,50										1,00
<i>Dicotylophyllum</i> sp. 2		0,50	0,50											1,00
<i>Dicotylophyllum</i> sp. 3		0,50	0,50											1,00
<i>Fagus gussonii</i> Massalongo emend. Knobloch, Velitzelos		1,00												1,00
<i>Chamecyparis</i> sp.	1,00													1,00
<i>Chaneya cf. membranosa</i> (Goepfert) Manchester, Zastawniak		1,00												1,00
<i>Laurophyllum</i> sp. 1			1,00											1,00
<i>Laurophyllum</i> sp. 2			1,00											1,00
<i>Leguminosites hradekensis</i> (E. Knobloch, Kvaček) Kvaček, Teodoridis			0,50	0,50										1,00
<i>Leguminosites</i> sp. 1		0,20	0,60	0,20										1,00
<i>Leguminosites</i> sp. 2		1,00												1,00
<i>Leguminosites</i> sp. 3					1,00									1,00
<i>Leguminosites</i> sp. 4		1,00												1,00
<i>Leguminosites</i> sp. 5					1,00									1,00
<i>Leguminosites</i> sp. 6			0,50	0,50										1,00
<i>Salix</i> sp.		0,50								0,50				1,00
<i>Myrica lignitum</i> (Unger) Saporta										1,00				1,00
<i>Ocotea heeri</i> (Gaudin) Takhtajan			1,00											1,00
<i>Platanus leucophylla</i> (Unger) Knobloch		1,00												1,00
<i>Pinus rigios</i> (Unger) Ettingshausen	1,00													1,00
<i>Poaceae</i> vel <i>Cyperaceae</i>											1,00			1,00
<i>Pterocarya paradisiaca</i> (Unger) Ilinskaya		1,00												1,00
<i>Pyracantha</i> sp.			0,50	0,50										1,00
<i>Quercus cf. gigas</i> Goepfert emend. Walther, Zastawniak		1,00												1,00

<i>Quercus mediterranea</i> Unger			0,50	0,50										1,00
<i>Quercus pseudocastanea</i> Goeppert		1,00												1,00
<i>Rosa</i> sp.		0,50		0,50										1,00
<i>Taiwania</i> sp.	1,00													1,00
<i>Taxodium dubium</i> (Sternberg) Heer										1,00				1,00
<i>Tetraclinis salicornoides</i> (Unger) Kvaček	1,00													1,00
<i>Trigonobalanopsis rhamnoides</i> (Rossm.) Kvaček, Walther			1,00											1,00
<i>Ulmus plurinervia</i> Unger		0,50								0,50				1,00
<i>Zelkova zelkovifolia</i> (Unger) Bůžek, Kotlaba		1,00												1,00
														42,00
somma dei <i>taxa</i>	5,00	17,70	10,10	3,70	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	1,00	0,00	0,00	42,00
somma dei <i>taxa</i> zionali														38,00
percentuale dei <i>taxa</i> zionali	12,99	45,97	26,23	9,61	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00					100,00
somma angiosperme legnose zionali														33,00
percentuale angiosperme legnose zionali		53,64	29,09	11,21	6,06	0,00								100,00
somma di % SCL + LEG	17,27													
somma di % DRY HERB + MESO HERB	0,00													

Fig. 15 – Tavola con i risultati dell’analisi vegetazionale IPR applicata alla paleoflora di M. Tondo (elaborazione V. Teodoridis).

in TEODORIDIS *et alii* (2011), la flora di M. Tondo rappresenta un tipo di vegetazione di transizione (ecotono) tra quello della “Foresta a latifoglie sempreverdi” (BLEF) di climi subtropicali e quello della “Foresta mista mesofitica” (MMF) di climi temperato-caldi / subtropicali. Il fatto che non sia stata riscontrata la presenza di erbe di spazi aperti suggerisce aree collinari caratterizzate da una diffusa copertura boschiva.

KOVAR-EDER *et alii* (2008) hanno pubblicato i risultati di analisi IPR raccolti in numerosi giacimenti messiniani europei come Vegora, in Grecia (KVAČEK *et alii* 2002), Murat (ROIRON 1991) e Cheylade (GILBERT *et alii* 1977) in Francia, Gabbro (BERTINI, MARTINETTO 2011), Realmonte e Racalmuto (BERTINI *et alii* 1998) in Italia (fig. 16). Comparando questi siti con la paleoflora di M. Tondo, quest’ultima evidenzia una sottorappresentazione dei componenti SCL+LEG che la avvicinano ad entrambi i

siti francesi di Murat e Cheylade.

Analisi paleoclimatica

L’analisi delle filliti per mezzo della tecnica CLAMP ha permesso di ottenere l’antico clima registrato dalla paleoflora di M. Tondo nel modo seguente: temperatura media annuale (MAT) 15,8 °C; temperatura media del mese più freddo (CMMT) 9,3 °C; temperatura media del mese più caldo (WMMT) 24,0 °C; durata della stagione vegetativa (GROWSEAS) 11,23 mesi; precipitazioni dei 3 mesi consecutivi più umidi (3-WET) 1491 mm; precipitazioni dei 3 mesi consecutivi più asciutti (3-DRY) 267 mm.

I valori MAT ottenuti grazie alla tecnica LMA indicano invece valori più alti (MAT_{LMA 1} = 22,9 °C *sensu* WOLFE 1979, MAT_{LMA 2} = 20,4 °C *sensu* SU *et alii* 2010, con un errore legato al campionamento di 2,6 °C). Tale discrepanza è probabilmente

Località con paleoflore messiniane	risultati analisi vegetazionale IPR									classificazione sensu KOVAR-EDER et alii 2008	classificazione sensu TEODORIDIS et alii 2011
	% of BLD	% of BLE	% of SCL + LEG	% DRY herb	% MESO herb	% erbe zonali di taxa zonali	numero taxa zonali	numero angiosperme legnose zonali	numero totale dei taxa		
Gabbro (Livorno)	48	21	31	0	0	0	58	30	68	ShSF	ShSF ?
Vegora	56	15	26	0	0	0	34	27	46	ShSF	ShSF ?
Murat	75	13	12	0	0	0	34	30	43	MMF	MMF, MMF/BLDF
Cheylade	75	13	13	0	0	0	17	16	29	MMF	MMF, MMF/BLDF
Realmonte (miniera salgemma)	47	21	28	17	16	33	28	44	57	OW	OW
Racalmuto (miniera salgemma)	46	22	30	15	20	35	30	67	103	OW	OW
	49	21	25	14	16	30	25	41	58	OW	OW

Fig. 16 – Tavola di confronto con i risultati delle analisi IPR in diversi giacimenti messiniani europei (elaborazione V. Teodoridis sulla base di KOVAR-EDER et alii 2008).

causata da fattori tafonomici, che potrebbero aver causato una minor rappresentazione delle foglie a margine dentellato, più soggette a frammentazione e distruzione in caso di trasporto fluviale prolungato (E. Martinetto, com. pers.).

KVAČEK et alii (2002) forniscono per la flora fossile di Vegora, floristicamente e stratigraficamente confrontabile con quella di M. Tondo, i valori climatici seguenti: MAT 13,3-14,6 °C; CMMT 0,4-4,6 °C; WMMT 23,8-24,6 °C; precipitazioni medie annuali (MAP: *Mean Annual Precipitation*) 897 - 1018 mm.

Può essere utile confrontare questi dati paleoclimatici, per quanto preliminari, con i valori medi dei parametri meteorologici rilevati presso l'Osservatorio Meteorologico Comunale "E. Torricelli" di Faenza a partire dal 1946, cioè sugli ultimi 66 anni (R. Gentilini, com. pers.): temperatura media annuale (MAT) 13,8 °C; temperatura media mese più freddo, gennaio (CMMT) 2,7 °C; temperatura media mese più caldo, luglio (WMMT) 24,5 °C; durata della stagione vegetativa circa 9,33 mesi; precipitazioni consecutive nei 3 mesi più umidi

(settembre, ottobre, novembre) 243,8 mm; precipitazioni consecutive nei 3 mesi più asciutti (giugno, luglio, agosto) 159,1 mm. Ribadendo il carattere assolutamente preliminare dei dati paleoclimatici, osserviamo come il confronto con la situazione odierna permetta di rilevare una certa corrispondenza soltanto per quanto riguarda la temperatura media del mese più caldo, mentre per i restanti parametri il "clima messiniano" si è confermato assai più piovoso e mite dell'attuale.

I fossili animali

Le ittiofaune

Negli interstrati pelitici della cava di M. Tondo gli organismi animali sono rappresentati quasi totalmente dai pesci, mentre mancano del tutto sia molluschi che altri invertebrati bentonici, altrove comunissimi. I pesci fossili, noti anche come ittioliti (letteralmente "pesci di pietra"), sono qui in genere ottimamente preservati: il motivo di tutto ciò è da ricercare negli antichi fondali scarsamente ossigenati sui quali le

loro spoglie si adagiarono dopo la morte. Il confronto con gli ittioliti rinvenuti negli interstrati XIII e XIV dell'ex cava SPES di Tossignano (conservati presso il Museo Civico di Scienze Naturali di Faenza) permette di documentare anche per il sito di M. Tondo la tipica associazione che ben rappresenta le ittiofaune del Messiniano evaporitico del Mediterraneo, caratteristicamente oligotipica (cioè con diversità specifica molto bassa) e dominata da un'unica forma, *Aphanius crassicaudus* (LANDINI, SORBINI 1989). Questa specie era un piccolo pesce eurialino (ben adattabile alle variazioni di salinità delle acque) simile al “nono” diffuso nelle valli di Comacchio e nelle odierne lagune costiere di Mediterraneo, Mar Rosso e coste asiatiche del Mar Arabico (fig. 17). In particolare, malgrado il numero di esemplari statisticamente non molto rappresentativo (una quarantina quelli completi, vari i più o meno lacunosi), possiamo rilevare come tale specie

sia rappresentata da individui di varie classi dimensionali (tra gli 11 e gli 81 mm di lunghezza) ad indicare la presenza allo stato fossile di più fasi di sviluppo. Non mancano infatti gli esemplari “giovanili” (il 15% ca. ha lunghezza minore di 20 mm) anche se prevalgono le forme adulte (circa il 70% degli ittioliti è compresa tra 40 e 80 mm di lunghezza).

Per quanto riguarda il carattere oligotipico dell'ittiofauna è certamente utile fare riferimento al vicino sito di Tossignano: in tale giacimento *A. crassicaudus* è sì la forma dominante (circa il 70% dell'intera ittiofauna) ma compaiono, seppur sporadicamente, altre 6 specie e cioè *Atherina boyeri*, *Gobius ignotus*, *Oreochromis lorenzoi*, *Lichia* aff. *amia*, *Trachurus* sp. e Clupeidae indet. (CARNEVALE *et alii* 2008; GAUDANT, CAVALLO 2008). Per contro, le ricerche nel sito di M. Tondo hanno permesso di recuperare, a parte il predominante *A. crassicaudus*, soltanto 2 altri *taxa* e cioè



Fig. 17 – Impronta e controimpronta di *Aphanius crassicaudus* al momento del rinvenimento (foto M. Sami).



Fig. 18 – Clupeidae indeterminato, un *taxon* assai raro nell'ittiofauna di M. Tondo ancora in corso di studio (foto A. Benericetti).



Fig. 19 – Gobiidae indeterminato di grande taglia e, in basso a sinistra, esemplare giovanile di *Aphanius crassicaudus* (foto M. Sami).

un Gobiidae indet. e un Clupeidae indet. (prof. G. Carnevale, com. pers.) (fig. 18). Più in particolare il Gobiidae sembra ben confrontabile con *Gobius* cf. *ignotus*, diffuso in molti giacimenti messiniani italiani tra i quali anche Tossignano; tale specie fossile, di origine marina ma adattatasi ad ambienti lagunari sottoposti ad importanti variazioni nel contenuto salino, specialmente in solfati (GAUDANT, CAVALLO 2008), potrebbe essere paragonata all'attuale "paganello" delle coste adriatiche (fig. 19). Molti paleontologi ritengono però che si tratti di un *taxon* composito e non definito tassonomicamente, per il quale servirebbe una revisione approfondita (G. Carnevale, com. pers.). Come a Tossignano, anche a M. Tondo alcuni esemplari del Gobiidae manifestano un caratteristico fenomeno di ingrossamento scheletrico noto come pachiostosi: tale carattere, generalmente interpretato come un adattamento ad acque con alti valori di salinità (LANDI-



Fig. 20 – La fine granulometria del sedimento ha permesso la fossilizzazione di questa controimpronta di ala anteriore destra della “libellula” *Oryctodiplax* aff. *gypсорum*. Lunghezza 26 mm (foto M. Sami).

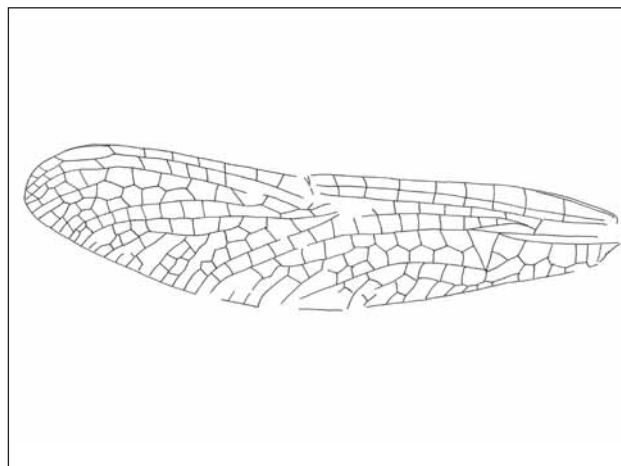


Fig. 21 – La complessa venulazione dell’ala è stata riprodotta utilizzando la camera lucida di un microscopio Wild M3 (disegno G. Gentilini).

NI, SORBINI 1989), è in realtà un fenomeno complesso e senza precisi riscontri con la biologia delle forme attuali confrontabili per cui qualunque ipotesi al riguardo necessita di ulteriori verifiche (G. Carnevale, com. pers.).

Alcuni autori (POR 1980) hanno inoltre messo in relazione la composizione delle ittiofaune messiniane con la salinità delle acque che, per inciso, negli oceani odierni ha un valore medio del 35 ‰ (35 g di sali per litro d’acqua): essi suggeriscono che l’oligotipia delle ittiofaune (ovvero la predominanza di *A. crassicaudus*) potrebbe essere direttamente proporzionale alla salinità delle acque. Secondo tali indicazioni l’ittiofauna di Tossignano (*A. crassicaudus* al 70%) indicherebbe una salinità compresa tra il 40 e il 70‰ mentre l’associazione quasi monospecifica di M. Tondo (*A. crassicaudus* al 90% ca.) potrebbe indicare valori ancora più alti e cioè tra 70 e 140‰ (LANDINI, SORBINI 1989).

È infine possibile ipotizzare una ricostruzione paleoambientale ricorrendo ancora una volta al confronto con quanto proposto per il sito di Tossignano, la cui ittiofauna era congruente con ambienti di laguna costiera comunicanti saltuariamente col mare aperto (da cui le forti oscillazioni nella concentrazione salina) simili a quelli delle odierne coste mediterranee dell’Africa nord-orientale (CARNEVALE *et alii* 2008).

Gli insetti fossili

Come per la maggior parte dei siti fossiliferi messiniani d’Italia, gli unici altri organismi animali segnalati a M. Tondo appartengono agli insetti. Questi, a parte scarsissimi resti di Coleoptera e Diptera, sono rappresentati nella quasi totalità da impronte di larve di Odonata (“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 di poterli assegnare, se non ad un’unica specie, perlomeno ad un unico genere, assai specializzato per gli ambienti evaporitici ma periodicamente falciato dalle condizioni ambientali estreme (CAVALLO *et alii* 1986). Come per gli altri siti di Tossignano e Brisighella, anche a M. Tondo risulta significativa la quasi totale assenza di resti di Odonati adulti: assume perciò un significato particolare il ritrovamento dell’impronta fossile di un’ala anteriore destra di “libellula”, che di fatto rappresenta un *unicum* per l’intera Vena del Gesso (figg. 20-21). Tale reperto, esaminato dallo specialista dott. G. Gentilini, è stato assegnato alla Fam. Libellulidae e determinato come *Oryctodiplax gypсорum*, un taxon estinto ma probabilmente affine alla sottofamiglia Urothemistinae (attualmente diffusa nelle aree tropicali). Ricordiamo infine

come *O. gyporum*, allo stato attuale delle conoscenze, sia stato segnalato soltanto per il Messiniano del Piemonte (CAVALLO, GALLETTI 1987) mentre, al contrario, non compare nella ricca entomofauna fossile messiniana di Monte Castellaro, promontoria di Focara (PU) (GENTILINI 1989).

Bibliografia

- A. BERTINI, L. LONDEIX, R. MANISCALCO, A. DI STEFANO, J.P. SUC, G. CLAUZON, F. GAUTIER, M. GRASSO 1998, *Paleobiological evidence of depositional conditions in the Salt Member, Gessoso-Solfifera Formation (Messinian, upper Miocene) of Sicily*, "Micropaleontology" 44, pp. 413-433.
- 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.
- 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, D. CAPUTO, W. LANDINI 2008, *A leerfish (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.
- O. CAVALLO, P.A. GALLETTI 1987, *Studi di Carlo Sturani su Odonati e altri insetti fossili del Messiniano albese (Piemonte) con descrizione di Oryctodiplax gyporum n. ge. n. sp. (Odonata, Libellulidae)*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 26, 1-2, pp. 151-176.
- O. CAVALLO, M. MACAGNO, G. PAVIA 1986, *Fossili dell'Albese. Aspetti geologici e paleontologici delle Langhe e del Roero, Alba*.
- 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.
- G. GENTILINI 1989, *The Upper Miocene dragonflies of Monte Castellaro (Marches, Central Italy) (Odonata, Libellulidae)*, "Memorie della Società Entomologica Italiana" 67, 2, pp. 251-271.
- J.P. GILBERT, C. PRIVE-GILL, R. BROUSSE 1977, *Données géochronologiques K-Ar sur quelques gisements a plante du Massif volcanique Néogène du Cantal (Massif Central, France)*, "Review of Palaeobotany and Palynology" 24, pp. 101-118.
- L. GUGLIELMETTO, L. IGUERA 1994, *Le gimnosperme fossili del Museo "F. Eusebio" di Alba*, "Alba Pompeia" XV, 2, pp. 31-48.
- O. HEER 1855, *Flora Tertiaria Helvetiae*, I. J. Wurster et comp., Winterthur.
- E. KNOBLOCH, H.J. GREGOR 1997, *Bemerkungen zu den jungtertiären und quartären Blatterfloren italiens*, "Flora Tertiaria Mediterranea" 5, 2, pp. 1-27.
- J. KOVAR-EDER, Z. KVAČEK 2007, *The integrated plant record (IPR) to reconstruct Neogene vegetation: the IPR-vegetation analysis*, "Acta Paleobot." 47, 2, pp. 391-418.
- J. KOVAR-EDER, H. JECHOREK, Z. KVAČEK, V. PARASHIV 2008, *The Integrated Plant Record: an essential tool for reconstructing Neogene zonal vegetation in Europe*, "Palaios" 23, pp. 97-111.
- Z. KVAČEK, D. VELITZELOS, E. VELITZELOS 2002, *Late Miocene Flora of Vegora, Macedonia, N. Greece*, Korali.

- 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.
- S. MANCHESTER, E. ZASTAWNIAK 2007, *Fruit of perianth remains of Chaneya Wang & Manchester (extinct Rutaceae) in the Upper Miocene of Sosnica, Poland*, "Acta Palaeobotanica" 47, 1, pp. 253-259.
- E. MARTINETTO 2003, *Leaves of terrestrial plants from the Pliocene shallow marine and transitional deposits of Asti (Piedmont, NW Italy)*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 42, 1-2, pp. 75-111.
- E. MARTINETTO, C. RISTA, E. TARABRA 2000, *Classificazione e ordinamento museologico delle foglie di angiosperme messiniane dell'Albese*, "Alba Pompeia" XXI, 1, pp. 5-30.
- I.M. MILLER, M.T. BRANDON, L.J. HICKEY 2006, *Using leaf margin analysis to estimate the mid-Cretaceous (Albian) paleolatitude of the Baja BC block*, "Earth and Planetary Science Letters" 245, pp. 95-114.
- P. PRINCIPI 1942, *Le flore del Neogene*, (R. Università degli Studi di Firenze, Facoltà Agraria e Forestale), Firenze.
- P. ROIRON 1991, *La macroflore d'âge Miocène supérieur des diatomites de Murat (Cantal, France), implications paléoclimatiques*, "Palaeontographica" B, 223, p. 169-203.
- M. SAMI 2007, *Cava Monticino: i fossili ce ne raccontano il passato*, in M. SAMI (a cura di), *Il Parco Museo Geologico cava Monticino, Brisighella. Una guida e una storia*, Faenza, pp. 71-96.
- M. SAMI 2010, *Geologia e geomorfologia*, in *Parco regionale della Vena del Gesso Romagnola*, (Regione Emilia-Romagna, Assessorato Ambiente), Mantova, pp.13-40.
- 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.
- 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.
- T. SU, Y. W. XING, Y.S. LIU, F.M.B. JACQUES, W.Y. CHEN, Y.J. HUANG, Z.K. ZHOU 2010, *Leaf margin analysis: a new equation from humid to mesic forests in China*, "Palaios" 25, pp. 234-238.
- J.P. SUC, F. DINIZ, S. LEROY, C. POU MOT, A. BERTINI, L. DUPONT, M. CLET, E. BISSAIS, Z. ZHENG, S. FAUQUETTE, J. FERRIER 1995, *Zanclean (~ Brunssumian) to Lower Piacenzian (~ Lower-Middle Reuverian) climate from 4° to 54° north latitude (West Africa, West Europe and West Mediterranean areas)*, "Mededelingen Rijks Geologische Dienst" 52, pp. 43-56.
- V. TEODORIDIS, Z. KVAČEK 2005, *The extinct genus Chaneya Wang et Manchester in the Tertiary of Europe – a revision of Porana-like fruit remains from Öhningen and Bohemia*, "Review of Palaeobotany and Palynology" 134, 1-2, pp. 85-103.
- V. TEODORIDIS, J. KOVAR-EDER, P. MAZOUCH 2011, *The IPR-vegetation analysis applied to modern vegetation in SE China and Japan*, "Palaios" 26, 10, pp. 623-638.
- G.B. VAI 1994, *Un ponte tra Africa ed Europa, aperto ad Oriente. I fossili della Vena del Gesso*, in U. BAGNARESI, F. RICCI LUCCHI, G.B. VAI (a cura di), *La Vena del Gesso*, (Regione Emilia-Romagna), Bologna, pp. 33-55.
- J.A. WOLFE 1979, *Temperature parameters of the humid to mesic forests of eastern Asia and their relation to forests of other regions of the Northern Hemisphere and Australasia*, "U.S. Geological Survey Professional Paper" 1106, pp. 1-37.

J.A. WOLFE 1993, *A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages*, "U.S. Geological Survey Bulletin" 2040, pp. 1-73.

J.A. WOLFE, R.A. SPICER 1999, *Fossil leaf character states: multivariate analysis*, in T.P. JONES, N.P. ROWE (Eds.), *Fossil Plants and Spores: Modern Techniques*, (Geological Society), London, pp. 233-239.

Ringraziamenti: soprattutto ad Antonio (Tonino) Benericetti, ma anche a Mauro Diversi, Sergio Montanari, Baldo Sansavini e Gigi Stagioni per la paziente ed insostituibile opera di ricerca dei reperti. A Roberto Gentilini per i dati dell'Osservatorio Meteorologico Comunale "E. Torricelli" di Faenza. A Giuseppe Gentilini per la determinazione degli insetti fossili. Al Prof. Zlatko Kvaček dell'Università di Praga ed infine al Prof. Giorgio Carnevale e al Dott. Edoardo Martinetto, paleontologi dell'Università di Torino, per i preziosi consigli nonché la lettura critica del testo.