

EDOARDO MARTINETTO\* - ERICA BICCHI\*\* - ORESTE CAVALLO\*\*\* - PIERO DAMARCO\*\*\*\*  
 FRANCESCO DELA PIERRE\* - ALESSANDRA FASSIO\*\*\*\*\* - FEDERICO IMBRIANO\*\*\*\*\* - FRANCESCA LOZAR\*  
 MARCELLO NATALICCHIO\* - VITTORIO PANE\*\*\*\*\* - GIOVANNI REPETTO\*\*\*

## Macrofossili di piante terrestri da siti neogenici del Piemonte meridionale

ABSTRACT - *Macrofossils of terrestrial plants from Neogene sites of southern Piemonte, Italy.*

The macroscopic evidence of Neogene terrestrial plants of the Piemonte region, in NW Italy, was already found to be extensive in the nineteenth century, when a few thousands of specimens were collected and stored above all in the Museum of Geology and Palaeontology of the University of Turin (MGPT). These were only partially published and, unfortunately, almost entirely destroyed during the Second World War. Only two fossil leaf collections stored at small museums in Bra and Varallo Sesia remained available. In general, for the Aquitanian-Serravallian interval, although well represented in the Piemonte successions, there are currently no collections that can provide even the most elementary information on the palaeoflora. For the Late Miocene and Pliocene, researches carried out since the 1960s led to the recovery of new materials in areas already mentioned in advance, but also to the discovery of new sites, which have provided far more abundant palaeofloristic data than those available in the 19th century. The Tortonian and - above all - Messinian successions of the southern part of the Piemonte region comprise laminated sediments that favored the fossilization of numerous leaf-remains (impressions or compressions), some of which have been incorporated into the presently available museum collections. However, this material does not seem to adequately reflect the diversity of taxa and variety of assemblages observed in the case of natural exposure of fossils in some outcropping successions. Due to intense plant tissue alteration in most Miocene deposits, carpological remains only start to be abundant in the sediments of the third phase of the Messinian Salinity Crisis (5.55-5.33 Ma) and are widespread in the Pliocene successions. The last ones have yielded fairly to highly significant plant fossils, sometimes including leaves, in about 70 sites throughout the Piemonte region. The present work is aimed to summarize the available information on the Neogene plant macrofossil record from the southern part of this region, to point out the current stratigraphic framing of the plant-bearing layers, to introduce a few taxonomic revisions of the figured specimens and to suggest still-needed developments for future research.

KEYWORDS - Miocene, Pliocene, museum collections, leaves, fruits, terrestrial flora, climate.

RIASSUNTO - L'abbondanza di resti macroscopici di piante terrestri del Neogene in Piemonte fu evidenziata già nell'Ottocento, quando furono raccolte alcune migliaia di filliti, conferite soprattutto nelle collezioni del Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Torino (MGPT). Questi esemplari furono studiati e pubblicati solo in parte e, purtroppo, andarono incontro a una quasi totale distruzione durante la Seconda Guerra Mondiale. Sono rimaste disponibili solo due collezioni di età pliocenica, conservate nei musei di Bra e Varallo Sesia. Le ricerche svolte dopo la metà del XX secolo hanno portato al recupero di nuovi materiali in aree già studiate nel XIX secolo, ma anche alla scoperta di nuovi siti, che hanno fornito un'ingente quantità di dati paleofloristici. Tuttavia, per l'intervallo Aquitaniano-Serravalliano, sebbene sia ben rappresentato nelle successioni piemontesi e sia stato provvido di fossili nel XIX secolo, non esistono attualmente collezioni paleobotaniche che possano fornire anche solo le informazioni più elementari sulla paleoflora. Al contrario, le successioni del Miocene Superiore (soprattutto messiniane) del Piemonte hanno contribuito con alcune migliaia di foglie fossili alle collezioni attualmente disponibili. Tuttavia, i fossili musealizzati non sembrano ancora riflettere adeguatamente la diversità dei taxa e la varietà di associazioni fossili che potrebbero essere restituite dalle successioni affioranti. I resti carpologici iniziano ad essere abbondanti solo nei depositi post-evaporitici della terza fase della Crisi di Salinità del Messiniano (5,55-5,33 Ma) e sono molto frequenti nelle successioni plioceniche. Per quanto riguarda il Pliocene, sia i frutti e i semi sia le foglie hanno fornito dati molto significativi per definire la composizione delle paleoflore in circa 70 siti distribuiti in tutto il Piemonte. Il presente lavoro ha lo scopo di riassumere le informazioni disponibili sulla documentazione dei macrofossili di piante terrestri del Neogene nella parte meridionale di questa regione, di evidenziare l'attuale inquadramento stratigrafico degli strati fossiliferi, di introdurre alcune revisioni tassonomiche degli esemplari figurati e di evidenziare, nelle attuali conoscenze, alcune lacune che andrebbero colmate attraverso future ricerche.

\* Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra

\*\* Esaip la Salle -18, rue du 8 mai 1945 - CS 80022 - 49180 St-Barthélemy d'Anjou Cedex e Université d'Angers, UFR Sciences - 2 bd Lavoisier F-49045 Angers Cedex

\*\*\* Museo Civico "Federico Eusebio", Alba

\*\*\*\* Museo Paleontologico Territoriale dell'Astigiano, Asti

\*\*\*\*\* Museo Geologico Sperimentale del C.A.I., Giaveno

## INTRODUZIONE

In Piemonte le testimonianze materiali macroscopiche di piante terrestri del Neogene (da 23,03 a 2,58 milioni di anni fa) furono raccolte sin dal XVIII secolo (Allioni, 1757) e poi, in abbondanza, nel XIX secolo, quando furono conferite soprattutto nelle collezioni del Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Torino (MGPT). Il gran numero di reperti presenti all'inizio del XX secolo in tali collezioni, solo in parte pubblicati, è testimoniato in un manoscritto inedito di Peola (fig. 1) conservato presso la biblioteca Malaroda del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino. Purtroppo, quasi tutti questi reperti andarono distrutti durante la Seconda Guerra Mondiale. Restarono però disponibili due collezioni di foglie fossili del Pliocene: una di Bra, conservata al Museo Civico Craveri (Peola, 1895), e un'altra di Valduggia (Sordelli, 1896), conservata al Museo Calderini di Varallo Sesia (Fantoni *et al.*, 2005). Le ricerche di nuovi materiali a partire dagli anni 1960 portarono a una consistente quantità di nuovi ritrovamenti in aree già citate da Peola (1901 e inedito), ma anche alla scoperta di nuovi siti, soprattutto pliocenici, che hanno fornito dati paleofloristici ben più abbondanti di quelli disponibili nel XIX secolo. Tuttavia, alcuni siti storici non sono stati ritrovati o hanno fornito materiali scarsissimi. Ciò risulta particolarmente vero in riferimento ai siti del Miocene Inferiore (e Medio?) della Collina di Torino, per i quali erano disponibili oltre un centinaio di esemplari di foglie fossili nell'Ottocento (Peola, 1901), mentre quelli presenti nelle collezioni attuali non superano la decina (fig. 2).

Parte dei reperti fossili sono ancora costituiti da materiale organico originario, più o meno deformato dal carico litostatico, ma che ha potuto comunque conservarsi per carbonificazione (resti compressi o compressioni). Talvolta si è, invece, verificata una successiva ossidazione o un altro fenomeno di alterazione e i fossili che ne sono derivati rappresentano impronte più o meno dettagliate dei resti vegetali nel sedimento.

In generale, per l'intervallo Aquitaniano-Serravalliano, seppure ben rappresentato nelle successioni piemontesi, non esistono attualmente collezioni di reperti che possano fornire anche solo le più elementari indicazioni sulla paleoflora. Viceversa, nelle successioni tortoniane e, soprattutto, messiniane del Piemonte meridionale sono conosciuti diversi giacimenti con resti

di vegetali terrestri conservati in sedimenti laminati che hanno favorito la fossilizzazione di numerosi resti fogliari (Peola, 1901; Cavallo *et al.*, 1986; Martinetto *et al.*, 2000; Kovar-Eder *et al.*, 2007; Bertini & Martinetto, 2008). Per quanto riguarda il Messiniano, in accordo con le recenti revisioni di Dela Pierre *et al.* (2011, 2016), le successioni stratigrafiche fossilifere sono state, ove possibile, assegnate a quattro intervalli ben inquadrati dal punto di vista cronostratigrafico rispetto all'evento "MSC" (Messinian Salinity Crisis = Crisi di Salinità del Messiniano: fig. 4): 1) pre-MS (7,25-5,97 Ma = milioni di anni fa); 2) prima fase della MSC (5,97-5,60 Ma), seconda fase della MSC (5,60-5,55 Ma), terza fase della MSC (5,55-5,33 Ma). I fossili di vegetali sono risultati abbondanti nella prima fase della MSC, ma si conoscono interessanti associazioni anche nei depositi pre-MS e nella terza fase della MSC, come dettagliato in seguito con riferimento specifico ai materiali che sono stati depositati nelle collezioni piemontesi. Queste contengono ovviamente anche materiali di età più recente.

Le successioni plioceniche (5,33-2,58 Ma) hanno restituito fossili di vegetali più o meno significativi in circa un centinaio di siti, molti dei quali caratterizzati da sedimenti massivi, poco coerenti, da cui sono stati estratti, soprattutto nel Piemonte settentrionale, frutti e semi carboniosi in seguito a setacciatura (Martinetto, 1994, 2001, 2015; Martinetto *et al.*, 2007a).

Nel Piemonte meridionale, tuttavia, non mancano i depositi fittamente stratificati che hanno restituito qualche decina di associazioni a foglie (impronte o compressioni) in particolare nel Braidese (Peola, 1895), Fossanese (Macaluso *et al.*, 2018) e Astigiano (Peola, 1896; Martinetto, 2003). Esse vengono qui, per la prima volta, estesamente confrontate con quelle mioceniche.

## MATERIALI E METODI

In questo lavoro si è inteso soprattutto analizzare, sintetizzare e omogeneizzare le informazioni circa i fossili di piante terrestri del Neogene del Piemonte meridionale fornite da numerose pubblicazioni prodotte dalla metà dell'Ottocento sino all'anno 2022. Si è mirato anche ad integrare tali informazioni con alcuni dati inediti, ottenuti grazie all'analisi di collezioni conservate principalmente presso il Museo Civico "Federico Eusebio" di Alba (MCEA), il

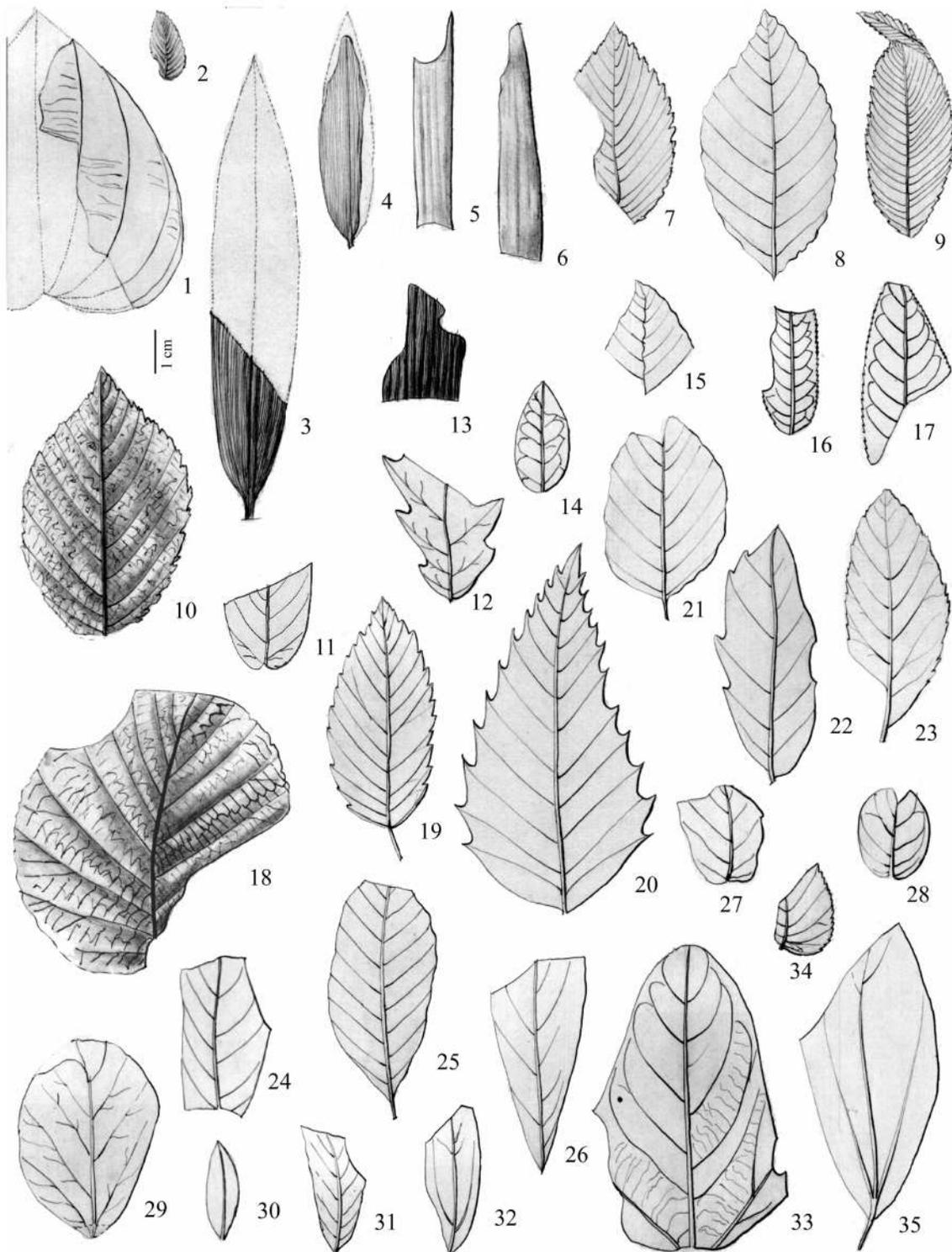


Fig. 1 - Disegni di resti fogliari provenienti da “Castello d’Annone” tratti dalla monografia inedita sulla flora terziaria del Piemonte di Paolo Peola (1869-1947). Questo materiale era conservato presso il Regio Museo Geologico di Torino e fu distrutto nella Seconda Guerra Mondiale. Le determinazioni originali di Peola (inedito) e quelle revisionate sono riportate in tab. 1.

*Fig. 1 - Drawings of leaf remains from “Castello d’Annone” taken from the unpublished monograph on the Tertiary flora of Piemonte by Paolo Peola (1869-1947). This material was kept at the Royal Geological Museum of Turin and was destroyed in the Second World War. The original determinations of Peola (unpublished) and the revised ones are reported in tab. 1.*

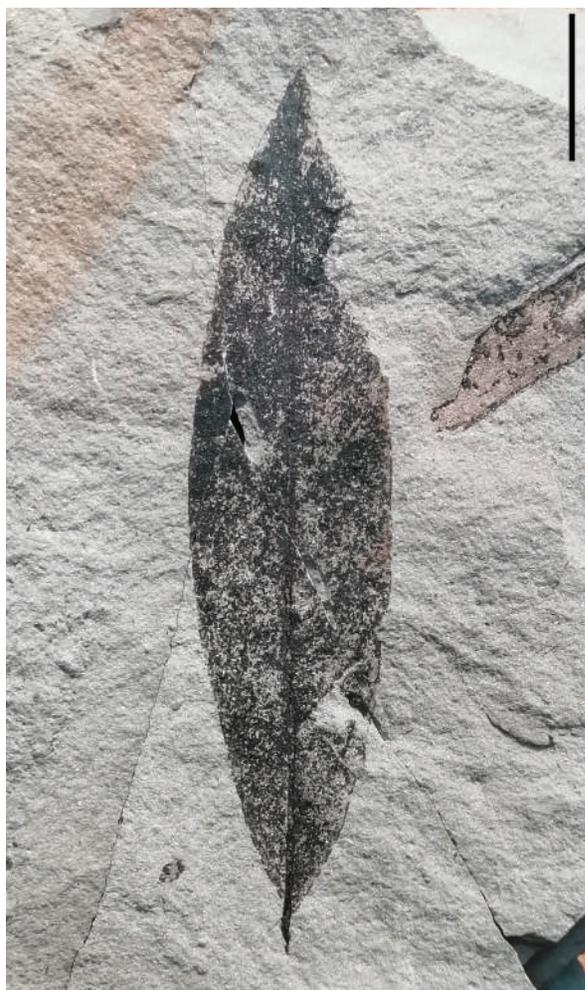


Fig. 2 - Foglia compressa del Miocene Inferiore proveniente dalla Formazione delle Marne a Pteropodi Inferiori di Valle Ceppi, Chieri, MGPT-PU141109. I caratteri morfologici sono mal conservati e non consentono una determinazione certa; tuttavia, nell'ambito dei taxa identificati nel Neogene del Piemonte, si può sottolineare una totale corrispondenza con *Trigonobalanopsis rhamnoides*. Scala 1 cm.

Fig. 2 - Compressed leaf from the Marne a Pteropodi Inferiori Formation of Valle Ceppi, Chieri, province of Turin, MGPT-PU141109. The morphological characters are poorly preserved and do not allow a certain determination; however, in the context of the taxa ascertained in the Neogene of Piemonte, it is possible to underline a total correspondence with *Trigonobalanopsis rhamnoides*. Scale bar 1 cm.

Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Torino (MGPT), il Museo Geologico Sperimentale di Giaveno (MGSG), il Museo Paleontologico Territoriale dell'Astigiano (MPTA), il Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino (MRSN) e la collezione paleocarpologica

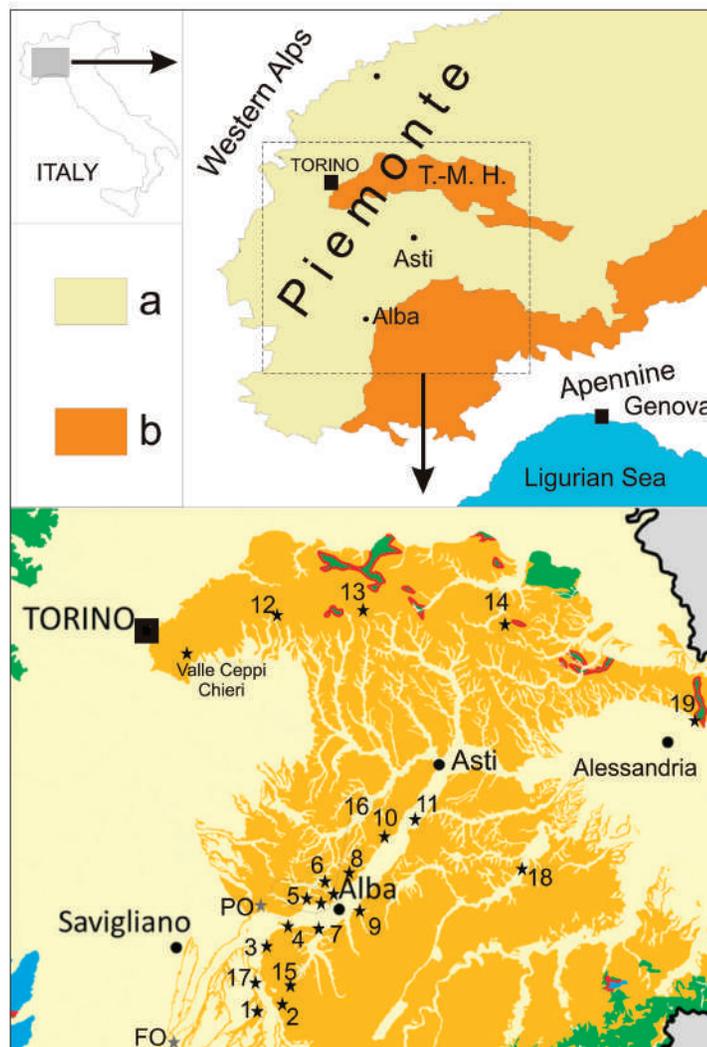
CENOFITA (indicata con la sigla CCN, CENOFITA Collection Number), gestita in sinergia dal Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Torino e dal Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino. Il settore geografico preso in considerazione è quello del Piemonte meridionale, come delimitato in fig. 3, largamente corrispondente con l'area in cui affiorano i depositi di quello che viene correntemente indicato come Bacino Piemontese (*"Piedmont Basin"*, Dela Pierre *et al.* 2011, 2016; Andreetto *et al.*, 2022). La posizione nelle successioni stratigrafiche e l'inquadramento cronostatigrafico degli strati che hanno restituito le associazioni a fossili di piante terrestri sono state reinterpretate, ove possibile, alla luce dei lavori più recenti (Dela Pierre *et al.*, 2011, 2016, Ghielmi *et al.*, 2019; Lozar *et al.*, 2010, 2018; Natalicchio *et al.*, 2021). Alle ricerche sui reperti carpologici sintetizzate da Martinetto (2015), a cui si rimanda per gli aspetti metodologici, si è voluto affiancare in questo lavoro un recupero delle informazioni potenzialmente fornite dalle foglie fossili. Per lo studio delle associazioni fossili italiane dominate da quest'ultimo tipo di reperti si è perseguita costantemente, negli scorsi trent'anni, una strada caratterizzata dal coinvolgimento di esperti stranieri (Kovar-Eder *et al.*, 2007; Teodoridis *et al.*, 2015a, 2015b; Macaluso *et al.*, 2018; Denk *et al.*, 2022; Martinetto *et al.*, 2022), i quali non hanno però ancora potuto occuparsi di molte collezioni, che restano tuttora inedite o solo superficialmente analizzate. Tuttavia, questo lavoro presenta una prima rassegna preliminare dei taxa meglio identificati e che più frequentemente sono stati accertati nelle successioni neogeniche del Piemonte meridionale. Questi ed altri taxa menzionati nel presente lavoro sono elencati in Appendice 1 con gli opportuni riferimenti agli autori.

In occasione del presente lavoro è stato condotto un rapido esame morfologico di reperti fogliari conservati nelle collezioni sopracitate. Il metodo seguito per l'identificazione dei tipi fogliari ha come cardine la restrizione delle comparazioni morfologiche ai taxa meglio documentati nella ormai abbondante letteratura recente sulle associazioni neogeniche a foglie fossili (per es.: Denk, 2004; Denk *et al.*, 2017a, 2017b; Fischer & Butzmann, 2000; Knobloch, 1969; Kvaček *et al.*, 2002, 2011, 2018; Mai & Walther, 1988; Martinetto, 2003; Teodoridis *et al.*, 2015a, 2015b, 2017; Velitzelos *et al.*, 2014; Zidianakis *et al.*, 2020). Infatti, nonostante i lodevoli sforzi di Wilf *et al.* (2021) in tal senso, non sono an-

Fig. 3 - Ubicazione dell'area studiata in Italia nord-occidentale, con indicazione della distribuzione dei principali depositi pliocenici-pleistocenici (a) e di quelli prevalentemente miocenici-oligocenici (b) del Bacino Piemontese. La metà inferiore rappresenta un estratto della carta di Piana *et al.* (2017) in cui il colore arancione indica i depositi del Bacino Piemontese, sedimentati soprattutto durante il Neogene (23,03-2,58 Ma). Le stelle accompagnate da numeri indicano la posizione dei principali giacimenti a foglie fossili del Miocene Superiore: 1, Narzole; 2, Arnulfi; 3, Rocca del Campione di Cherasco; 4, potente successione fossilifera di Pollenzo/Verduno (Lozar *et al.*, 2010); 5, Monticello d'Alba, Piobesi e Piobesi-Scaparoni (Martinetto *et al.*, 2000, 2007b); 6, Corneliano d'Alba (Ciabot Cagna e Sioneri); 7 Roddi (Gaudant *et al.*, 2008); 8, Guarene; 9, Alba (Cavallo *et al.*, 1986: p. 66, fig. 98); 10, Castagnito; 11, Govone-Lago Ario (Martinetto *et al.*, 2022); 12, Moncucco Torinese; 13, Banengo (o Gesso di Coccoatto); 14, Moncalvo; 15, La Morra; 16, Case Missioni presso Mussotto d'Alba; 17, Isorella; 18, Nizza Monferrato; 19, Pavone d'Alessandria. Sono infine ubicati in carta anche due siti pliocenici (FO, Fossano; PO, Pocapaglia) che hanno restituito ricche associazioni a fossili di vegetali terrestri e che non rientrano nella carta dedicata al Pliocene nella successiva fig. 20.

Fig. 3 - Location of the area studied in north-western Italy, with an indication of the distribution of the main outcrop areas of Pliocene-Pleistocene deposits (a) and of those of prevailing Miocene-Oligocene ones (b), "Piedmont Basin". The lower half of the figure represents an extract from the map of Piana *et al.* (2017), in which the orange color indicates the deposits of the "Piedmont Basin", whose sedimentation took place mainly during the Neogene (23.03-2.58 Ma). The stars accompanied by numbers indicate the location of the main plant macrofossil localities of the Upper Miocene, which are listed in the Italian caption. See the Italian text for the explanation of localities indicated by each number. We only highlight the thick fossiliferous succession of Pollenzo/Verduno correspond to 4, whereas 5 indicates the three localities Monticello d'Alba, Piobesi and Piobesi-Scaparoni cited in Martinetto *et al.*, 2007b. Finally, there are also two Pliocene sites on the map which have returned rich fossil assemblages of terrestrial plants and which are not included in the map dedicated to the Pliocene in the following fig. 20: FO, Fossano; PO, Pocapaglia.

cora disponibili criteri oggettivi per determinare l'affinità botanica di ciascuna foglia fossile. Una medesima architettura fogliare può ritrovarsi persino in una decina di famiglie diverse, a scala globale, e per ottenere un risultato affidabile risulta indispensabile una conoscenza più ampia possibile della letteratura specialistica e delle



collezioni limitrofe di materiali simili a quelli studiati. La dubbia attribuzione a un determinato taxon è indicata dall'uso delle virgolette (per es. "Parrotia"), quando essa ricorre in questa forma nella letteratura specialistica, oppure dall'applicazione del prefisso "cf.", secondo l'uso della nomenclatura aperta. Per le decisioni tassonomiche si è ritenuto importante tenere presente sia dell'ampia variabilità intraspecifica delle foglie sia dell'associazione di determinati tipi fogliari con frutti e/o semi fossili (Martinetto & Macaluso, 2018).

Le ricostruzioni paleovegetazionali e paleoclimatiche sono state esclusivamente riportate da lavori precedenti. Tuttavia, la nomenclatura dei tipi climatici è stata aggiornata con riferimento al sistema Koeppen-Trewartha (Belda *et al.*, 2014), che permette di indicare più efficacemente come "subtropicali" i tipi di vegetazione e di clima più termofili della fascia "temperato-calda" del sistema Koeppen-Geiger.

## RISULTATI

Vista l'estrema scarsità di documentazione per il Miocene Inferiore e Medio, la trattazione è organizzata in ordine cronologico a partire dal Miocene Superiore (fig. 4, intervallo stratigrafico caratterizzato dalla Crisi di Salinità che consente di suddividere la successione sedimentaria miocenica in quattro intervalli cronostratigrafici, descritti in Dela Pierre *et al.* (2011, 2016). Seguono quindi le informazioni relative al Pliocene, ordinate secondo lo schema stratigrafico di Ghielmi *et al.* (2019). I siti per cui riportiamo una parte consistente di dati inediti sono illustrati in specifici paragrafi, indicati con numeri progressivi.

### Intervallo pre-MS (Tortoniano e Messiniano)

I depositi marini che precedono la deposizione degli strati di gesso contengono a volte degli intervalli laminati indicativi di episodi di anossia dei fondali. Quando i resti composti di materiale organico trasportato dall'ambiente terrestre hanno potuto raggiungere tali fondali, si sono potuti facilmente conservare in forma di compressioni carbonificate, talvolta convertite in impronte da una successiva ossidazione del corpo sedimentario inglobante. I depositi fittamente stratificati della successione del Tortoniano sono stati campionati soltanto nei dintorni della città di Alba (MCEA), dove hanno restituito uno strobilo di Pinaceae e una foglia di *Quercus cf. gigas* (Cavallo *et al.*, 1986: figg. 99 e 98) e nella cava di gesso di Moncucco Torinese (vedi oltre). Le collezioni più significative di resti di vegetali terrestri del Messiniano pre-MS sono quelle dei siti di Banengo (MGPT, MPTA), Moncucco Torinese (MGPT), Pollenzo (MGPT), Roddi (MCEA) e, per motivi storici, La Morra (Museo Geologico Sperimentale del C.A.I. di Giaveno). Le prime due località sono ubicate nel settore Monferrato-Collina di Torino, le ultime tre nell'Albese.

#### 1. Cava di gesso di Moncucco Torinese

I resti vegetali di Moncucco Torinese furono citati nella guida inedita di un'escursione della Società Paleontologica Italiana (Violanti *et al.*, 2003), che presentò alcuni dati che conviene riportare e integrare in questo lavoro. Grazie alle attività estrattive (gesso), che dal 1980 sono continuate almeno sino al 2005, l'affioramento di Moncucco Torinese permetteva di osservare una complessa e interessante situazione stratigrafica

(Bicchi *et al.*, 2002; Dela Pierre *et al.*, 2007).

I resti di piante terrestri sono stati campionati in due siti di affioramento delle Marne di Sant'Agata Fossili. Il primo era ubicato all'estremo nord-est della cava (M1), appena al di fuori della recinzione, mentre il secondo (M2), ubicato in corrispondenza di un sistema di faglie, faceva parte della scaglia tettonica visibile nel settore sud-ovest della cava (fig. 5) ed era costituito da una successione ciclica di argille laminate e marne massive, descritta da Girone *et al.* (2010).

In entrambi i siti si osservavano strati decimetrici di peliti ricche di sostanza organica e spesso organizzate in lamine millimetriche piano-parallele. Questi depositi contenevano resti mal conservati di impronte di conchiglie di Pteropodi, rari otoliti e scaglie di pesci e abbondanti microforaminiferi planctonici. I depositi laminati sono inframmezzati da strati massivi di peliti o peliti sabbiose, alcuni dei quali sono ricchi di resti mal conservati di gasteropodi bentonici, di bivalvi, anellidi e otoliti (Girone *et al.*, 2010). I resti vegetali sono frequenti in alcuni strati laminati e più scarsi e finemente frammentati nei depositi massivi.

Sono stati osservati frammenti di legno, foglie di angiosperme e di conifere, rametti di conifere, piccoli frutti e semi. In M2 i resti sono carbonificati e compressi, mentre in M1 si è verificata un'ossidazione, probabilmente legata all'esumazione quaternaria della successione, per cui i resti vegetali sono conservati per impronta, spesso accompagnata da residui carboniosi o lembi di cuticola. Una ridotta quantità di sedimento proveniente dal sito M1 è stato oggetto di analisi micropaleontologica. La scarsa associazione a foraminiferi è risultata prevalentemente costituita da orbuline (*Orbulina universa*, *O. suturalis*, *O. bilobata*), globigerine (*Globigerina praebulloides*, *G. bulloides*, *G. nepenthes*) e da qualche rara *Neogloboquadrina acostaensis*, che consentono di riferire il campione al Tortoniano: biozona MMi11, circa 10.5-8.4 Ma (Lirer *et al.*, 2019). Sono stati inoltre rinvenuti rari individui di *Elphidium aculeatum* la cui presenza inizia dal Tortoniano. Per quanto riguarda M2, l'età è più precisamente fissata al Messiniano, biozona MMi13c-d, circa 6.7 a 6.0 Ma (Girone *et al.*, 2010; Lirer *et al.*, 2019).

Le pur scarse campionature di macrofossili di vegetali effettuate a Moncucco Torinese (soprattutto in M1) hanno permesso di delineare le caratteristiche delle associazioni a macroresti ve-

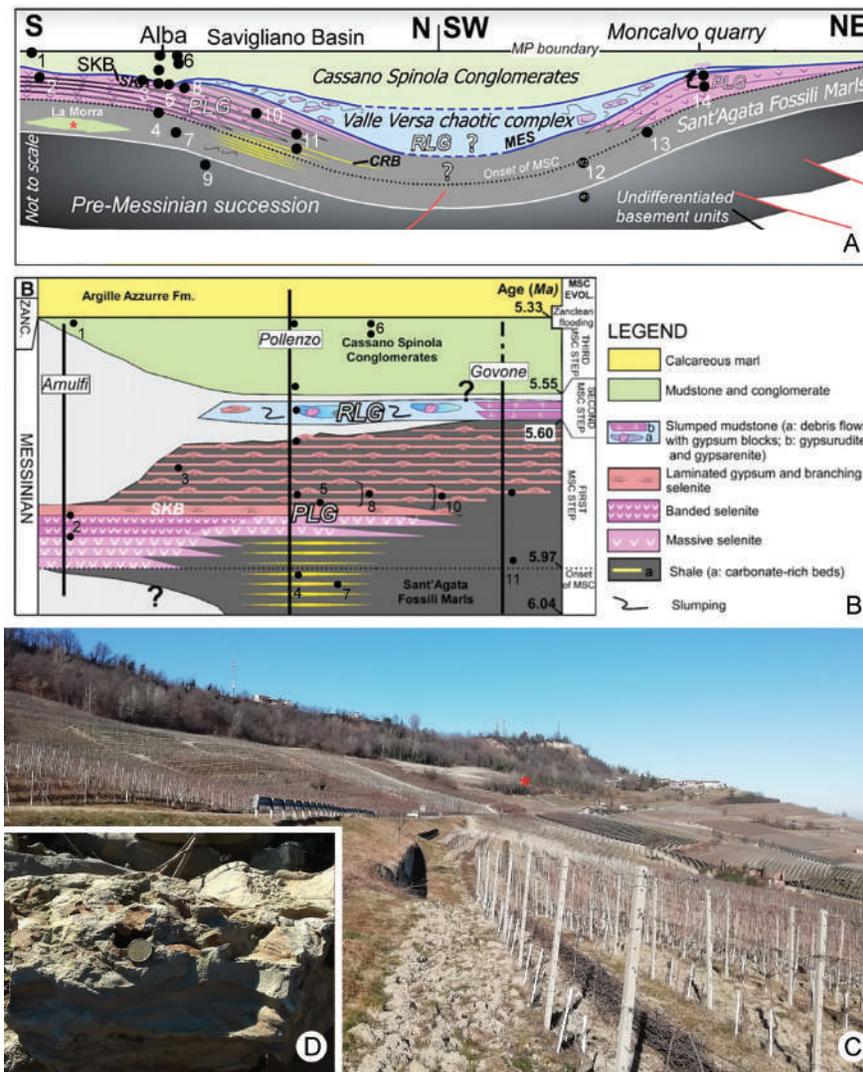


Fig. 4 - Schemi stratigrafici delle successioni del Messiniano con indicazione della posizione stratigrafica dei livelli che hanno restituito le principali macroflore (punti neri), modificati da Dela Pierre *et al.* (2016). A: sezione dalle Langhe al Monferrato, mostrata in fig. 19; B: Schema della successione stratigrafica nell'Albese. I numeri indicano località con paleoflore e corrispondono con quelli di fig. 3: 1, Narzole; 2, Arnulfi; 3, Rocca del Campione di Cherasco; 4, sequenza verticale di paleoflore della potente successione di Pollenzo/Verduno (Lozar *et al.*, 2010); 5, Monticello d'Alba, Piobesi e Piobesi-Scaparoni (Martinetto *et al.*, 2000, 2007b); 6, Corneliano d'Alba (Ciabot Cagna e Sioneri); 7 Roddi (Gaudant *et al.*, 2008); 8, Guarene; 9, Alba (Cavallo *et al.*, 1986, p. 66, fig. 98); 10, Castagnito; 11, Govone-Lago Ario (Martinetto *et al.*, 2022); 12, Moncuoco Torinese (M1 deposito con piante fossili più antico e M2 più recente); 13, Banengo (o Gesso di Coconato); 14, Moncalvo; C: aspetto prevalente del paesaggio impostato sulle successioni messiniane, in particolare riguardante il territorio di La Morra, con scarpate da cui crollano periodicamente blocchi di sediment; D: blocco di sediment arenaceo, fotografato sul pendio sottostante una scarpata (asterisco rosso in fig. 4c), recante abbondanti impronte rossastre di resti vegetali indeterminabili, di aspetto del tutto simile a quelli di La Morra conservati in collezioni storiche (vedi oltre).

Fig. 4 - Stratigraphic schemes of the Messinian successions with indication of the stratigraphic position of the deposits that have returned the main macrofloras (black points), modified by Dela Pierre *et al.* (2016). A: section from the Langhe to Monferrato, shown in fig. 19; B: Scheme of the succession of layers in the Alba area. The numbers indicate locations with paleofloras (see Italian text) and correspond to those used in fig. 3. As for Moncuoco Torinese, two plant-bearing layers are singled out: M1 is the oldest and M2 the youngest; C: prevailing aspect of the landscape over Messinian successions, in particular concerning the territory of La Morra, with escarpments from which blocks of sediment periodically collapse; D: block of arenaceous sediment, photographed on the slope below an escarpment (red asterisk in fig. 4c), bearing abundant reddish imprints of indeterminable plant remains, with an appearance very similar to those of La Morra preserved in historical collections (see below).

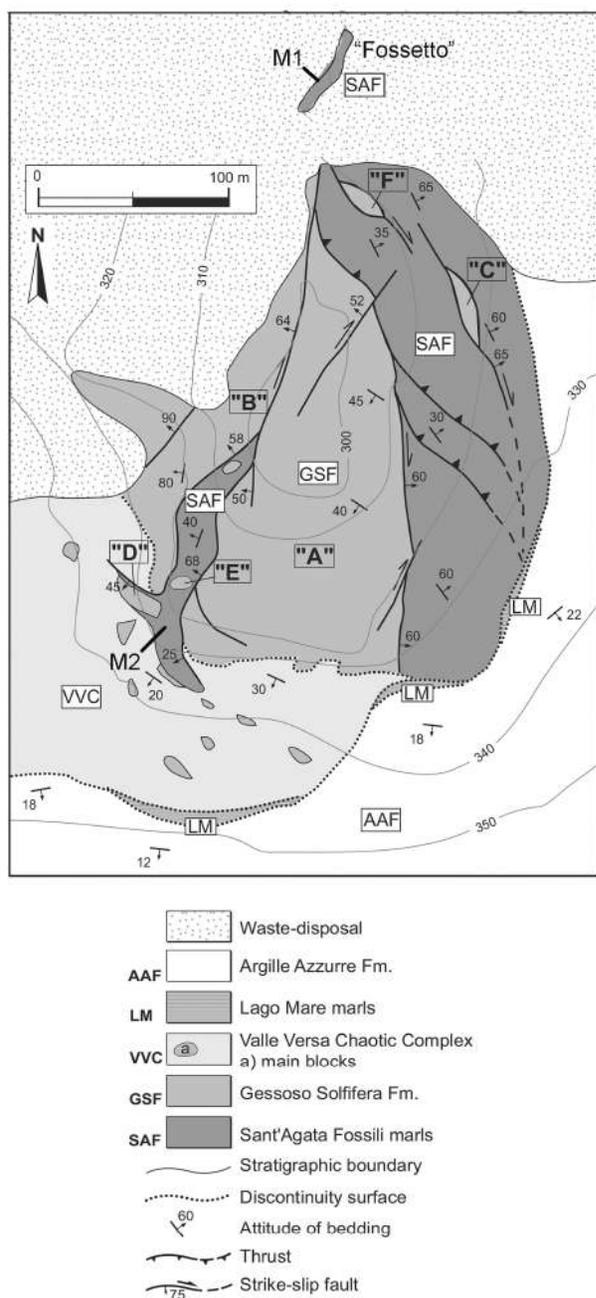


Fig. 5 - Carta Geologica semplificata della cava di gesso di Moncucco Torinese, modificata da Dela Pierre *et al.* (2007). Nella legenda in inglese sono indicati, dall'alto verso il basso: materiale di riporto, Formazione delle Argille Azzurre, marne della facies Lago-Mare, Complesso Caotico della Valle Versa, ex-Formazione Gessoso-Solfifera (attualmente denominata Vena del Gesso), Marne di Sant'Agata Fossili, limite stratigrafico, superficie di discontinuità, giacitura degli strati, linea di sovrascorrimento, faglia trascorrente. L'ubicazione dei siti che hanno restituito resti macropaleobotanici è indicata con le sigle M1 e M2.

Fig. 5 - Simplified geological map of the Moncucco Torinese gypsum quarry, modified from Dela Pierre *et al.* (2007).

getali e di accertare la presenza di alcuni taxa già noti nel Neogene piemontese. I resti di conifere sono vari e piuttosto abbondanti: le Cupressaceae sono rappresentate da rametti di *Tetraclinis salicornioides* (fig. 6a), "*Thuja*" *saviana*, *Cryptomeria rhenana* e *Glyptostrobus europaeus* (anche semi); le Pinaceae da numerosi semi indeterminati, da foglie aghiformi del tipo *Tsuga/Pseudotsuga* e da un fascetto di aghi di *Pinus*.

Le angiosperme sono documentate da sporadici resti carpologici e da foglie, in alcuni casi intere, ma più spesso ridotte in frammenti indeterminabili. Le foglie di maggiori dimensioni sono riferibili a *Fagus cf. gussonii*, la cui presenza esclude un carattere tropicale dell'associazione, come confermato da *Carpinus betulus* (frutto), *Populus latior* (foglia) e *Salix* sp. (foglia). Tra le numerose foglie a margine intero si è potuta identificare, per ora, soltanto *Daphnogene polymorpha* (fig. 6b), una forma di lauracea ritenuta termofila (Kvaček *et al.*, 2011) che, in associazione ai taxa succitati, permette di ipotizzare un clima e una vegetazione di tipo subtropicale umido (Belda *et al.*, 2014).

## 2. Banengo (presso Cocconato)

Anche in questo sito gli scavi effettuati in una cava di gesso hanno portato alla luce interessanti resti vegetali, solo brevemente citati in letteratura sino ad oggi e ancora in attesa di uno studio dettagliato. Esemplari di foglie fossili compresse furono recuperati in emergenza nell'anno 1976 a cura di Elena Ferrero (professore del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino) e si trovano ora nelle collezioni del MPTA. Ulteriori fossili di vegetali ancora non studiati, recuperati nell'anno 2000, sono depositati nelle collezioni del MGPT, insieme a pochi altri legati alle ricerche illustrate da Lozar *et al.* (2018).

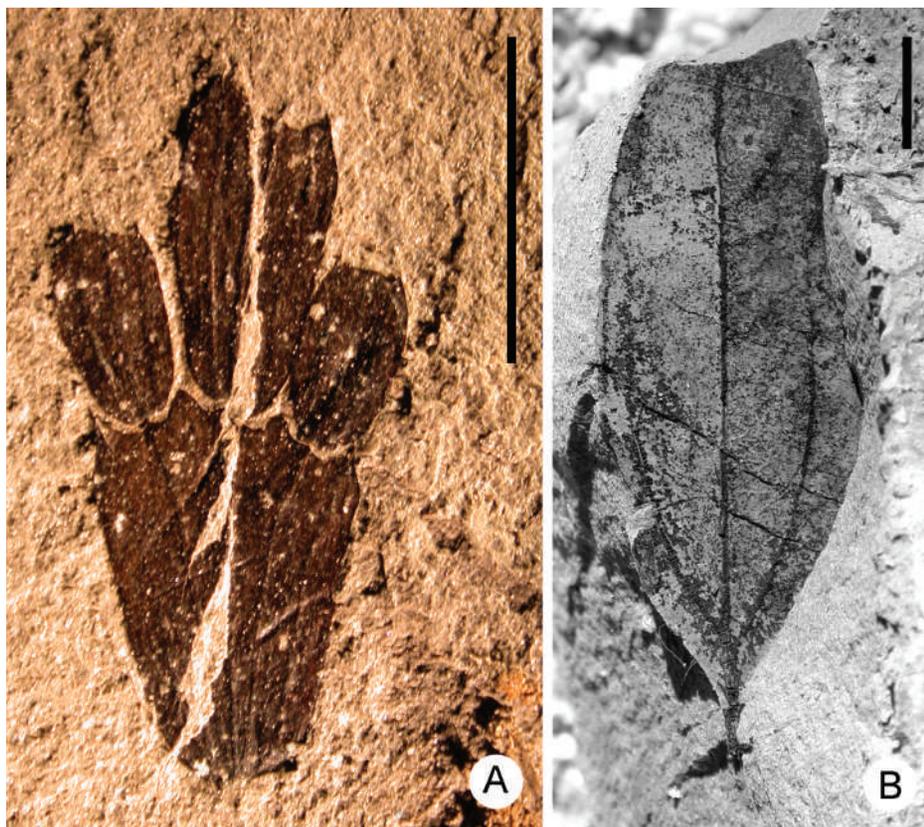
Tutti questi ultimi esemplari provengono in massima parte dal ciclo Bm2 e solo in minima parte da Bm3 (fase pre-MSB: Lozar *et al.*, 2018: fig. 2). Le marne grigie che inglobano i resti fogliari del ciclo Bm2 corrispondono, per tutte le caratteristiche litologiche e per l'abbondanza di spicole silicee di spugne, a quelle dei campioni recuperati nel 1976. Pertanto, proponiamo di considerarli come provenienti dallo stesso intervallo stratigrafico. I reperti fogliari di cui si è potuta proporre l'identificazione in base alle caratteristiche macroscopiche indicano la presenza di *Daphnogene polymorpha* (fig. 7b), *Fa-*

Fig. 6 - Macroresti vegetali del Tortoniano provenienti dal sito M1 della cava di gesso di Moncuco Torinese.

A: porzione di rametto (compressione) di *Tetraclinis salicornioides* (Cupressaceae), MGPT-PU141111; B: impronta di foglia di *Daphnogene polymorpha* (Lauraceae), Tortoniano, MGPT-PU141112. Scala 1 cm.

Fig. 6 - Plant macrofossils from the Tortonian site M1 of the gypsum quarry of Moncuco Torinese.

A: portion of a shoot (compression) of *Tetraclinis salicornioides* (Cupressaceae), MGPT-PU141111; B: leaf impression of *Daphnogene polymorpha* (Lauraceae), MGPT-PU141112. Scale 1 cm.



*gus* cf. *gussonii* (fig. 7d), *Laurophyllum* cf. *pseudoprinceps* (fig. 7c), cf. *Ocotea heerii*, *Platanus leucophylla* (fig. 7g), *Quercus gigas* (fig. 7e-f) e *Phaseolites* sp. (fig. 7h). Inoltre, sono stati riconosciuti un seme di cf. *Tsuga*, un rametto di *Glyptostrobus europaeus* e uno di *Pinus* sp. (fig. 7a). A questi si aggiungono frutti di *Alnus* sp., *Craigia bronniei* (fig. 7j-k), e *Ocotea* sp.

### 3. Pollenzo

I depositi laminati dell'intervallo pre-MSW della potente sezione di Pollenzo (Lozar *et al.*, 2010) hanno restituito, oltre a resti di pesci descritti da Gaudant *et al.* (2015), anche foglie compresse di piante terrestri, tra cui una foglia pennata di palma (*Phoenicites* sp.) conservata al MCEA (P01110) e illustrata da Teodoridis *et al.* (2015). Le foglie fossili sono state frequentemente osservate in affioramento per cause naturali, ma non sono state sinora campionate con sufficiente intensità dal punto di vista paleobotanico. Si è soltanto operato il recupero in emergenza di una decina di frammenti di foglie (MGPT), non ancora studiati. Fa eccezione una foglia di *Engelhardia* citata da Teodoridis *et al.* (2015) e figurata da Bertini & Martinetto (2014: p. 251). Per questo esemplare si propone qui

l'attribuzione a *Engelhardia orsbergensis*, specie ben documentata a Govone, un altro sito messiniano della stessa zona (Martinetto *et al.*, 2022).

### 4. Roddi

Il sito fossilifero di Roddi (località Cadonia) ha restituito numerosi fossili soprattutto di pesci, illustrati da Gaudant *et al.* (2008). Questi autori hanno indicato un'età messiniana inferiore in base allo studio del nannoplacton e hanno anche fornito un elenco di alcuni taxa di piante terrestri, da loro identificati in base a reperti fogliari: *Sequoia*, *Pinus* (subgen. *Strobus*), *Equisetum*, *Quercus*, *Juglans*, *Cinnamomum*, *Ocotea*, *Fagus*, *Acer*, *Zelkova*, *Myrica*, Lauraceae indet., Graminaceae indet., Palmae (*Sabal?*). Queste determinazioni preliminari di materiale conservato al MCEA sono da noi confermate, con le seguenti eccezioni: l'attribuzione di un reperto fogliare a *Juglans* è difficilmente dimostrabile; la foglia di "*Cinnamomum*" va preferibilmente denominata *Daphnogene* cf. *polymorpha* (come spiegato in seguito per le foglie del Pliocene di Bra); le forme viventi di *Myrica* che producono foglie con caratteristiche simili a quella fossile di Roddi sono state trasferite al genere *Morella* (Martinetto *et*

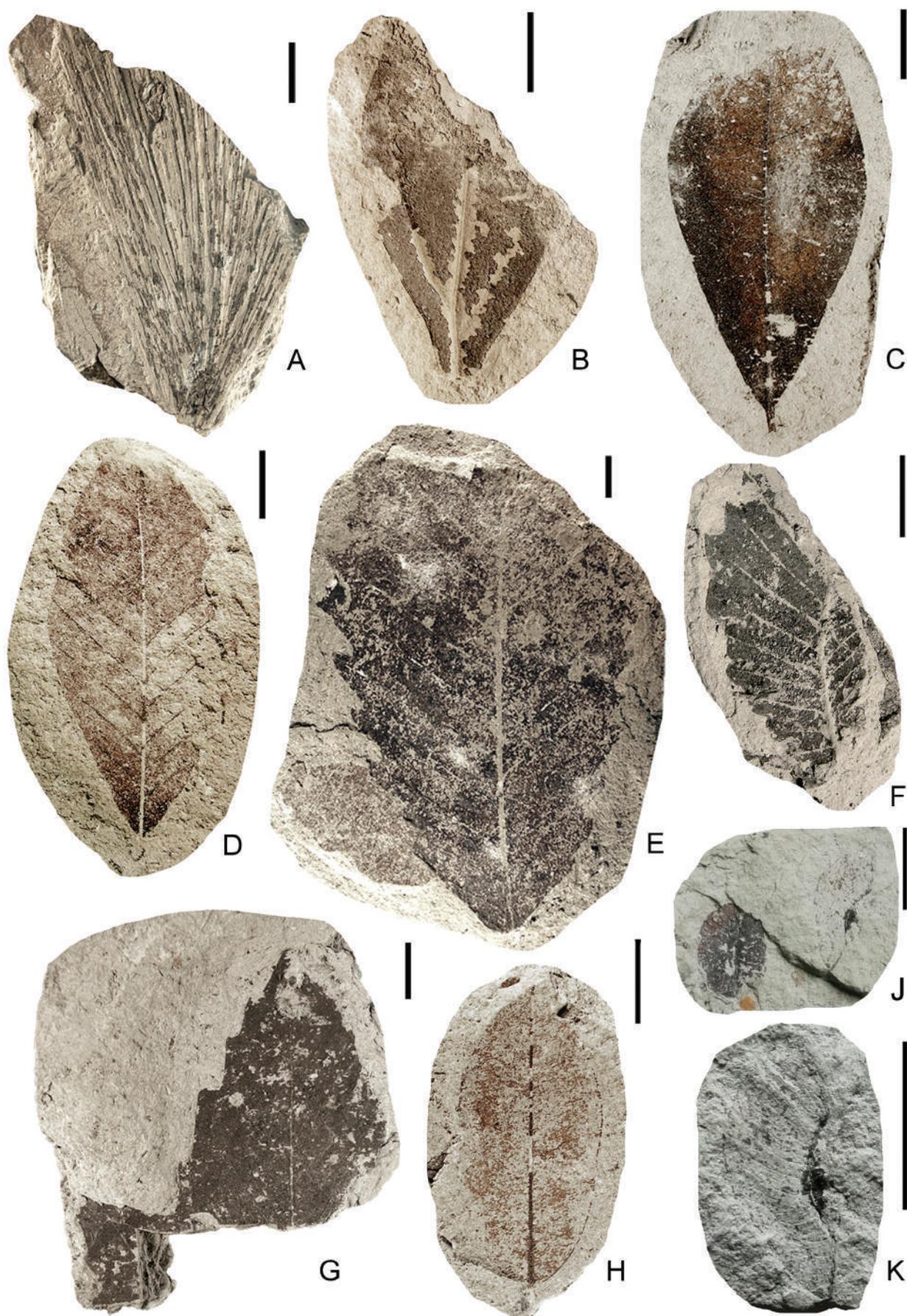


Fig. 7 - Esemplari compressi di macroresti vegetali del Messiniano pre-MS, campionati nel 1976 da Elena Ferrero (professore del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino) e collaboratori nella cava di gesso di Banengo (o Gesso di Cocconato), molto probabilmente da uno strato del ciclo Bm2 descritto da Lozar *et al.* (2018). A: *Pinus* sp., MPTA-13427, rametto con molti fasci di foglie aghiformi; B: *Daphnogene polymorpha*, MPTA-13428; C: *Laurophyllum* cf. *pseudoprinceps*, MPTA-13429; D: *Fagus* cf. *gussonii*, MPTA-13430; E-F: *Quercus gigas*, MPTA-13431, MPTA-13432; G: *Platanus leucophylla*, MPTA-13433; H: *Phaseolites* sp. MPTA-13434; J-K: *Craigia bronni*, MPTA-13435, due porzioni di frutti alati che sono state inglobate nel sedimento in posizione ravvicinata, l'esemplare di destra in J è ingrandito in K. Scala 1 cm.

Fig. 7 - Compressed plant remains from the pre-MS Messinian sediments of the Banengo (or Gesso di Cocconato) quarry, sampled in 1976 by Elena Ferrero (University of Turin) and collaborators, most probably in a layer belonging to the cycle Bm2, as described by Lozar *et al.* (2018). Taxa names and catalog numbers in the Italian caption. A: shoot with several clusters of needle-leaves; J-K: two portions of winged fruits embedded into the sediment close to each other, the specimen to the right of image J is enlarged in K. Scale bar 1 cm.

*al.*, 2022); la grande foglia di palma esposta al MCEA (Cavallo *et al.*, 1986: copertina) va preferibilmente assegnata al genere fossile *Sabalites*, poiché l'appartenenza a generi viventi non è dimostrabile in base alle caratteristiche macroscopiche conservate dal reperto. Pare inoltre utile rimarcare che le forme più frequenti sono attribuibili a Fagaceae a foglie ampie (*Fagus gussonii*, dominante, e *Quercus gigas*).

## 5. La Morra

Allioni, nella sua monografia "*Oryctographiae Pedemontanae Specimen Exhibens Corpora Fossilia Terrae Adventitia*" (1757), da molti ritenuta il primo vero compendio di paleontologia piemontese, indica espressamente il sito di La Morra come una delle località, note in quel periodo, in cui i ritrovamenti paleobotanici erano più frequenti (*Nullibi frequentius adveniuntur foliorum impressiones, quam in collibus proximi oppidi La Morra. Strata ibi integra sunt foliorum per ochram quamdam petrificatorum; sed cum arenosae cuidam terrae sine ordine omnino fuerint commixta & conglutinata, difficilè integra videri possunt.*

*In nessun altro luogo vengono ritrovate più frequentemente delle impronte di foglie che sulle colline prossime alla cittadina di La Morra. Lì si trovano strati integri di foglie pietrificate immerse in un certo tipo di ocre; ma, dal momento che si trovarono ammassate e compresse completamente senza alcun ordine in questo tipo di arenaria, difficilmente possono essere osservate intere).* L'autore riporta alcuni paragrafi relativi a evidenze paleobotaniche a titolo *Phitolitus*, *Lithoxylum* e *Carpolithus* indicanti, rispettivamente, foglie, legni e frutti/semi fossili.

La stessa località è menzionata come luogo d'origine di reperti di una decina di frutti assegnati alla specie "*Juglans*" *nux-aurinensis*, conser-

vati in due collezioni straniere: Museum für Naturkunde di Berlino, Muséum national d'Histoire naturelle di Parigi (fig. 8a-b) e, in Italia, al MCCB (fig. 8c). Inoltre il recente reperimento di ciò che rimane dell'antica collezione geologica privata allestita da Allioni nella seconda metà del settecento (attualmente conservata presso il Museo Geologico Sperimentale del C.A.I. Sezione di Giaveno) ha permesso l'analisi di vari esemplari nella cui etichetta compare "La Morra", compresi alcuni reperti riferibili a "*Juglans*" *nux-aurinensis*. Essi sono stati confrontati con i reperti di Berlino e Parigi, constatando una notevole uniformità nelle caratteristiche del sedimento e nella tipologia e stato di conservazione dei resti vegetali. Si tratta di un'arenite, talvolta conglomeratica, ricca di resti vegetali che si sono spesso conservati in tre dimensioni a causa di una cementazione precoce, che però non ha impedito la totale asportazione della sostanza organica, per cui i vegetali sono conservati come impronte e/o modelli interni. Queste stesse caratteristiche sono state riscontrate in blocchi di sedimento arenaceo o arenaceo-conglomeratico franati da una parete presso il Bric del Dente di La Morra. Appare pertanto estremamente probabile che tutti i reperti succitati provengano da un particolare corpo geologico grossolano ivi affiorante (fig. 4c-d), denominato Unità La Morra (Ghielmi *et al.*, 2019) e attribuito al Messiniano inferiore (fig. 4a). Tuttavia, nonostante l'abbondanza di resti vegetali nei sedimenti di tale Unità, va sottolineata il modesto numero di entità paleofloristiche riconosciute.

Solo la collezione geologica Allioni contiene materiale potenzialmente utile per indentificare altri taxa, oltre a "*Juglans*" *nux-aurinensis* (la cui appartenenza alle Juglandaceae è qui confermata, mentre quella al genere *Juglans* è dubbia, come indicato dall'uso delle virgolette). Dalla



Fig. 8 - A-C: resti fossili di un membro della famiglia dei noci (Juglandaceae), denominato "*Juglans*" *nux-aurinensis* da Brongniart (1822), provenienti da La Morra (fig. 4c). A: calco naturale della cavità del seme all'interno di un frutto, e conservato al MNHN di Parigi, MNHN-F-3010.1; B: impronta esterna di un frutto, MNHN-F-3010.4; C: calco naturale della cavità del seme all'interno di un frutto, esemplare già citato da Peola (1896), conservato presso il Museo di Bra, MCCB-04208; D: impronta esterna di un frutto con morfologia simile all'esemplare precedente di "*Juglans*" *nux-aurinensis*; rinvenuta in località Case Missione presso Mussotto d'Alba, dove affiorano depositi di età messiniana, MCEA-P05043; E-H: resti fossili provenienti da La Morra e conservati al Museo Geologico Sperimentale Giaveno (MGSG), collezione Allioni (AC: Allioni Collection); E: impronta di uno strobilo che, per il numero e la sottigliezza delle squame e l'arrotondamento dell'apice, è simile ad esemplari di *Cathaya* noti per il Pliocene del Piemonte, MGSG-AC1197; F:

impronta di uno strobilo che, per lo spessore delle squame, la struttura degli umboni, il contorno e le dimensioni appare molto simile ad esemplari di *Pinus hampeana*, specie nota per il Pliocene del Piemonte (Bertoldi & Martinetto, 1995), MGSG-AC1196; G: fossilizzazione indiretta di un'infruttescenza attribuibile a *Liquidambar europaea*, MGSG-AC3165; H: fossilizzazione indiretta di una infruttescenza attribuibile a *Magnoliaestrobos* sp., MGSG-AC1620.

Fig. 8 - A-C: fossil remains of a juglandaceous plant, named "*Juglans*" *nux-aurinensis* by Brongniart (1822), originating from La Morra (fig. 4c); A: natural cast of the seed cavity inside a fruit, and stored at the MNHN in Paris, MNHN-F-3010.1; B: external imprint of a fruit, MNHN-F-3010.4; C: natural cast of the seed cavity inside a fruit in a specimen already mentioned by Peola (1896), stored at the Museum of Bra (MCCB-04208); D: external imprint of a fruit with a morphology similar to the previous specimen of "*Juglans*" *nux-aurinensis* originating from Case Missione near Mussotto d'Alba, where deposits of the Messinian crop out; E-H: fossil remains from La Morra stored in the Giaveno Experimental Geological Museum, AC: Allioni Collection; E: imprint of a cone which, due to the number and thinness of the scales and the rounded apex, is similar to examples of *Cathaya* known for the Pliocene of Piemonte, MGSG-AC1197; F: imprint of a cone which, due to the thickness of the scales, the structure of the umbos, the outline and the dimensions appears very similar to specimens of *Pinus hampeana* known for the Pliocene of Piemonte (Bertoldi & Martinetto, 1995), MGSG-AC1196; G: indirect fossilization of an infructescence attributable to *Liquidambar europaea*, MGSG-AC3165; H: indirect fossilization of an infructescence attributable to *Magnoliaestrobos* sp., MGSG-AC1620.

consultazione degli originari cataloghi è emerso che la raccolta, in riferimento agli affioramenti di La Morra, contava diciassette esemplari di legno fossilizzato, dieci campioni riferibili a resti carpologici, sette esemplari di foglie fossili e due esemplari che Allioni classifica come “*agarici petrificati*”. Di tutte queste evidenze risultano presenti ancora undici esemplari di legno fossilizzato, sei di resti carpologici e cinque di foglie. Tuttavia, altri campioni in possesso dell’Allioni, privi delle etichette originarie, sono sicuramente ascrivibili, sulla base delle associazioni vegetali e, soprattutto, sulla natura inconfondibile del sedimento inglobante, a materiale reperito nel sito di La Morra. Probabilmente si tratta di esemplari doppi che il naturalista non inserì in collezione o, forse, alcuni hanno perso le etichette che li contraddistinguevano. L’esame di ciascuno di questi reperti ci ha portato a concludere che tutte le foglie fossili sono molto incomplete e indeterminabili, come pure i legni, di cui si sono conservate solo impronte esterne. Solo pochi resti carpologici mostrano caratteristiche morfologiche diagnostiche: una pigna di *Pinus* sp. (fig. 8f), un’altra con caratteristiche compatibili con *Cathaya* (fig. 8e), un’infruttescenza ovoidale che mostra il probabile riempimento sedimentario di numerosi carpelli (fig. 8h: cf. *Magnolia* o *Magnoliaestrobis*: un esemplare simile è raffigurato in Fisher & Butzmann, 2000) e un’altra infruttescenza globosa di *Liquidambar* cf. *europaea* (fig. 8g).

### Prima fase della Crisi di Salinità del Messiniano (MSC)

Associazioni a foglie ben più diversificate di quelle pre-MSC sono state restituite da numerosi siti di affioramento delle peliti associate o interposte ai banchi di gesso primario (Formazione attualmente denominata Vena del Gesso o *Primary Lower Gypsum unit*, ex Gessoso-Solfifera: Sismonda, 1859, 1865; Peola, 1899a, 1899b; Brambilla *et al.*, 1982; Cavallo *et al.*, 1986; Martinetto *et al.*, 2000, 2007b, 2022). Le foglie fossili di alcuni siti messiniani della prima fase della MSC furono oggetto di studi sistematici già nel diciannovesimo secolo (Peola, 1899a, 1899b; Sismonda, 1859, 1865), ma in seguito questo materiale andò perso. Le ricerche sulle flore messiniane del Piemonte sono state riprese nell’ultimo ventennio del XX secolo e nel primo ventennio del XXI secolo con la descrizione delle associazioni di Carbonara Scrivia (Brambilla *et al.*, 1982: materiale conservato presso

l’Università di Pavia), Nizza Monferrato (Brambilla & Gallo, 2002: MPTA, MRSN) e di numerose località dell’Albese (Cavallo *et al.*, 1986; Guglielmetto & Iguera, 1994; Martinetto *et al.*, 2000, 2007b, 2022: materiale conservato per lo più al MCEA e subordinatamente al MGPT, come dettagliato in seguito).

Per il settore Monferrato-Collina di Torino esiste soltanto una piccola collezione di resti vegetali (MGPT) recuperati in emergenza nella discarica di materiale della cava di Moncalvo, coltivata per lo più in sotterraneo. L’attribuzione alla prima fase della MSC è suggerita dalla litologia dei sedimenti inglobanti i fossili: peliti scure fittamente laminate. Questa litologia è stata abbondantemente osservata, sulle pareti delle gallerie. La ragione per citare questi reperti di provenienza incerta risiede nel loro ottimo stato di conservazione (fig. 9), che primeggia nell’ambito di tutto il Messiniano piemontese. Il recupero di un maggior numero di esemplari e il loro studio morfo-anatomico (cuticola!) potrebbe consentire di chiarire annose incertezze sull’attribuzione tassonomica di morfotipi fogliari problematici, che si rinvergono nei sedimenti messiniani del Piemonte. Per esempio, la parte apicale di una foglia aghiforme di conifera mostra un margine serrulato e una distribuzione delle bande stomatiche (fig. 9) compatibili con il genere *Cunninghamia* R. Brown ex Richard et A. Richard, la cui presenza per il Neogene del Piemonte non risulta ancora solidamente documentata.

### 6. Fossili della prima fase della MSC dell’Albese conservati al MCEA

Una ricca campionatura di resti fogliari messiniani (fig. 10) provenienti dagli strati pelitici della ex-Formazione Gessoso-Solfifera (o Vena del Gesso o *Primary Lower Gypsum unit*) è custodita presso il MCEA (Cavallo *et al.*, 1986; Martinetto *et al.*, 2000, 2007b). In generale, i singoli campioni di sedimento di questa collezione presentano impressa la morfologia di una sola foglia o di una parte di essa (fig. 11), mentre sono rari i casi in cui si osservano associazioni di due o più lamine. Le lamine fogliari non sono state fissate in alcun modo al momento della raccolta, ciò che ha probabilmente causato un deterioramento delle porzioni di cuticola ancora presenti, ma, d’altra parte, ha consentito una minuziosa analisi delle nervature più esili, che sarebbe stata impedita qualora il materiale fosse stato ricoperto da fissativo o vernice trasparente.

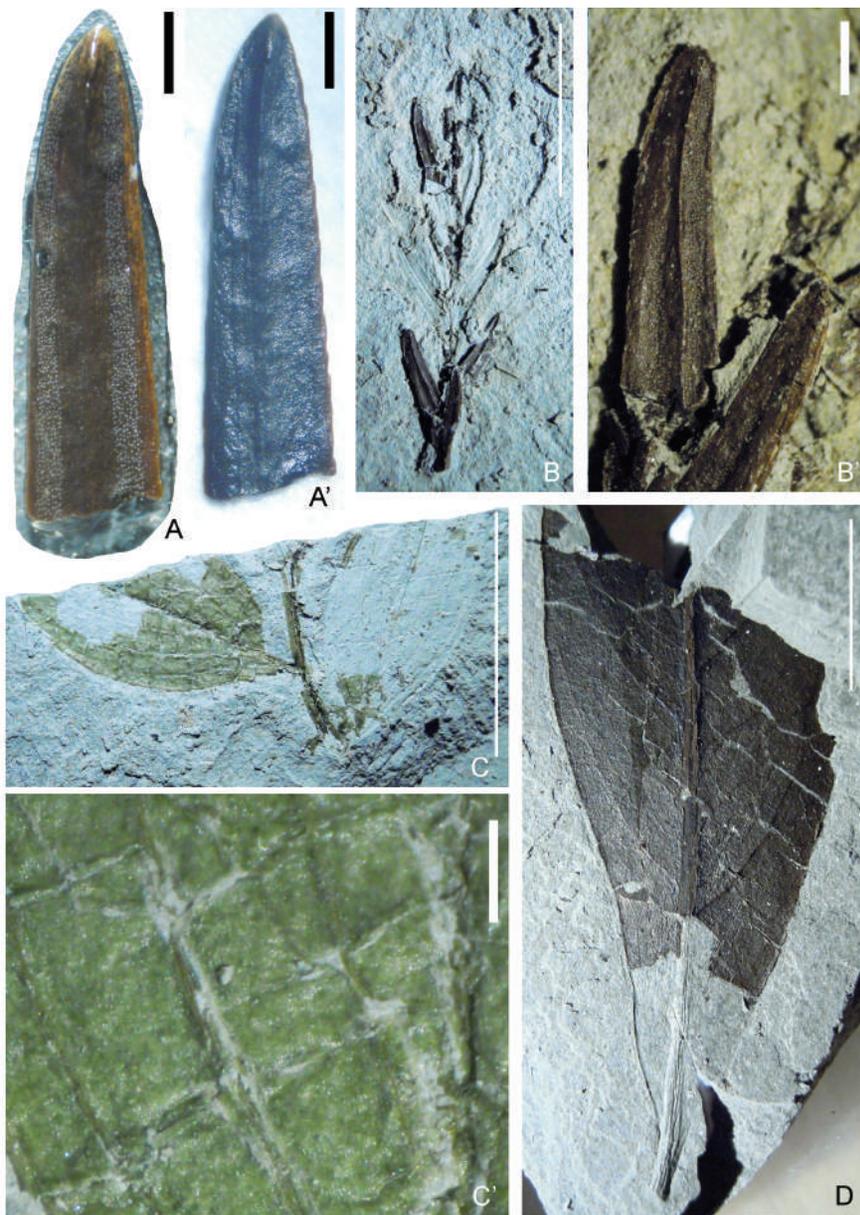


Fig. 9 - Esemplici compressi di macroresti vegetali provenienti dalla cava di gesso di Moncalvo, coltivata tramite scavi sotterranei. I fossili sono stati recuperati dalla discarica, ma si ritiene che provengano da sedimenti depositi durante la prima fase della MSC. A-A': cf. *Cunninghamia*, apice della stessa foglia aghiforme fotografata in condizioni di immersione in acqua (che ne evidenzia le due bande stomatiche) e di superficie umida (in questo modo si apprezza il margine finemente serrulato), MGPT-PU141113; B-B': *Cryptomeria* cf. *rhenana* Kilpper, rametto compresso che è stato asportato nella parte centrale, dove si evidenzia l'impronta della morfologia esterna sul sedimento; un dettaglio di una foglia aghiforme compressa con abbondanti stomi è ingrandito in B', MGPT-PU141114; C-C': *Potamogeton* sp.: porzione di fusto con due foglie che sembrano conservare solo la cuticola giallastra, di cui si può apprezzare l'iridescenza in C', dove è percepibile la trama cellulare, MGPT-PU141115; D: *Laurophyllum* sp., foglia compressa in cui la conservazione della cuticola è evidenziata da una lieve iridescenza, MGPT-PU141116. Le barre sottili corrispondono a 1 cm, quelle spesse a 1 mm.

Fig. 9 - Compressed specimens of plant macroremains from the Moncalvo gypsum mine, exploited through underground excavations.

The fossils were recovered from the

refuse tip, but are believed to come from sediments deposited during the first MSC phase; A-A': cf. *Cunninghamia*, apex of the same needle-leaf respectively photographed in conditions of immersion in water (which highlights the two stomatal bands) and with a moist surface (in this way the finely serrulated margin is highlighted), MGPT-PU141113; B-B': *Cryptomeria* cf. *rhenana* Kilpper, compressed shoot that has been removed in the central part, where the impression of the external morphology on the sediment is apparent; a compressed needle-leaf with abundant stomata is enlarged in B', MGPT-PU141114; C-C': *Potamogeton* sp.: portion of stem with two leaves that seem to retain only the yellowish cuticle, whose iridescence can be appreciated in C', where the cellular texture is perceptible, MGPT-PU141115; D: *Laurophyllum* sp., Compressed leaf in which the conservation of the cuticle is highlighted by a slight iridescence, MGPT-PU141116. The thin bars correspond to 1 cm, the thick ones to 1 mm.

Guglielmetto & Iguera (1994) hanno fornito un inquadramento sistematico di numerosi campioni con resti di gimnosperme e uno studio sistematico preliminare di gran parte delle foglie di angiosperme è stato condotto da Martinetto *et al.* (2000), che hanno ripartito circa mille

esemplari di resti fogliari nell'ambito di una settantina di taxa. Una parziale revisione tassonomica è stata introdotta da Martinetto *et al.* (2007b), quando ancora non era stata tentata l'analisi delle cuticole.

Il possibile contributo di questo tipo di ana-

Fig. 10 - Sguardo d'insieme sulla varietà di morfologie fogliari riscontrata nelle associazioni della prima fase della MSC presso Alba. I disegni schematici realizzati da Chiara Rista ed Elena Tarabra, già riportati in Martinetto *et al.* (2007b: fig. 4), raffigurano esemplari delle collezioni del MCEA e si possono identificare (con variazioni solo per i numeri 18, 38, 41, 67, 71, 72) come: 1, Dicotyledones incertae sedis; 2, ?Rosaceae indet.; 3, *Acer tricuspidatum* ssp. *lusaticum*; 4, Dicotyledones incertae sedis; 5, *Morella lignitum*; 6, *Vitis stricta*; 7, Dicotyledones incertae sedis II; 8, *Magnolia* sp.; 9, Dicotyledones incertae sedis XV; 10, cf. *Berberis*; 11, Dicotyledones incertae sedis; 12, Dicotyledones incertae sedis X; 13, *Rubus* sp.; 14, Dicotyledones incertae sedis; 15, *Vitis stricta*; 16, Dicotyledones incertae sedis; 17, Dicotyledones incertae sedis XVII (cf. *Laurophyllum pseudoprinceps*); 18, Dicotyledones incertae sedis XVIII; 19, *Dicotylophyllum pyriforme*; 20, *Hedera* cf. *helix*; 21, Dicotyledones incertae sedis XIV; 22-24, *Platanus leucophylla*; 25, cf. *Dicotylophyllum kvacekii*; 26-27, cf. *Malus*; 28, Dicotyledones incertae sedis III (?Rosaceae); 29, Dicotyledones incertae sedis XI; 30, *Populus latior*; 31, *Acer integrimum*; 32, *Acer palaeosaccharinum*; 33-34, *Liquidambar europaea*; 35, ?Fabaceae indet. (type I); 36, "*Parrotia*" *pristina*; 37, *Trigonobalanopsis rhamnoides*; 38, *Laurophyllum pseudoprinceps*; 39, "*Morella*" *laevigata* (Heer) Doweld; 40, *Populus balsamoides*; 41, "*Sapindus*" *falcifolius* (cf. *Ailanthus*); 42, *Betula* sp.; 43, *Corylus* cf. *avellana*; 44, *Quercus kubinyi*; 45, *Ulmus affinis*; 46-47, Dicotyledones incertae sedis XIII; 48, cf. *Toddalia*; 49, *Carya minor*; 50, *Zelkova zelkovaefolia*; 51, *Celtis trachytica*; 52, Dicotyledones incertae sedis I; 53, *Quercus* cf. *pseudocastanea*; 54, *Ilex* cf. *aquifolium*; 55, *Quercus* cf. *pseudocastanea*; 56, cf. *Rosa*; 57, Dicotyledones incertae sedis IX; 58, cf. *Myrtus*; 59, *Laurophyllum* cf. *pseudoprinceps*; 60, Dicotyledones incertae sedis; 61, cf. *Laurus abchasica*; 62, *Ocotea heeri*; 63, *Daphnogene polymorpha*; 64, ?Fagaceae indet.; 65, *Buxus* cf. *pliocenicica*; 66, Dicotyledones incertae sedis XVI; 67, Lauraceae indet. (cf. *Laurophyllum pseudoprinceps*); 68-69, *Alnus ducalis*; 70, Dicotyledones incertae sedis; 71-72, *Fagus haidingeri* o *F. gussonii*. Scala 1 cm.



Fig. 10 - Sketchy drawings by Chiara Rista ed Elena Tarabra of the main leaf types sampled in the pelites of the Vena del Gesso Formation near Alba (first MSC phase, collection MCEA), already reported in Martinetto *et al.* (2007b: fig. 4). See the Italian text for explanations. Scale bars 1 cm.

Fig. 10 - Sketchy drawings by Chiara Rista ed Elena Tarabra of the main leaf types sampled in the pelites of the Vena del Gesso Formation near Alba (first MSC phase, collection MCEA), already reported in Martinetto *et al.* (2007b: fig. 4). See the Italian text for explanations. Scale bars 1 cm.

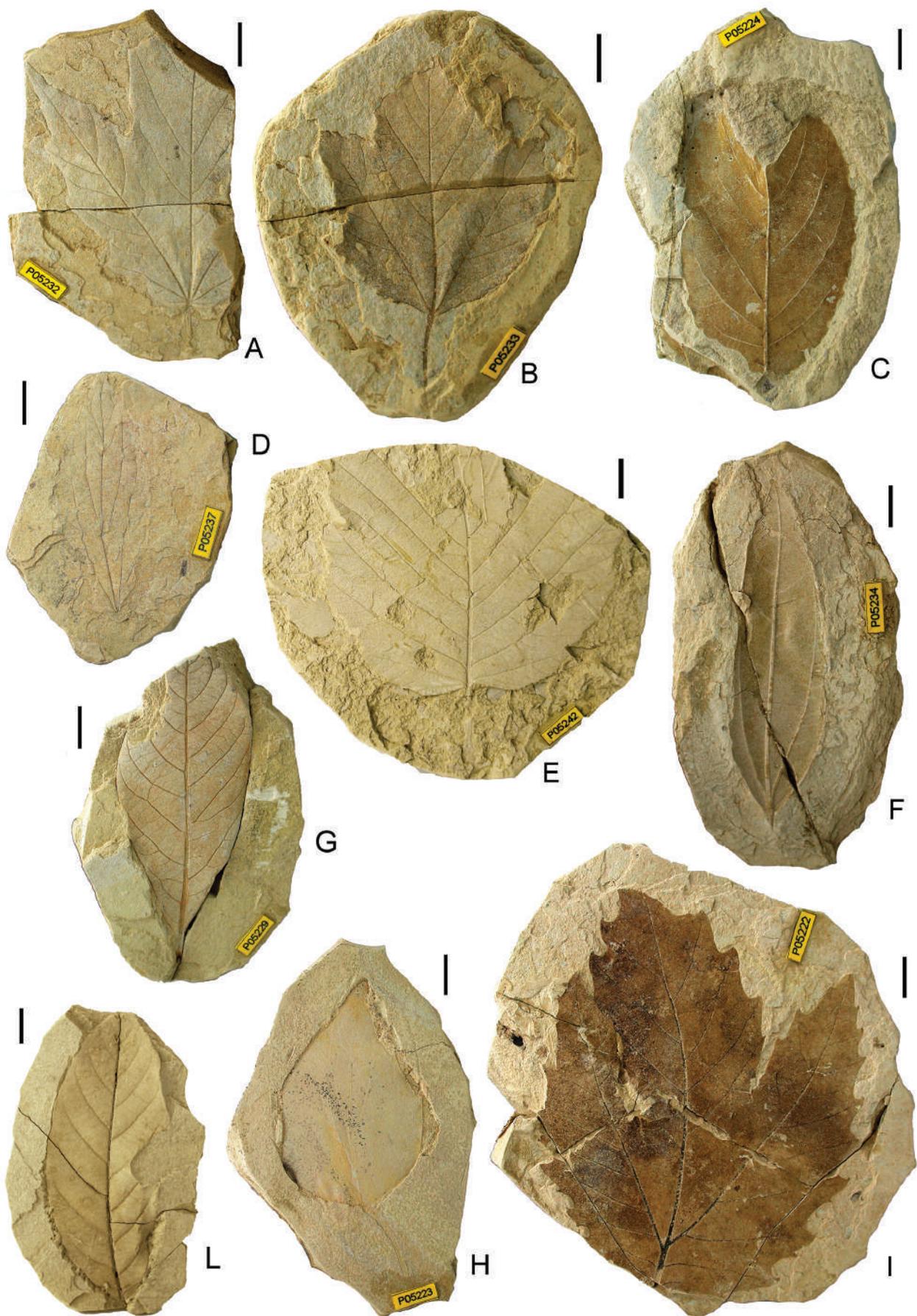


Fig. 11 - Esempi di resti fogliari della prima fase della MSC provenienti da diverse località dell'Albese e conservati presso il MCEA. A: *Acer paleosaccharinum*, MCEA-P05232, località non precisata dell'Albese; B: *Acer tricuspidatum* ssp. *lusaticum*, MCEA-P05233, Castagnito d'Alba; C: *Alnus ducalis*, MCEA-P05225, Castagnito d'Alba; D: *Celtis trachytica*, MCEA-P05237, Castagnito d'Alba; E: *Corylus* cf. *avellana*, MCEA-P05242, Castagnito d'Alba; F: *Daphnogene polymorpha*, MCEA-P05234, località non precisata dell'Albese; G: Dicotyledones incertae sedis, MCEA-P05229, Scaparoni d'Alba; H: *Hedera* cf. *helix*, MCEA-P05223, Castagnito d'Alba; I: *Platanus leucophylla*, MCEA-P05222, Castagnito d'Alba; L: *Trigonobalanopsis rhamnoides*, MCEA-P01220, Castagnito d'Alba. Le barre corrispondono a 1 cm.

Fig. 11 - Examples of leaf remains stored at the MCEA and retrieved from sediments deposited during the first MSC phase, cropping out at several localities of the Albese district. See the Italian text for explanations. Scale bars corresponding to 1 cm.

lisi venne sottolineato dal prof. Zlatko Kvaček<sup>1</sup> in occasione della sua unica e breve visita ad Alba nel 1998. Egli visionò una piccola parte della collezione e fornì preziosi suggerimenti per approfondirne lo studio. La soluzione che egli suggerì al difficile enigma della determinazione sistematica delle foglie coriacee a margine intero fu quella di indirizzare gli sforzi verso il reperimento di esemplari con cuticola conservata. Un vasto tentativo di analisi di residui di cuticola fu eseguito nel 2007 al MCEA da Antonella Cilia, sotto l'egida di Vasilis Teodoridis (allievo di Z. Kvaček). Tuttavia, questo studio restò inedito e se ne riportano qui in estrema sintesi i risultati salienti.

Questi furono, a dire il vero, piuttosto deludenti: all'analisi condotta sia al microscopio ottico sia al microscopio elettronico a scansione, soltanto nove esemplari su 104 dimostrarono di conservare resti significativi di cuticole. Tuttavia, in due casi (MCEA-P05296 e P05297) lo studio delle cuticole ha consentito una revisione tassonomica da *Daphnogene polymorpha* (determinazione che si trova in Martinetto *et al.*, 2000) a *Ocotea heeri* e in un terzo caso (MCEA-P05298 da *Laurus* cf. *abchasisca* a *Ocotea heeri*). Un esemplare (MCEA-P05299) indicato come *Laurophyllum* sp. 1 da Martinetto *et al.* (2007b: fig. 4/38) è stato meglio precisato come *Laurophyllum pseudoprinceps*.

Le novità emerse dalle informazioni aggiuntive fornite dalle cuticole di così pochi esemplari hanno dimostrato come sarebbe tuttora necessario un più accurato e complessivo riesame tassonomico della collezione, alla luce dei recenti

progressi nelle conoscenze. Analisi cuticolari più soddisfacenti potrebbero essere consentite in futuro dalle migliori condizioni delle cuticole osservate sui reperti fogliari dello strato "Damarco" di Govone (Martinetto *et al.*, 2022).

Quanto discusso in precedenza non deve far pensare che, allo stato attuale degli studi, non vi siano certezze circa la posizione sistematica dei reperti fogliari in oggetto. Al contrario, molti di essi sono stati assegnati a precise entità tassonomiche botaniche in base alla macromorfologia fogliare. In particolare, si è registrata la presenza di 23 famiglie e 45 generi, riconducibili principalmente alle Dicotiledoni. Inoltre Martinetto *et al.* (2007b: fig. 4) hanno elencato 28 specie fossili che vengono qui confermate, mentre la possibile presenza di alcune specie ancora viventi (*Corylus* cf. *avellana*, *Hedera* cf. *helix*, *Ilex* cf. *aquifolium*) andrebbe ulteriormente confermata. Le foglie più frequenti nella maggior parte dei siti sono quelle dei faggi, che secondo Denk (2004) mostrano spesso caratteri di transizione tra le specie fossili *Fagus haidingeri* e *Fagus gussonii*. Nei siti di Castagnito e Scaparoni sono anche frequenti le foglie di Lauraceae, il cui unico genere vivente identificato è rappresentato da *Ocotea*. Sono piuttosto frequenti anche i generi *Alnus*, *Platanus*, *Salix* e l'estinto *Trigonobalanopsis*. Alcuni taxa si ritrovano oggi distribuiti al di fuori dell'Europa, per esempio le Magnoliaceae, che vivono nell'Asia orientale e in America centro-settentrionale, oppure *Parrotia* (Iran settentrionale e Cina), *Pterocarya* (Caucaso, Est Asia), *Carya* e *Liquidambar* (Nordamerica e Asia).

<sup>1</sup> Massimo esperto di tassonomia dei reperti fogliari del Neogene europeo, scomparso nel 2020 a causa della pandemia Covid-19; la scomparsa di Z. Kvaček ha lasciato davvero un gran vuoto, visto che i paleobotanici con competenze specifiche per l'identificazione di tipi fogliari del Neogene europeo sono attualmente in numero esiguo, nonché in sovraccarico di lavoro. A ciò si aggiunga che, data la scarsità di metodi oggettivi di analisi, l'esperienza personale fa assolutamente la differenza per quanto riguarda l'affidabilità e la correttezza nell'identificazione delle filliti del Neogene.

Per quanto riguarda le gimnosperme, in base alle informazioni fornite da Cavallo *et al.* (1986), Guglielmetto & Iguera (1994) e Kovar-Eder *et al.* (2006), si possono elencare tra i taxa più frequenti, nonché restituiti da vari siti: *Cryptomeria rhenana*, *Pinus* spp., *Sequoia abietina* (Cavallo *et al.*, 1986: fig. 54), *Taxodium dubium*, *Tetraclinis salicornioides* (Cavallo *et al.*, 1986: fig. 62), “*Thuja*” *saviana* (Cavallo *et al.*, 1986: fig. 65) e cf. *Tsuga/Pseudotsuga*. Un reperto particolar-

mente interessante, in quanto unico per il Neogene di tutto il Piemonte, è rappresentato da una foglia di *Ginkgo adiantoides* proveniente da Costigliole (Cavallo *et al.*, 1986: fig. 63).

L'insieme dei generi ancora viventi accertati indica una paleoflora di tipo subtropicale, con elevata diversità di forme legnose indicative di consorzi forestali sviluppati in condizioni climatiche decisamente umide. Analoghe caratteristiche sono state riscontrate in tutte le flore tardo-mioceniche sinora studiate in Europa, sommariamente trattate da Mai (1995a), e in particolare in quelle del Complesso Floristico “Likudi-Vegora” del Miocene finale sudeuropeo. Le associazioni di tale complesso risultano caratteristicamente dominate da piante decidue (*Fagus*, *Quercus*, *Alnus*), ma mostrano ancora un significativo grado di varietà e abbondanza delle forme “laurofille”, le quali avevano rivestito un ruolo ben più importante nelle precedenti fasi del Miocene.

Quattro associazioni a foglie albesi della prima fase della MSC (Scaparoni, Castagnito, Monticello, Piobesi) sono state analizzate nell'ambito della tesi di laurea di Elena Tarabra, discussa nel 2000, per quanto riguarda la ricostruzione di parametri paleoclimatici basata sulla fisionomia fogliare. I risultati della ricerca sono stati validati da una successiva analisi più approfondita (Martinetto *et al.*, 2007), che ha però trascurato l'associazione di Piobesi e ha fornito un quadro complessivo dei risultati che potrebbe risultare di non facile comprensione. Pertanto, si ripropongono in questa sede due grafici semplificati (fig. 12), che riportano i valori di alcuni parametri paleoclimatici relativi alle quattro associazioni del Messiniano albese e di un quinto insieme artificiale, indicato con il nome “Alba”, derivante dalla somma di tutte le quattro associazioni. Sono state utilizzate diverse equazioni (Gregory & Macintosh, 1996; Wiemann *et al.*, 1998; Wing & Greenwood, 1993), tuttavia i valori stimati di temperatura media annuale (MAT) non hanno mostrato ampi scostamenti (fig. 12). Si deve sottolineare, però, che le associazioni di Monticello e Piobesi, dato lo scarso numero di specie accertate (risp. 20 e 10), potrebbero aver fornito risultati poco significativi. I valori delle precipitazioni medie annuali (MAP) risultano maggiormente discordanti e imprecisi, sia a causa di una minore relazione tra i caratteri morfologici fogliari e le precipitazioni stesse sia perché tutti i caratteri utilizzati sono legati alla morfologia e dimensione delle lamine che, in molti casi, sono conservate in modo frammentario. Tali valori risultano inol-

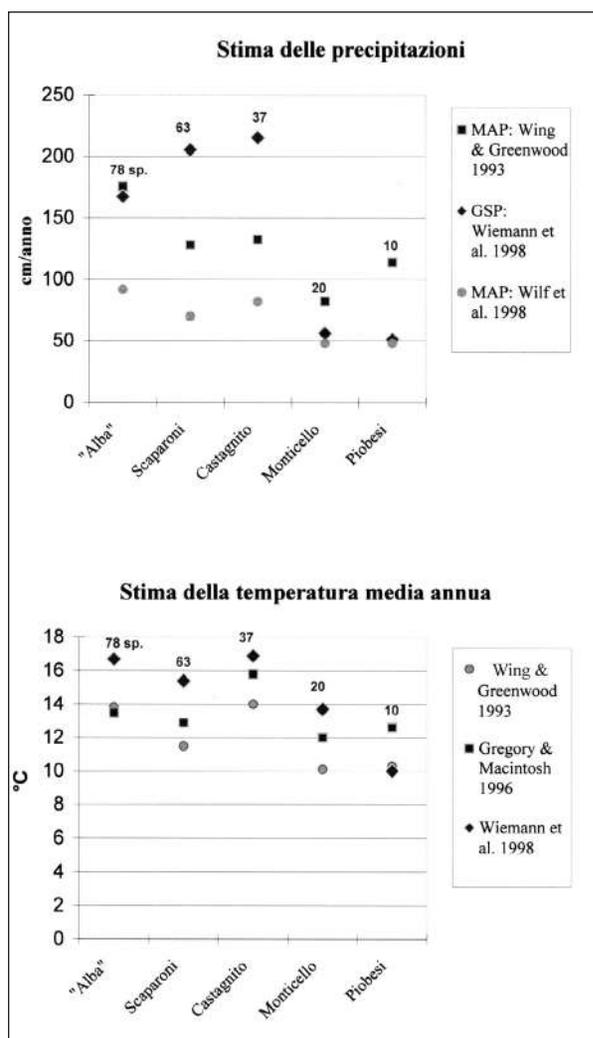


Fig. 12 - Stima delle precipitazioni e temperature di quattro associazioni a foglie fossili del Messiniano albese in base alle caratteristiche fisionomiche illustrate da Martinetto *et al.* (2007b). “Alba” si riferisce all’analisi condotta sull’insieme delle quattro associazioni.

Fig. 12 - Estimation of precipitation and temperatures of four leaf-assemblages of the Albese Messinian, based on the physiognomic characteristics illustrated by Martinetto *et al.* (2007b). “Alba” refers to the analysis conducted on the four assemblages as a whole.

tre sottostimati in quanto la morfologia della lamina evidenzia solo le precipitazioni che si hanno durante la stagione vegetativa; per questo motivo è preferibile stimare il parametro “precipitazioni durante la stagione di crescita” (*Growing Season Precipitation* = GSP). In base alle equazioni di Wiemann *et al.* (1998), ritenute maggiormente affidabili, la temperatura media annua dei siti messiniani che hanno restituito più di 20 taxa è stata stimata tra i 15,5 e i 17,3 °C, con un errore di calcolo di  $\pm 2$  °C e un errore dovuto al campionamento di  $\pm 1,75$  °C, mentre i valori di GSP stimata variano tra 1.655 e 2.121 mm/anno, con un errore di  $\pm 300$  mm.

In sintesi, il paleoclima ricostruito è di tipo subtropicale molto umido nella stagione di crescita e, alla luce di questo e di altri studi paleobotanici (Massalongo & Scarabelli, 1859; Berger, 1958). Il Bacino Padano-Adriatico potrebbe, piuttosto, aver risentito di un deficit idrico esistente in aree più meridionali.

## 7. Altre località della prima fase della MSC

In occasione di studi stratigrafici sono stati recuperati alcuni esemplari di resti vegetali macroscopici da siti che risulterebbero di interesse per ulteriori indagini paleobotaniche. La sezione di Arnulfi ha fornito pochissimi esemplari (MGPT), ma concentrati in volumi di sedimento così scarsi da far ritenere che ulteriori ricerche potrebbero fornire materiali più abbondanti. Nella parte della già citata sezione di Pollenzo, che è riferibile alla prima fase della MSC, sono stati osservati, nel corso di numerose visite, dei clasti riconducibili a strati affioranti che mostravano superfici completamente ricoperte da foglie compresse (alcuni esemplari sono stati introdotti nelle collezioni del MGPT).

Situazioni simili sono state osservate nella sezione di Govone-Lago Ario, dove campionamenti preliminari (esemplari conservati presso MGPT e MPTA) hanno già evidenziato una ricca associazione di resti fogliari messiniani (fig. 13), soprattutto provenienti dallo “strato Damarco” (Cimino *et al.*, 2016; Martinetto *et al.*, 2022). In occasione di questo lavoro sono stati reperiti al MPTA alcuni nuovi esemplari di forme già note per questo deposito (fig. 13a-c, e-g), ma anche di taxa incerti, come cf. *Visnea* (fig. 13i), o inediti, come *Podocarpium podocarpum* (fig. 13d), *Acer integerrimum* (fig. 13h) e *Quercus mediterranea* (fig. 13k). Un nuovo esemplare con base auricolata illustra meglio la variabilità fogliare di *Engelhardia orsbergensis* (fig. 13j), già

segnalata da Martinetto *et al.* (2022). Queste novità dimostrano che ulteriori ricerche potrebbero agevolmente incrementare la diversità conosciuta relativamente all’associazione a foglie dello “strato Damarco”.

Infine, numerosi esemplari di foglie fossili, da riferire con ogni probabilità alla prima fase della MSC, sono conservati presso il Museo Civico Craveri di Bra (fig. 14) e furono descritti da Peola (1895) come testimonianze della flora pliocenica. Appaiono molto simili ai predetti esemplari, ma in migliore stato di conservazione, anche alcune compressioni di foglie etichettate come “Galleria dell’Isorella” (sito nei pressi di Cherasco in cui affiorano depositi della prima fase della MSC), che giacevano nelle collezioni universitarie di Palazzo Carignano (ora nella collezione MRSN). Recenti osservazioni in corso di elaborazione suggeriscono che possa essere riferita alla MSC anche la paleoflora di Pavone d’Alessandria descritta da Peola (1900) e attribuita all’Oligocene. Anche se l’autore elencava ben 78 specie, il materiale era mal conservato, è stato figurato soltanto attraverso pochi disegni schematici (Peola, inedito) e non è più disponibile, pertanto da esso non si può più ricavare alcuna informazione.

## Terza fase della Crisi di Salinità del Messiniano (intervallo post-evaporitico)

Pochi siti della Formazione di Cassano Spinola, attribuita alla terza fase della MSC (Dela Pierre *et al.*, 2016), hanno restituito fossili di vegetali di qualche interesse. Nessuno di essi si trova nel settore Monferrato-Collina di Torino, bensì sono concentrati nei settori albese (Corneliano d’Alba, Pollenzo: Kovar-Eder *et al.*, 2007; Niccolini *et al.*, 2022) e tortonese (Sachse, 2001). Le principali informazioni relative a queste paleoflore sono riportate da Niccolini *et al.* (2022).

Il sito che ha restituito il maggior numero di esemplari di macrofossili di vegetali e l’elenco più esteso di taxa è la sezione composta di Corneliano d’Alba (Ciabot Cagna e Sioneri: campioni presso CCN, MCEA, MGPT e Museo Geologico Federico Sacco di Fossano). Oltre ad aver restituito alcune entità non riscontrate in altri siti, come *Vitex* sp., il giacimento di Corneliano d’Alba è singolare per l’assenza dei taxa legati a una maggiore umidità atmosferica (per es. *Fagus*), tanto che è stata suggerita la possibilità che la paleovegetazione corrispondesse a una foresta subumida di tipo subtropicale (Kovar-Eder *et al.*, 2007).

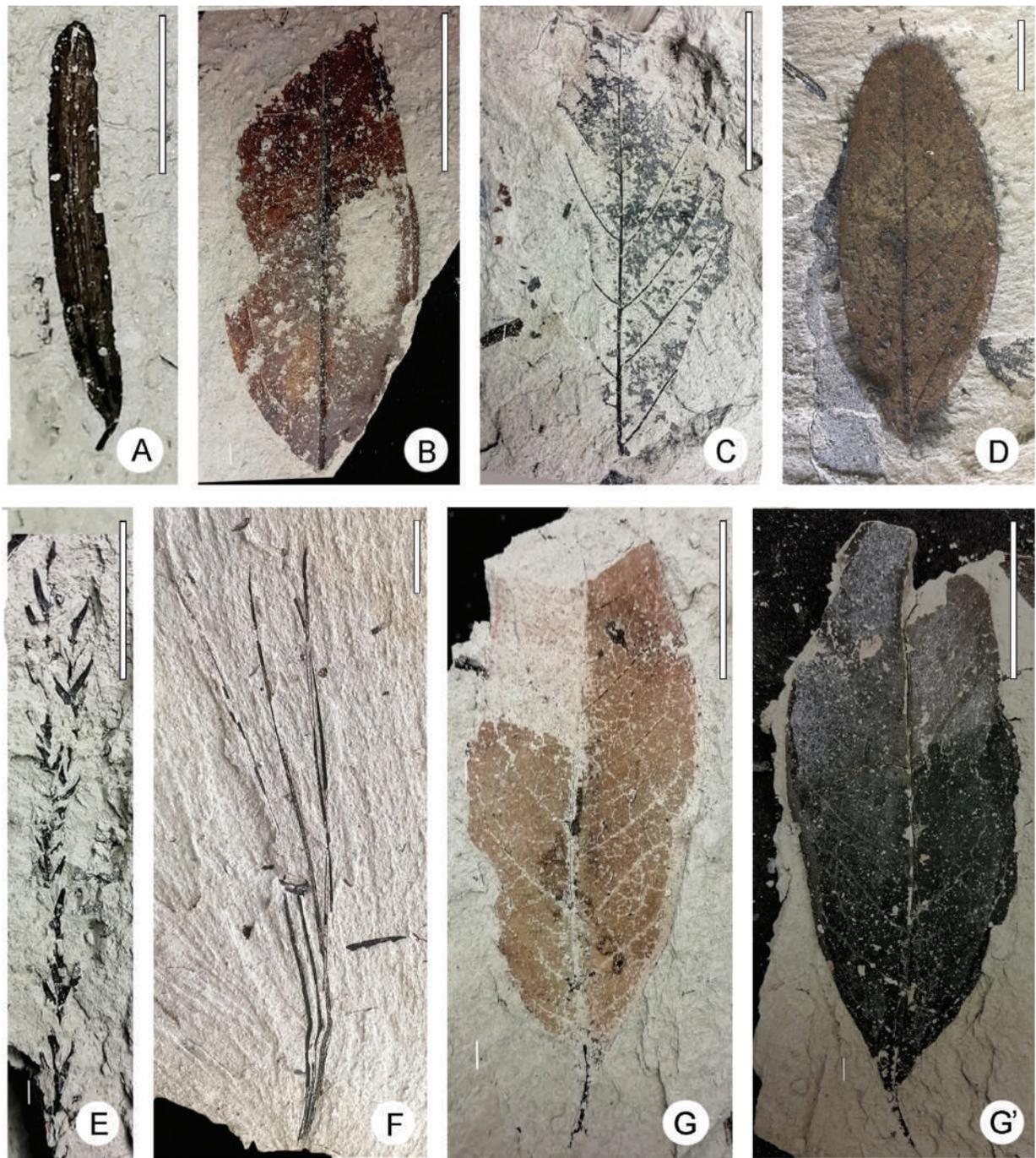


Fig. 13, parte 1 - Esempi di macrofossili di vegetali della prima fase della MSC di Govone-Lago Ario, strato "Damarco". A: cf. *Tsuga/Pseudotsuga*, foglia aghiforme, MPTA-13399; B: cf. *Laurophyllum pseudoprinceps*, MPTA-13390; C: frammento di foglia indeterminata che potrebbe appartenere a *Platanus leucophylla*, MPTA-13391; D: *Podocarpium podocarpum*, fogliolina, MPTA-13422; E: *Cryptomeria cf. rhenana*, rametto compresso, MPTA-13398; F: fascio di cinque foglie aghiformi di *Pinus palaeostrobis*, MPTA-13423; G-G': *Laurophyllum* sp., foglia compressa in cui la conservazione della cuticola è evidenziata da una lieve iridescenza, MPTA-13394 e 13395.

Fig. 13, part 1 - Examples of plant macrofossils from the first phase of the MSC at Govone-Lago Ario, "Damarco" layer. A: cf. *Tsuga/Pseudotsuga*, needle-leaf, MPTA-13399; B: cf. *Laurophyllum pseudoprinceps*, MPTA-13390; C: fragment of a indeterminate leaf, which could belong to *Platanus leucophylla*, MPTA-13391; D: *Podocarpium podocarpum*, leaflet, MPTA-13422; E: *Cryptomeria cf. rhenana*, compressed shoot, MPTA-13398; F: whorl of five needle-leaves of *Pinus palaeostrobis*, MPTA-13423; G-G': *Laurophyllum* sp., compressed leaf in which the conservation of the cuticle is highlighted by a slight iridescence, MPTA-13394 e 13395.



Fig. 13, parte 2 - Altri macrofossili vegetali della prima fase della MSC di Govone-Lago Ario, strato "Damarco". H: *Acer integerrimum*, MPTA-13424; I: cf. *Visnea*, determinazione suggerita dall'esame di foglie attuali e dal ritrovamento di un frutto fossile di *Visnea* in questa località (Martinetto *et al.*, 2022), MPTA-13392; J: *Engelhardia orsbergensis*, MPTA-13425; K: cf. *Quercus mediterranea*, MPTA-13426.

Fig. 13, part 2 - Other plant macrofossils of the first MSC phase from Govone-Lago Ario, "Damarco" layer. H: *Acer integerrimum*, MPTA-13424; I: cf. *Visnea*, a determination suggested by the examination of extant leaves and the discovery of a fossil fruit of *Visnea* in this locality (Martinetto *et al.*, 2022), MPTA-13392; J: *Engelhardia orsbergensis*, MPTA-13425; K: cf. *Quercus mediterranea*, MPTA-13426.



Fig. 14 - Impronta di foglia della collezione Craveri (MCCB-04273) con tracce di sostanza organica (nervature), conservata su marna laminata grigio-azzurra, che Peola (1895) riferì al Pliocene. Tuttavia, sembra piuttosto riferibile a sedimenti della prima fase della MSC portati alla luce tramite scavi profondi, possibilmente in occasione della realizzazione di un tracciato ferroviario nel 1864 (gli stessi sedimenti in superficie, e anche in profondità sui fianchi della valle, hanno colore beige per ossidazione). In alto a destra è riportata un'etichetta manoscritta che commenta le differenze delle nervature tra la foglia fossile e il genere "Salisburia" (= *Ginkgo*: in basso a destra nell'immagine una foglia attuale abbinata al campione fossile), a

cui era stata attribuita in Peola (1895), anche se lo stesso autore in un secondo momento rifiutò questa determinazione (Peola, inedito). L'intreccio anastomosato delle nervature e il contorno della foglia coincidono, invece, con quelli della metà basale di una foglia di *Hedera*, di cui sono disponibili esemplari completi della prima fase della MSC nella collezione MCEA (fig. 11h). Una foglia del Miocene Superiore della Grecia, assegnata a *Hedera multinervis* da Kvaček et al. (2002), appare estremamente simile. Scala 1 cm.

Fig. 14 - Leaf impression from the Craveri collection (MCCB-04273) with traces of organic matter (veins), preserved on gray-blue laminated marl, which Peola (1895) referred to the Pliocene. However, it seems rather referable to sediments of the first phase of the MSC, brought to light through deep excavations, possibly on the occasion of the construction of a railway line in 1864 (the same sediments on the surface, and also in depth on the sides of the valley, have a beige color by oxidation). At the top right there is a handwritten label commenting on the differences in the veins between the fossil leaf and the genus "Salisburia" (= *Ginkgo*: an extant leaf of which was associated to the fossil specimen, bottom right of the image), to which it was attributed in Peola (1895). The anastomosed network of the ribs and the outline of the leaf coincide, however, with those of the basal half of a leaf of *Hedera*, of which complete specimens from sediments of the first phase of the MSC are available in the MCEA collection (fig. 11h). An Upper Miocene leaf from Greece assigned to *Hedera multinervis* by Kvaček et al. (2002) appears extremely similar. Scale bar 1 cm.

### Zanclano marino

Pochi resti fogliari provengono dalle Argille Azzurre, le quali, tuttavia, hanno spesso mostrato di conservare alcune compressioni o impronte di foglie, un po' più frequenti nella zona di Madonna di Mombirone (Canale d'Alba) (fig. 16b-g), ma altrove solo occasionali. Per esempio, qualche raro resto è citato in Caleca & Martinetto (in stampa). Queste foglie forniscono poche informazioni sulle caratteristiche della paleoflora, quali la tendenza alla prevalenza di foglie laurofille. Altri fossili macroscopici di vegetali, pur sempre occasionali, ma osservati in un maggior numero di siti (Breolungi, Cassine, Cherasco, Chieri, Crava di Morozzo, Rocche dei Perosini) sono rappresentati da compressioni car-

bonificate di strobili di *Pinus* (fig. 16a). Questi fossili sono ricchi di pirite e difficilmente conservabili (se non isolati dall'umidità), come dimostrato da due esemplari analoghi, raccolti presso Bra dai fratelli Craveri, che risultavano già malconci ai tempi dello studio di Peola (1895) e che oggi si presentano come un ammasso pulverulento.

Un quadro paleofloristico ben più completo e interessante è stato fornito dalla ricca associazione carpologica delle Argille Azzurre "A" di Pocapaglia (recuperata grazie a considerevoli sforzi di uno di noi, O.C.), accompagnata dalle più povere associazioni di Breolungi, Canale d'Alba, Cherasco e Crava di Morozzo, illustrate da Cavallo & Martinetto (1996) e Martinetto et al. (2015).

I sedimenti pliocenici del Roero con preva-



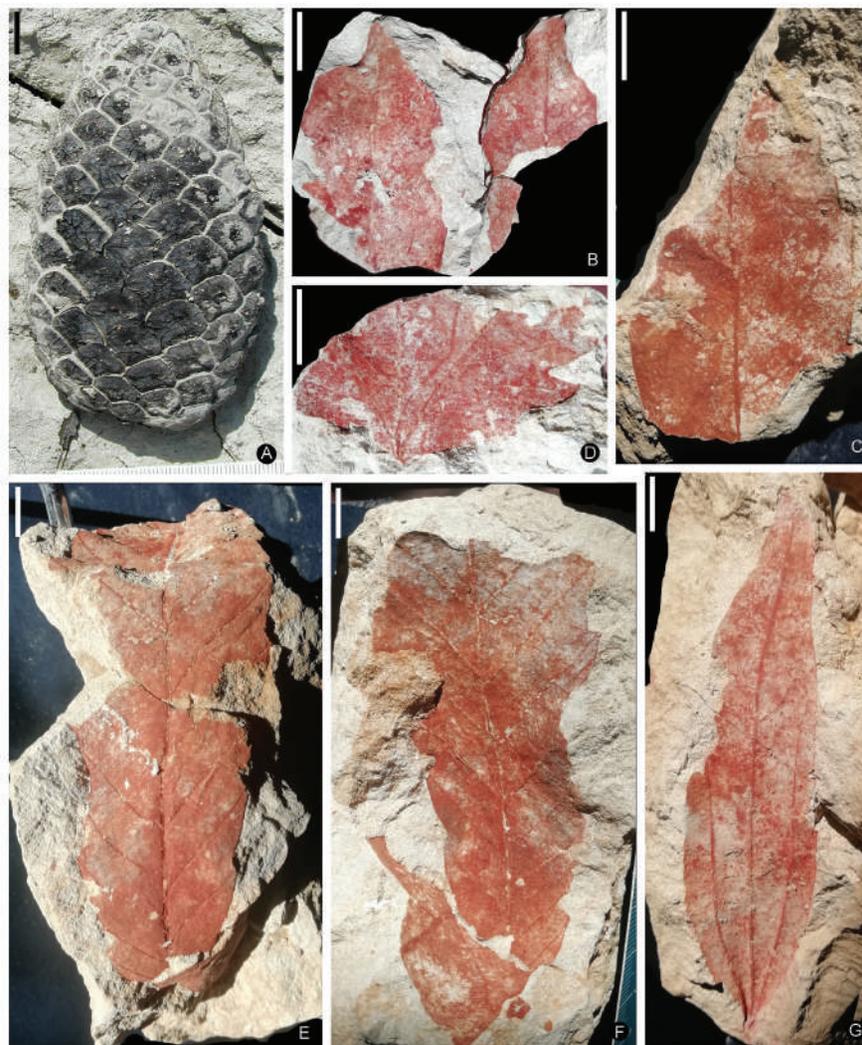


Fig. 16 - A: strobilo compresso di *Pinus cf. salinarum* fotografato da G. Accornero nell'affioramento della Formazione delle Argille Azzurre (unità "B") di Rocche dei Perosini, 10 km a SW di Asti. B-G: impronte frammentarie di foglie nei sedimenti della Formazione delle Argille Azzurre (unità "A") di Canale d'Alba-Madonna di Mombirone. B: *Quercus mediterranea* vel *Q. drymeja* (MCEA-P05310); C: *Quercus drymeja* (MCEA-P05311); D: *Platanus leucophylla* (MCEA-P05312); E-F: *Quercus cf. gigas* (MCEA-P05313 e P05314), lamina fogliare completa con la parte apicale accartocciata all'interno del sedimento; anche l'altro lembo fogliare visibile nella parte bassa di Fig. 16f appare caoticamente disposto nel sedimento e mostra dei dentelli irregolari (non visibili nella foto) che, insieme a tutti gli altri caratteri osservati, concordano con quelli di esemplari di *Q. drymeja* illustrati da Denk *et al.* (2017b). Nel lavoro citato si evidenzia che non è possibile distinguere le piccole foglie *Q. drymeja* da quelle attribuibili a *Q. mediterranea*, pertanto non è da escludere che l'esemplare di Fig. 16b possa in effetti essere conspecifico con quello di Fig. 16c, che mostra un dentello (freccia) diagnostico per *Q. drymeja*; G: *Daphnogene polymorpha* (MCEA-P05315). Le filliti si trovavano all'interno di uno strato sabbioso prossimo al passaggio con le sovrastanti Sabbie di Asti "A". Scala 1 cm.

Fig. 16 - A: compressed cone of *Pinus cf. salinarum*, Argille Azzurre Fm. (unit "B") of Rocche dei Perosini, 10 km SW of Asti (photo G. Accornero). B-G: fragmentary impressions of leaves from the Argille Azzurre Formation (unit "A") of Canale d'Alba-Madonna di Mombirone; see the Italian text for taxonomy and catalogue numbers. Fig. 16e shows clearly a complete leaf lamina with the apical part curled up inside the sediment and also the other leaf fragment visible in the lower part of Fig. 16f appears chaotically arranged in the sediment and shows an irregular tooth (not visible in the photo) which, together with all the other visible characters, agrees with those of specimens of *Q. drymeja* illustrated by Denk *et al.* (2017b). The cited work highlights that it is not possible to distinguish the small leaves *Q. drymeja* from those of *Q. mediterranea*, therefore it cannot be ruled out that the specimen of Fig. 16b may actually be conspecific with that of Fig. 16c, showing a tooth (arrow) which is diagnostic for *Q. drymeja*. The leaves were found within a sandy layer close to the transition to the overlying Asti Sands "A". Scale bar 1 cm.



Fig. 17 - Impronte di foglie della collezione Craveri (MCCB) che, in base alle caratteristiche del sedimento inglobante, si possono attribuire alla principale località fillitifica campionata dai fratelli Craveri, ossia lo scavo per il tunnel ferroviario presso “la cappella detta di S. Giovanni Lontano” (Peola, 1895), sito in cui Piana *et al.* (2017) indicano l’affioramento di Sabbie di Asti “A”. Tutti gli esemplari sono riferibili a *Daphnogene polymorpha* e mostrano l’ampia variabilità intraspecifica della morfologia fogliare. Come spiegato da Kvaček *et al.* (2002) la morfologia fogliare non consente l’attribuzione a uno specifico genere botanico vivente, ma l’associazione con tipici frutti di *Cinnamomum* in alcuni siti fossiliferi o bacini sedimentari (anche in Piemonte: Macaluso *et al.*, 2018) suggerisce che almeno parte delle foglie riferite a *D. polymorpha* provenissero da piante riferibili a questo genere.

Fig. 17 - Leaf impressions from the Craveri collection (MCCB) which, based on the characteristics of the surrounding sediment, can be attributed to the main leaf-bearing locality sampled by the Craveri brothers, i.e. the excavation for the railway tunnel at “the chapel of San Giovanni Lontano” (Peola, 1895). All the specimens are referable to *Daphnogene polymorpha* and show the broad intraspecific variability of the leaf morphology. As explained by Kvaček *et al.* (2002), the leaf morphology does not allow the attribution to a specific living botanical genus, but the association with typical *Cinnamomum* fruits in some fossil sites or sedimentary basins (also in Piemonte: Macaluso *et al.*, 2018) suggests that at least part of the leaves referring to *D. polymorpha* came from plants referable to this genus.

## 8. La “flora fossile braidese” del Pliocene

Strati con lo stesso aspetto affiorano oggi, per esempio, nella porzione del Messiniano evaporitico della sezione di Pollenzo (Lozar *et al.*, 2010; Dela Pierre *et al.*, 2016), che ai tempi dei Craveri e del Peola non era ancora esposta. Peola (1895) probabilmente ricavò notizie sul luogo di ritrovamento degli esemplari solo dal “manoscritto che Federico Craveri faceva precedere al Catalogo delle Filliti”. Ne consegue che l’autore, constatando la prevalenza di materiale pliocenico nella collezione Craveri e conoscendo l’abbondanza di peliti bluastre nella parte inferiore della locale successione pliocenica, ne abbia ipotizzato la provenienza da quell’intervallo stratigrafico. Viceversa, in base alle attuali conoscenze sulle caratteristiche dei sedimenti messiniani “bluastri” e alle note manoscritte dei Craveri, riportate da Peola (1895), se ne potrebbe ipotizzare la provenienza da scavi in sedimenti messiniani incontrati lungo il tracciato ferroviario tra Bra e Santa Vittoria.

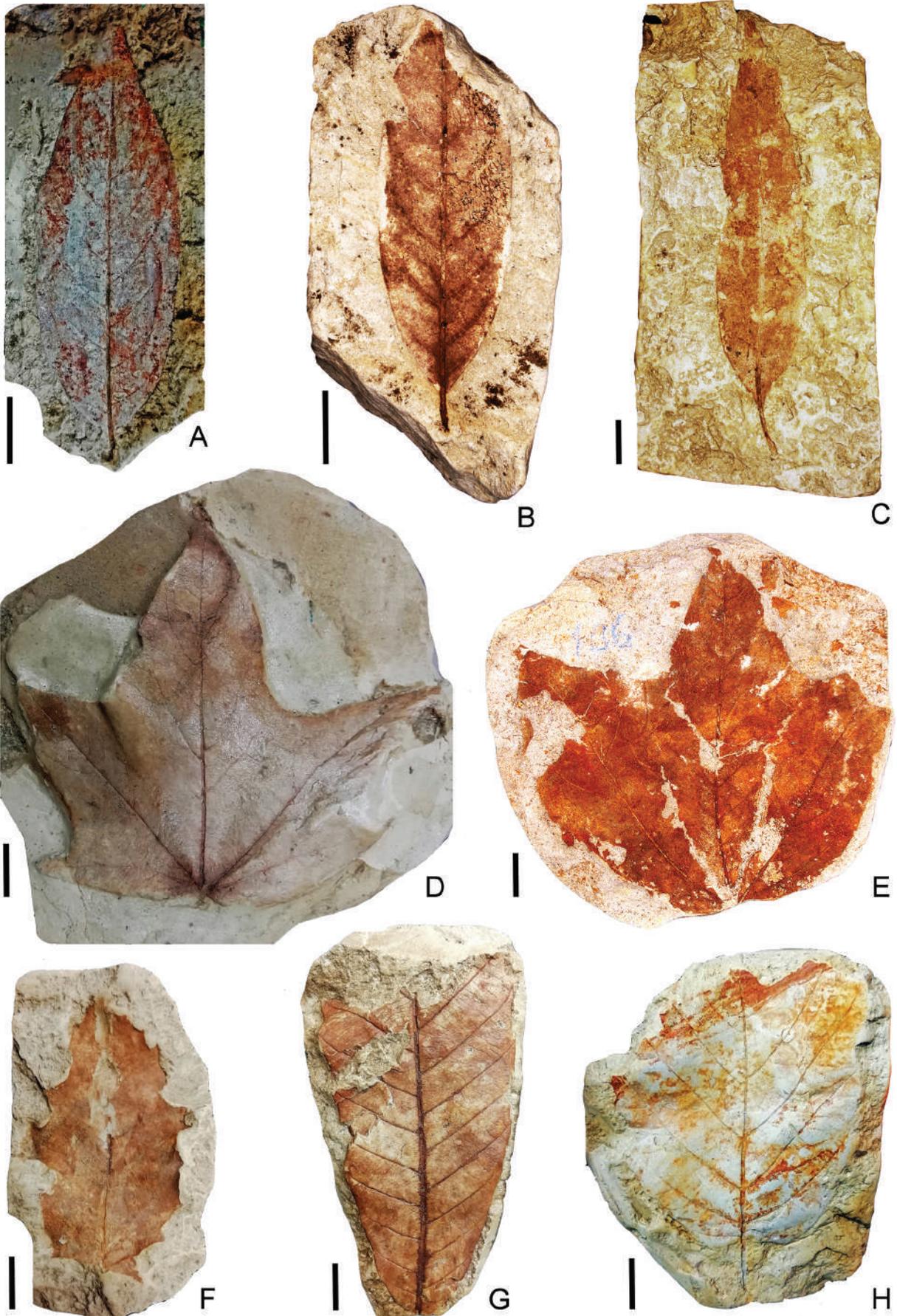
La ricca collezione di foglie fossili di Bra risulta quindi significativa per trarre informazioni sulla paleoflora pliocenica locale solo se si concentra lo studio sui campioni di sedimento arenaceo, più o meno siltoso e di colore giallastro, provenienti in massima parte da un singolo scavo operato nel 1864 per realizzare il tunnel ferroviario presso “la cappella detta di S. Gio-

vanni Lontano” (Peola, 1895). Per quanto è noto, solo pochi esemplari, confusi con i precedenti, provenivano da un altro scavo distante 200 m (“nobile casa Baldi”). Questi sedimenti sabbiosi sono marini e riferibili alle “Sabbie di Asti A” di Ghielmi *et al.* (2019), come dimostra la presenza di un dermascheletro di echinoide irregolare associato a diverse impronte di foglie in un voluminoso campione di sedimento. Dopo aver scorporato gli esemplari probabilmente messiniani, le impronte di foglie che documentano la paleoflora pliocenica di Bra ammontano ancora a circa 500 esemplari (fig. 17).

Alla luce del progresso nella conoscenza della paleoflora neogenica europea e anche di quella piemontese, le interpretazioni sistematiche di Peola (1895) si possono confermare solo in rari casi, tanto che delle 183 specie citate se ne possono al massimo confermare una decina. Molto spesso le foglie vanno attribuite a specie fossili e/o generi botanici diversi da quelli indicati dall’autore. La paleoflora pliocenica braidese risultante dalla nostra revisione preliminare appare dominata da foglie coriacee con margine intero di angiosperme legnose, in prevalenza sempreverdi, assegnabili (in ordine di frequenza decrescente) a *Laurophyllum* spp., *Ocotea heeri*, *Daphnogene polymorpha* (fig. 17), *Trigonobalanopsis rhamnoides* (fig. 18a-b), *Quercus drymeja* (fig. 18c), *Q. mediterranea* (fig. 18f), *Laurophyllum* cf. *pseudoprinceps*. Le forme probabilmente

Fig. 18 - Selezione di alcuni dei taxa di impronte di foglie più caratteristici della collezione Craveri (MCCB). In base alle caratteristiche del sedimento inglobante si possono tutti attribuire alla principale località fillitifera campionata dai fratelli Craveri, ossia lo scavo per il tunnel ferroviario presso “la cappella detta di S. Giovanni Lontano” (Peola, 1895). A, B: *Trigonobalanopsis rhamnoides*, foglie a margine intero con nervi di secondo ordine arcuati e attenuati verso il margine, MCCB-03729 e 03730; C: *Quercus drymeja*, si veda Denk *et al.* (2017b) per i caratteri diagnostici, MCCB-03731; D: *Acer integerrimum*, MCCB-03732; E: *Acer* cf. *integerrimum*, MCCB-03736; F: *Quercus mediterranea*, MCCB-03737; G: *Quercus gigas*, MCCB-03738, identificazione suggerita dall’ipotesi che si tratti di una varietà fogliare con lobi meno pronunciati del solito (vedi fig. 7), come l’esemplare figurato da Kvaček *et al.* (2002: pl. 11, fig. 9); è una forma difficilmente distinguibile da *Q. kubinyi* (si veda fig. 10-44) ed è anche simile a un esemplare del Valdarno attribuito da Fisher & Butzmann (2006: fig. 3/8) a *Q. pseudocastanea*; H: *Alnus ducalis*, foglia con dimensioni e con rapporto larghezza/lunghezza maggiori rispetto alla media della specie, MCCB-03739.

Fig. 18 - Selection of some of the most characteristic leaf taxa from the Craveri collection (MCCB). Based on the characteristics of the embedding sediment, they can all be attributed to the main leaf-bearing locality sampled by the Craveri brothers, i.e. the excavation for the railway tunnel at “the chapel known as S. Giovanni Lontano” (Peola, 1895). A, B: *Trigonobalanopsis rhamnoides*, entire-margined leaves with second-order veins arched and attenuated towards the margin MCCB-03729 e 03730; C: *Quercus drymeja*, see Denk *et al.* (2017b) for diagnostic characters, MCCB-03731; D: *Acer integerrimum*, MCCB-03732; E: *Acer* cf. *integerrimum*, MCCB-03736; F: *Quercus mediterranea*, MCCB-03737; G: *Quercus gigas*, MCCB-03738, identification suggested by the hypothesis that this is a leaf variety with less conspicuous lobes than average (see fig. 7), similar to the specimen figured by Kvaček *et al.* (2002: pl. 11, fig. 9); it’s a form that is difficult to distinguish from *Q. kubinyi* (see fig. 10-44) and is also similar to a specimen from the Valdarno assigned by Fisher & Butzmann (2006: fig. 3/8) to *Q. pseudocastanea*; H: *Alnus ducalis*, leaf with dimensions and width/length ratio greater than the average of the species, MCCB-03739.



caducifoglie che risultano più frequenti sono *Alnus gaudinii* e *Platanus leucophylla*, specie fossili il cui originario ambiente di crescita è spesso indicato nei boschi ripariali. Meno frequenti, ma solidamente documentati, sono *Acer integerrimum* (fig. 18d e, forse, fig. 18e), *Alnus ducalis* (fig. 18h), *Liquidambar europaea*, cf. *Magnolia*, *Populus* spp., *Quercus* gr. *kubinyi* (fig. 18g), *Salix* spp., *Ulmus* cf. *affinis*, Hamamelidaceae e Juglandaceae indeterminate.

*Carpinus betulus* e *Quercus praecasteneifolia* sono rari e infine, pur essendo state citate da Peola, non risultano presenti foglie di *Betula*, *Fagus*, *Tilia* e *Zelkova*. Singole foglie hanno morfologia compatibile con *Fraxinus*, *Sideroxylon*, *Styrax*, *Symplocos* e *Vitis*, ma sono necessarie ulteriori verifiche. La maggior parte delle foglie di Bra rappresenta entità tassonomiche ben conosciute in diversi siti del Piemonte (Martinetto *et al.*, 2000; Caleca & Martinetto, in stampa), mentre le forme di incerta affinità tassonomica, non ancora determinate o potenzialmente indeterminabili, ammonzano al massimo al 20% degli esemplari.

### Depositi continentali o costieri dello Zancleano finale

La sintesi litostratigrafica di Ghielmi *et al.* (2019) individua una unità alluvionale-fluviale-deltizia denominata “Villafranchiano A”, attribuita allo Zancleano finale. Essa ha fornito ricche associazioni di fossili di vegetali terrestri, che comprendono frutti, semi, foglie e anche una foresta fossile, presso Fossano (Macaluso *et al.*, 2018: collezioni MGPT, CCN e Museo Geologico Federico Sacco di Fossano). Più scarsi reperti, soprattutto carpologici (collezione CCN), sono stati estratti da strati riferibili a un paleoambiente palustre a Crava di Morozzo (Martinetto, 1996). I taxa documentati da frutti e semi in questi depositi continentali sono quasi tutti in comune con quelli ritrovati nelle Argille Azzurre e nelle ricche associazioni zancleano del Piemonte settentrionale (Basilici *et al.*, 1997; Martinetto *et al.*, 2018).

Alcuni resti fogliari, osservati in occasione dell’escursione interdisciplinare del Corso di Laurea in Scienze Naturali (Università di Torino) nell’anno 2021, sono stati recentemente recuperati in frammenti rocciosi staccatisi da una lente di sabbie limose all’interno delle sabbie grossolane a stratificazione incrociata che affiorano presso la Rocca dell’Eremita di Pocapaglia (fig. 19). Le entità sinora identificate sono: *Daphnogene polymorpha*, cf. *Alnus gaudinii* (base), *Liqui-*

*dambar europaea*, *Platanus* cf. *leucophylla*, cf. *Pterocarya paradisiaca* e *Ulmus* sp. (collezione MCCB: Caleca & Martinetto, in stampa).

Potrebbero forse essere di età tardo-zancleana anche i depositi appartenenti ad un’unità litologica che si trova in posizione stratigrafica simile al “Villafranchiano A”, che affiorano molto ad est di Pocapaglia, in località Cortiglione d’Asti-Cascina Serralunga, studiati nell’ambito della tesi di laurea di Milva Milano, discussa nel 2018.

La ricca paleoflora di Fossano fornisce le stesse indicazioni sul paleoclima (subtropicale umido) e la paleovegetazione, precedentemente descritte per la paleoflora (carpologica) di Pocapaglia. Gli altri siti non forniscono indicazioni contrastanti.

### 9. Cortiglione d’Asti-Cascina Serralunga

L’associazione è documentata da una cinquantina di reperti di foglie fossili (materiale sinora inedito, conservato al MGPT e MPTA), recuperati in emergenza da un affioramento poi scomparso all’inizio del ventunesimo secolo. La composizione tassonomica e la fisionomia fogliare risultano in qualche modo simili quelle della paleoflora pliocenica braidese, per la prevalenza di foglie coriacee con margine intero di angiosperme legnose, possibilmente sempreverdi, assegnabili (in ordine di frequenza decrescente) a *Laurophyllum* spp., *Quercus drymeja*, *Trigonobalanopsis rhamnoides*, *Q. mediterranea*, *Daphnogene polymorpha* e *Ocotea heeri*. Le forme probabilmente caducifoglie sono rare: *Alnus cecropiifolia*, *A. gaudinii*, *Platanus leucophylla* e *Pterocarya paradisiaca* (boschi ripariali). Sono anche documentati *Acer*, *Berchemia multinervis*, *Engelhardia orsbergensis* e *Viscum* cf. *morlotii*. I taxa accertati danno buone indicazioni per un paleoclima e una paleovegetazione di tipo subtropicale umido.

### Piacenziano (e possibile tardo Zancleano)

Un solo sito riferibile alle Argille Azzurre “B” di Ghielmi *et al.* (2019) ha restituito un buon numero di foglie fossili: Castagnole Monferrato (Martinetto, 2003). Sia le Argille Azzurre “B” sia i depositi inferiori delle Sabbie di Asti “B” di Ghielmi *et al.* (2019), nei dintorni di Asti possono ricadere cronologicamente tra la fine dello Zancleano e l’inizio del Piacenziano. I depositi sabbiosi hanno restituito solo poche impronte di foglie nei siti Baldichieri-Nord e Bal-

Fig. 19 - Sito Rocca dell'Eremita di Pocapaglia (foto Carlo Bertok). A: Affioramento di prevalenti sabbie ghiaiose del Pliocene (probabilmente Zancleano superiore) chiuse al tetto da una lente (cementata) di arenarie più fini che determina una superficie più resistente all'erosione alla sommità della "Rocca". B: Dettaglio della lente sommitale di arenarie più fini (freccia), la cui superficie, sovrapposta a sabbie ghiaiose con stratificazione incrociata. C: Documentazione di impronte di foglie su arenarie rossastre, affiorate per cause naturali (escursione interdisciplinare del Corso di Laurea in Scienze Naturali, anno 2021).

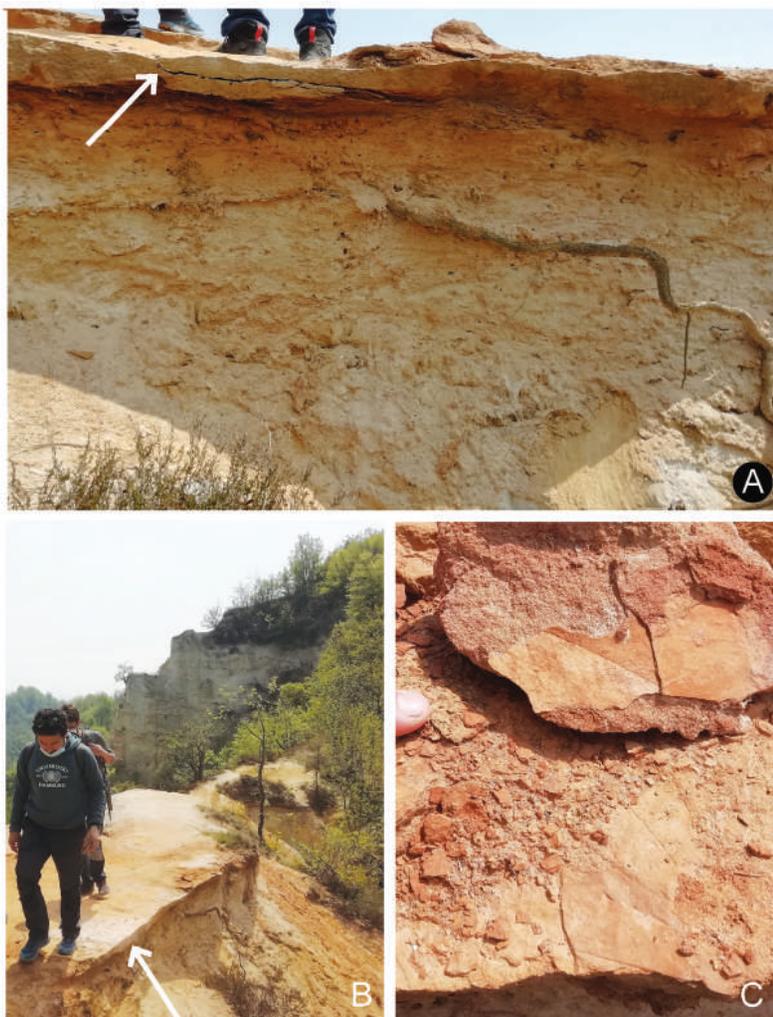


Fig. 19 - Rocca dell'Eremita of Pocapaglia site (photo Carlo Bertok). A: Outcrop of prevailing Pliocene gravely sands (probably upper Zanclean) closed at the top by a (cemented) lens of finer sandstone, which is more resistant to erosion. B: Detail of the top lens of finer sandstones (arrow) with the surface that yielded some fossil leaves, above gravely sands with cross-bedding. C: Leaf impressions on reddish sandstones, cropped out for natural causes (interdisciplinary excursion of the Degree Course in Natural Sciences, year 2021).

dichieri-Fornace (Martinetto, 2003) e Valle Botto (inedito). Gli strati superiori, di probabile età piacentiana, sono più ricchi di resti di vegetali terrestri, in quanto testimoni del passaggio a paleoambienti più costieri della Formazione delle Sabbie di Ferrere (Dela Pierre *et al.*, 2013, attribuite al "Villafranchiano B" da Ghielmi *et al.*, 2019). I siti che hanno restituito fossili di vegetali più interessanti sono citati ai seguenti punti 10 e 11.

#### 10. Depositi marini e di transizione del Pliocene astigiano

I depositi sabbiosi affioranti nei dintorni di Asti si sedimentarono in ambiente costiero durante il tardo Zancleano e/o la prima metà del Piacenziano (ca. 3,8-3,1 Ma) (Ghielmi *et al.*, 2019). Essi contengono, oltre ai ben noti resti di molluschi (Berzano *et al.*, 2021; Ferrero & Pavia, 1996; Frattini, 1990; Damarco, 2009), anche

sporadici resti di vegetali terrestri, foglie soprattutto. Questi ultimi risultano più abbondanti e meglio conservati laddove si registra il passaggio a facies tidali o deltizie, in cui sono più diffuse le intercalazioni pelitiche (per es. ad Arboschio e Valmanera). Una sintesi sulle principali località di affioramento di sedimenti con associazioni a fossili di vegetali terrestri è in fase di pubblicazione (Caleca & Martinetto, in stampa). Nell'ambito dei siti che si trovano a una distanza non maggiore di una decina di chilometri dalla città di Asti la composizione tassonomica della maggior parte delle associazioni fogliari sinora studiate è risultata piuttosto omogenea (Martinetto, 2003). Ciò si può in parte spiegare con il fatto che le condizioni favorevoli alla fossilizzazione delle foglie si verificarono in tale area durante un intervallo di tempo verosimilmente ristretto, corrispondente alla locale transizione paleoambientale da condizioni di mare basso a condizioni continentali. Si pos-

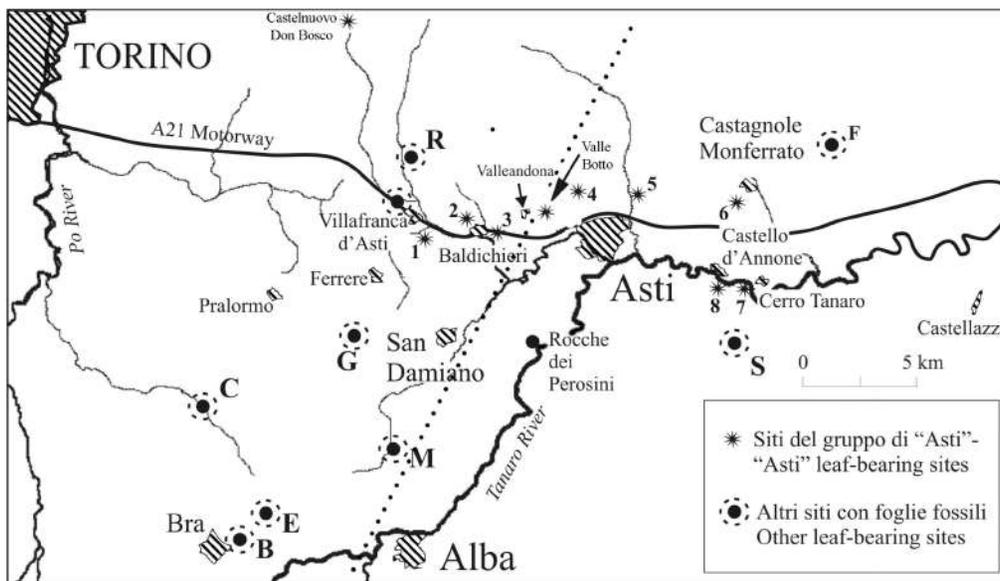


Fig. 20 - Ubicazione dei siti pliocenici con associazioni a foglie di piante terrestri nell’Astigiano e dintorni. 1, Arboschio e Cantarana; 2, Baldichieri-Nord; 3, Baldichieri-Fornace; 4, Valmanera; 5, Asti-Cascina Risso; 6, Castagnole Monferrato; 7, Cerro Tanaro; 8, Rocchetta Tanaro-Cascina Rapetto. B, Bra, sito in cui Peola (1896) descrisse una ricca associazione a foglie; C, Ceresole d’Alba; E, Pocapaglia-Rocca dell’Eremita; F, Fubine; G, Gherba; M, Canale d’Alba-Madonna di Mombirone; R, Roatto-Cascina Melona; S, Cortiglione d’Asti-Cascina Serralunga (C, G, R e Villafranca d’Asti: depositi continentali). Il sito Rocche dei Perosini ha restituito solo strobili di *Pinus* (fig. 16a). L’ubicazione dei siti pliocenici di Fossano e Pocapaglia è già stata mostrata in fig. 3. La linea punteggiata indica la traccia della sezione mostrata in Fig. 4a, che riguarda le successioni tardo-mioceniche.

Fig. 20 - Location of Pliocene sites with leaf assemblages of terrestrial plants in the Astigiano area and surroundings. See the Italian text for the explanation of sites. (C, G, R and Villafranca d’Asti: continental deposits). The Rocche dei Perosini site only yielded *Pinus* cones (fig. 16a). The location of the Fossano and Pocapaglia Pliocene sites has already been shown in fig. 3. The dotted line indicates the trace of the section shown in Fig. 4a, concerning the Late Miocene successions.

sono quindi trattare queste poche associazioni fossili come il risultato della documentazione allo stato fossile di una paleoflora collettiva di “Asti”, dominata da alberi decidui che formavano almeno due tipi di paleocomunità vegetali: foresta ripariale azonale e foresta mesofila zonale.

L’abbondanza di elementi ripariali testimonia un trasporto fluviale dei resti fogliari sino ai bassi fondali marini, probabilmente in occasione di intensi eventi di piena. La paleoflora di “Asti” fornisce anche una buona documentazione della fisionomia fogliare del “Complesso Floristico Stura”, precedentemente definito sulla base di associazioni a frutti e semi, in particolare quella della Foresta Fossile dello Stura di Lanzo (Martinetto, 1995; Martinetto *et al.*, 2007a). Tale complesso corrisponde a una fase in cui il Bacino Padano occidentale era coperto da foreste prevalentemente decidue ad alta diversità speci-

fica e spiccata affinità est-asiatica (comparabili alle attuali “Mixed Mesophytic Forests”). Questo tipo di vegetazione indicherebbe un clima subtropicale umido, con temperatura media annua intorno 13-14 °C (più fresco rispetto al clima riscontrato nello Zancleano) (Martinetto, 1996).

I principali siti in cui sono state campionate foglie fossili (tra parentesi la sigla degli istituti in cui sono conservate) sono: Arboschio parte bassa (decine di reperti al MGPT, pochi campioni al MCCB, MPTA, MRSN, Museo di Storia Naturale “Don Bosco” di Valsalice-Torino), Asti-Cascina Risso (MGPT), Baldichieri-Fornace (MGPT), Baldichieri-Nord (MGPT), Cantarana-Cimitero (MRSN), Castagnole Monferrato (MGPT), Cerro Tanaro (MGPT, MPTA), Rocchetta Tanaro-Cascina Rapetto (MGPT, MPTA) e Valmanera (MGPT, MPTA) (fig. 20). Inoltre, nell’Ottocento erano state campionate

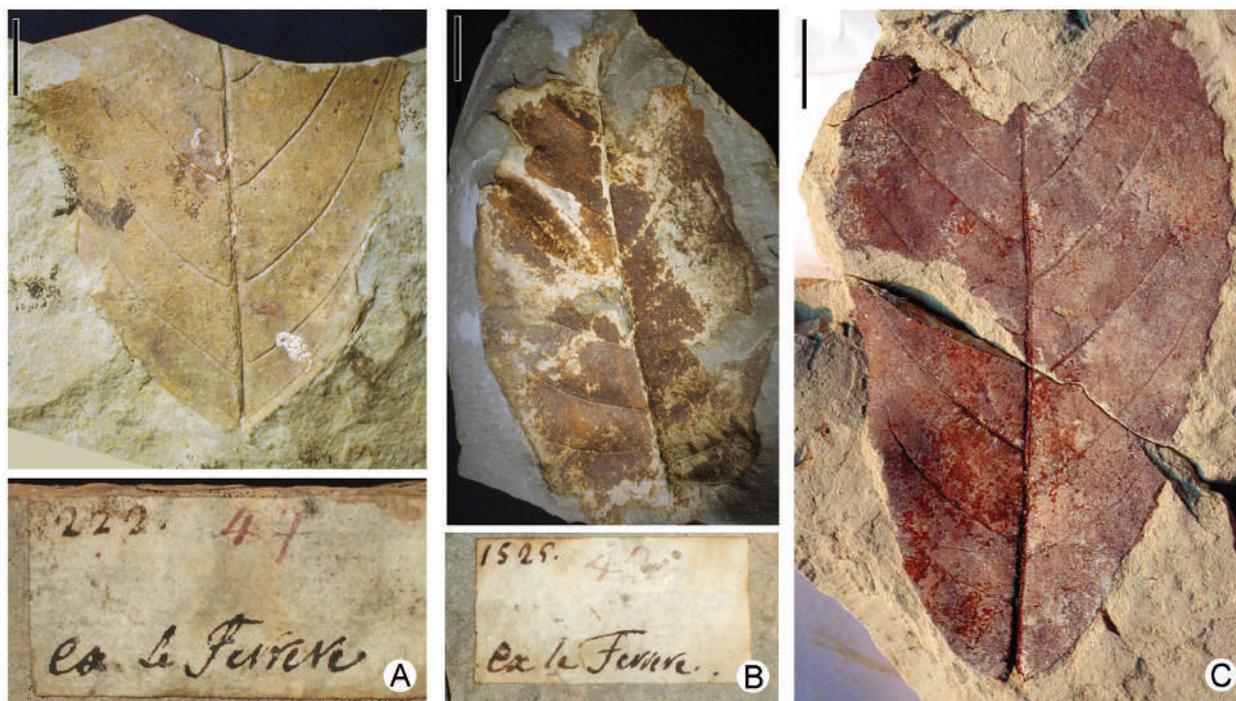


Fig. 21 - Resti fogliari riferibili ad *Alnus ducalis* del Pliocene dell'Astigiano. A, B: filliti frammentarie della collezione Allioni (Museo Geologico Sperimentale del C.A.I., Giaveno, rispettivamente MGSG-AC2653 e MGSG-AC0193) provenienti da Ferrere, accompagnate delle etichette originali; l'ipotetica assegnazione ad *A. ducalis* è suggerita dal confronto con l'esemplare completo di Bra mostrato in Fig. 19h (ma si veda anche l'esemplare figurato in Martinetto, 2003: pl. 3, fig. 2a) e con quello di Valmanera-Villa Paolina mostrato in fig. 22c; C: foglia quasi completa del Pliocene di Valmanera-Villa Paolina, MGPT-PU105018. La tipica architettura di questa foglia permette una facile attribuzione alla specie fossile *A. ducalis*, nota da lungo tempo anche nel Neogene dell'Italia, ma erroneamente attribuita alle Rhamnaceae. Berger (1958) e Knobloch (1969) ne dimostrarono l'appartenenza alle Betulaceae e, in particolare, al genere *Alnus*. In base all'ecologia dei congeneri viventi e alle associazioni fossili in cui si rinviene, questa specie è ritenuta indicativa di consorzi boschivi ripariali (Martinetto, 2003; Kvaček *et al.*, 2006). Scala 1 cm.

Fig. 21 - Leaf remains referable to *Alnus ducalis* from the Pliocene of the Astigiano area. A, B: fragmentary leaves of the Allioni collection (Experimental Geological Museum of the Club Alpino Italiano, Giaveno, respectively MGSG-AC2653 and MGSG-AC0193) from Ferrere, accompanied by the original labels; the hypothetical assignment to *A. ducalis* is suggested by the comparison with the complete specimen from Bra shown in Fig. 19h (but see also the example illustrated in Martinetto, 2003: pl. 3, fig. 2a) and with that of Valmanera-Villa Paolina shown in fig. 22c; C: almost complete leaf from the Pliocene of Valmanera-Villa Paolina, MGPT-PU105018. The typical architecture of this leaf allows easy attribution to the fossil-species *A. ducalis*, known for a long time also in the Neogene of Italy, but erroneously attributed to the Rhamnaceae. Berger (1958) and Knobloch (1969) demonstrated its belonging to the Betulaceae and, in particular, to the genus *Alnus*. Based on the ecology of the living congeners and the fossil associations in which it is found, this species is considered indicative of riparian forests (Martinetto, 2003; Kvaček *et al.*, 2006). Scale bar 1 cm.

foglie fossili presso Castello d'Annone, Ferrere, San Damiano e Pralormo (Peola, 1896). Questi esemplari, benché siano andati distrutti durante la Seconda Guerra Mondiale, sono figurati in disegni inediti (fig. 1) del già citato paleobotanico piemontese Paolo Peola (1890 circa), sulla base dei quali è stata tentata una revisione tassonomica (tab. 1).

La descrizione del sedimento molto cemen-

tato che recava le foglie fossili disegnate da Peola induce a ritenere che questo materiale di "Castello d'Annone" possa provenire dagli stessi strati campionati da due degli autori (P.D., E.M.) negli anni a cavallo tra il ventesimo e ventesimo secolo nella località detta Cerro Tanaro (Pavia *et al.*, 2005), ma che si trova al confine tra il territorio di questo comune con quelli di Rocchetta Tanaro e Castello d'Annone. Al-

Peola, inedito	Revisione (Martinetto, 2003), con modifiche	Peola tav./fig.	N° in Fig. 1
<i>Smilax mauritanica</i>	<i>Smilax</i> sp.	13/1	1
<i>Carpinus grandis</i>	<i>Ulmus affinis</i>	13/9	2
<i>Bambusa lugdunensis</i>	" <i>Bambusa</i> " <i>lugdunensis</i>	10/9	3
<i>Bambusa astensis</i>	" <i>Bambusa</i> " <i>lugdunensis</i>	10/8	4
<i>Phragmites oeningensis</i>	Monocotyledones indet.	10/4	5
<i>Phragmites oeningensis</i>	Monocotyledones indet.	10/5	6
<i>Carpinus grandis</i>	<i>Ulmus</i> cf. <i>affinis</i>	13/8	7
<i>Fagus ambigua</i>	<i>Fagus haidingeri</i>	15/7	8
<i>Carpinus pyramidalis</i>	<i>Ulmus affinis</i>	13/11	9
<i>Corylus insignis</i>	cf. <i>Rubus</i> vel <i>Alnus cecropiifolia</i>	14/6	10
<i>Rhamnus deletus</i>	<i>Alnus gaudinii</i>	53/6	11
<i>Quercus roburoides</i>	<i>Quercus</i> cf. <i>pseudocastanea</i>	24/14	12
<i>Arundo goeppertii</i>	Monocotyledones indet.	9/11	13
<i>Juglans pedemontana</i>	Dicotyledones indet.	27/8	14
<i>Fagus ambigua</i>	<i>Fagus haidingeri</i>	15/8	15
<i>Pterocarya denticulata</i>	<i>Pterocarya paradisiaca</i>	29/1	16
<i>Pterocarya massalongi</i>	<i>Pterocarya paradisiaca</i>	29/4	17
<i>Corylus heeri</i>	<i>Alnus cecropiifolia</i>	14/3	18
<i>Planera ungeri</i>	<i>Zelkova zelkovifolia</i>	35/2	19
<i>Castanea forilivii</i>	<i>Quercus kubinyi</i>	17/8	20
<i>Fagus ambigua</i>	cf. <i>Fagus haidingeri</i>	15/10	21
<i>Quercus scillanum</i>	<i>Quercus</i> cf. <i>pseudocastanea</i>	25/6	22
<i>Betula brongniartii</i>	cf. Rosaceae	30/14	23
<i>Diospyros brachysepala</i>	Dycotyledones indet.	63/5	24
<i>Ulmus quercifolia</i>	<i>Fagus haidingeri</i>	35/9	25
<i>Laurus canariensis pliocenica</i>	cf. <i>Laurophyllum</i> sp.	37/5	26
<i>Quercus serraefolia</i>	Dicotyledones indet.	25/7	27
<i>Celastrus bruckmannii</i>	cf. <i>Alnus ducalis</i>	51/5	28
<i>Alnus cuneata</i>	" <i>Parrotia</i> " <i>pristina</i>	31/4	29
<i>Leucothoe vacciniifolia</i>	Indeterminabile	62/11	30
<i>Salix integra</i>	cf. <i>Salix</i> " <i>integra</i> "	32/5	31
<i>Cinnamomum lanceolatum</i>	<i>Daphnogene polymorpha</i> vel <i>Ocotea heeri</i>	42/7	32
<i>Sterculia maiolana</i>	cf. <i>Dombeyopsis lobata</i>	46/1	33
<i>Ulmus braunii</i>	cf. <i>Carpinus betulus</i>	35/4	34
<i>Cinnamomum spectabile</i>	<i>Daphnogene polymorpha</i>	43/3	35

Tab. 1 - Elenco dei taxa citati da Peola (inedito) per il sito di Castello d'Annone e revisione tassonomica basata sui disegni riportati in Fig. 1. La sostituzione del binomio *Fagus pliocenica* utilizzato in Martinetto (2003) con *Fagus haidingeri* è stata suggerita da Denk (2004).

Table 1 - List of the taxa cited by Peola (unpublished) for the Castello d'Annone site and taxonomic revision proposed here on the basis of the drawings of Fig. 1. The replacement of the name *Fagus pliocenica*, used in Martinetto (2003), with *Fagus haidingeri* was suggested by Denk (2004).

cuni resti fogliari, che in questo sito appaiono conservati per permineralizzazione, sono stati recuperati in emergenza e inseriti nelle collezioni del MGPT e del MPTA.

Curiosamente, sono ancor oggi disponibili alcuni esemplari di filliti dell'Astigiano della collezione Allioni raccolti all'inizio del XVIII secolo (fig. 21a-b). Esiste la ragionevole certezza che il sito riportato da Allioni (1757) come "le Ferrere" corrisponda, effettivamente, alla già citata località di Ferrere in provincia di Asti, dove affiorano sabbie fossilifere attribuite al Piacenziano (Forno *et al.*, 2015). Infatti, nella descrizione di una fillite nel catalogo della sua collezione, Allioni indica come luogo di provenienza "...ex Le Ferrere in comitatu astensi...". I cam-

pioni di filliti con provenienza Ferrere, presenti originariamente nella collezione Allioni (come riportato dai cataloghi), risultavano essere diciassette, ai quali si affiancavano due legni fossili. Attualmente permangono dieci esemplari di foglie e i due di legno fossile. I materiali ancora presenti non versano in buone condizioni di conservazione, ciò è dovuto alle molteplici vicissitudini subite dalla collezione nel corso del tempo (Dervieux, 1920-21).

Le filliti di Ferrere mostrano cromatismi dal bruno scuro al marroncino, ma sono inglobate in una pelite fortemente cementata di colore variabile dal grigio cenere al giallastro-rossiccio. La stratificazione della matrice risulta poco evidente e l'assenza di strati complanari rende diffi-

Tab. 2 - Elenco dei taxa accertati a Valmanera con indicazione del numero di esemplari provenienti dal sito di Villa Paolina (MGPT) e Cascina Ignota (MPTA). Da quest'ultimo sito provengono anche le foglie mostrate da Damarco (2009: fig. 405).

Table 2 - List of taxa ascertained in Valmanera with indication of the number of specimens from the sites Villa Paolina (MGPT) and Cascina Ignota (MPTA). The leaves shown by Damarco (2009: fig. 405) also come from Valmanera-Cascina Ignota.

TAXA	Villa Paolina	Cascina Ignota
<i>Fagus haidingeri</i>	27	13
<i>Alnus cecropiifolia</i>	13	10
<i>Alnus ducalis</i>	8	5
<i>Ocotea heeri</i>	8	0
" <i>Bambusa</i> " cf. <i>lugdunensis</i>	5	1
<i>Pterocarya paradisiaca</i>	4	1
<i>Ulmus affinis</i>	4	2 (+2?)
<i>Zelkova zelkovifolia</i>	4	3
<i>Carpinus betulus</i>	3	2
<i>Alnus gaudinii</i>	2	1
Dicotiledoni indeterminate	2	1
<i>Hedera</i> sp.	2	0
<i>Platanus leucophylla</i>	2	2
<i>Acer campestre</i>	1	0
<i>Acer</i> cf. <i>integerrimum</i>	1	3
<i>Acer tricuspidatum lusaticum</i>	0	1
<i>Celtis trachytica</i>	1	0
<i>Daphnogene polymorpha</i>	0	1
cf. <i>Liquidambar europaea</i>	1	0
cf. <i>Quercus mediterranea</i>	1	0
<i>Cornus</i> cf. <i>graeffii</i>	1	1
<i>Ilex</i> aff. <i>cornuta</i>	1	0
cf. <i>Laurophyllum</i> sp.	1	0
<i>Populus latior</i>	1	0
<i>Quercus</i> cf. <i>pseudocastanea</i>	1	1
<i>Salix varians</i>	1	1
Filicales, cf. <i>Pteridium</i>	1	0
Hepaticae vel algae	1	0

coltoso il reperimento di foglie integre. Scorrendo i cataloghi originari emerge che Allioni assegnò queste filliti ad alberi attuali quali carpino, betulla, ontano, salice e noce.

## 11. Valmanera

Alla periferia nord della città di Asti, in località Valmanera, sono state recuperate due ricche associazioni di foglie fossili da affioramenti limitrofi della Formazione delle Sabbie di Asti: Villa Paolina e Cascina Ignota (nome di fantasia assegnato poiché nessun toponimo compare sulle carte in quel luogo). In entrambi i siti i depositi affioranti erano costituiti per lo più da sabbie fini giallastre, generalmente quarzose, incoerenti o localmente cementate. La loro deposizione si può far risalire alla parte medio-alta del Pliocene (3,8-3,1 Ma) e avvenne in ambiente costiero, come dimostra il contenuto fossilifero costituito da resti di organismi vissuti su fondali marini poco profondi, talvolta concentrati in veri e pro-

pri banchi di molluschi bivalvi dei generi *Glycymeris*, *Isognomon* e *Ostrea*.

La successione di Valmanera, in effetti, potrebbe essersi deposta in ambiente sottoposto all'azione delle maree, in quanto le sabbie gialle presentano frequenti intercalazioni pelitiche e sabbioso-limose. Nell'estate 1997, durante i lavori di restauro del Centro di Educazione Ambientale "Villa Paolina" del WWF, sono venuti alla luce sedimenti piuttosto ricchi di impronte di foglie di piante terrestri già descritte in un lavoro precedente (Martinetto, 2003). L'affioramento è stato esposto, in un primo momento, in occasione della realizzazione di una palificata volta a sostenere il versante a ridosso della Villa e, in seguito, durante la ristrutturazione di un vecchio edificio adiacente al versante stesso e confinante con la palificata. L'affioramento di Cascina Ignota è dovuto a un grosso sbancamento realizzato nel 2003, circa 200 m a est del predetto affioramento di Villa Paolina, che ha messo a nudo numerosi strati di peliti e sabbie pelitiche ricche

di foglie fossili, molte delle quali sono state recuperate e conservate presso il MPTA.

La granulometria fine dei depositi a filliti è indubbiamente indicativa di fondali al riparo da onde o correnti a forte energia, le quali avrebbero portato in sospensione il limo e disperso le foglie. In occasione del campionamento paleobotanico è stato rinvenuto un modello composto e con le valve in connessione del mollusco bivalve *Chamelea gallina*, tipico indicatore di fondali marini bassi e sabbiosi (specie accompagnatrice nell'attuale Biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate del Mediterraneo: Pérès & Picard, 1964). Più comuni si presentavano gli icnofossili (domichnia di tipo *Thalassinoides*), indicatori dell'azione di organismi fossori.

Le filliti dei due siti di Valmanera (fig. 22) appaiono di colore rossastro o rosso-bruno, dovuto alla presenza di ossidi e idrossidi di ferro e manganese, verosimilmente formati in seguito all'alterazione della sostanza organica e all'ossidazione dei solfuri di ferro. Sono stati studiati circa 200 esemplari, la metà dei quali è stata identificata con un buon margine di sicurezza. Giacché la cuticola non si è conservata, lo studio sistematico si è basato solo su un minuzioso esame morfologico. Di solito, per garantire che la determinazione di un resto fogliare sia affidabile, è necessario poter esaminare con chiarezza alcuni elementi fondamentali quali il margine fogliare, il picciolo, l'apice e le nervature.

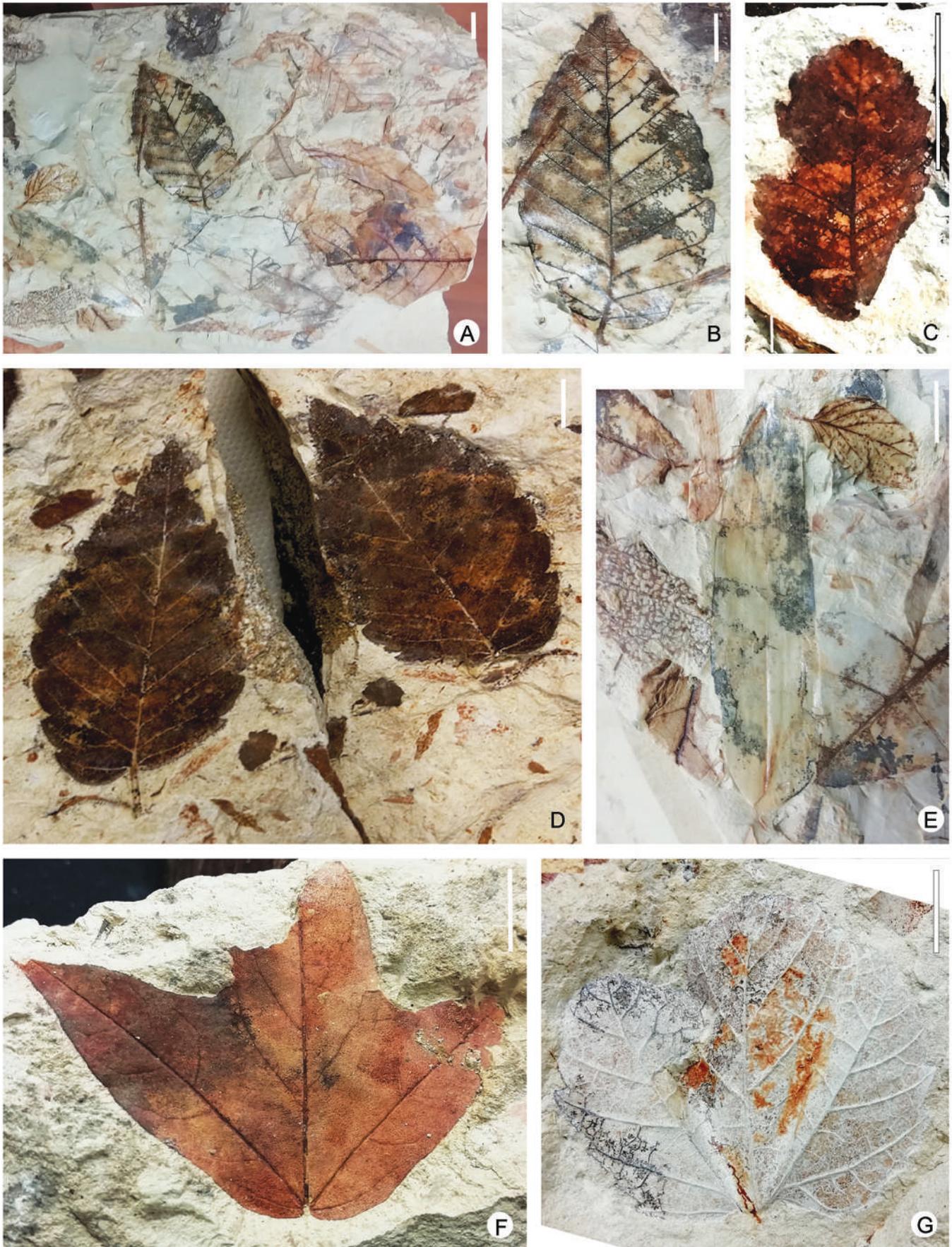
Purtroppo molti esemplari si presentavano incompleti a causa sia delle frequenti diaclasi, sia delle precarie condizioni di recupero dall'affioramento. L'identificazione del materiale è stata effettuata sulla base della letteratura paleobotanica pertinente e del confronto con esemplari attuali e fossili.

Le foglie rinvenute nella successione di Valmanera sono state prodotte da piante legnose tipiche di ambienti continentali. È presumibile che esse siano state trascinate dalle correnti fluviali sino all'ambiente marino costiero di deposizione in occasione di eventi alluvionali collegati al sistema deltizio di Villafranca d'Asti (Basilici, 1996). L'attenta osservazione degli strati sabbioso-limosi permette di stabilire che le foglie sono state sepolte rapidamente insieme al carico solido terrigeno, motivo per cui troviamo frequentemente esemplari con il lembo fogliare convoluto o non parallelo agli strati.

L'evento deposizionale, in entrambi i siti, non è comunque stato unico, visto che si sono osservati più strati e superfici di sedimentazione che conservano foglie fossili. L'associazione di Villa Paolina appare molto simile a quella di Cascina Ignota (tab. 2), anche per quel che riguarda la frequenza dei taxa (ad eccezione di *Ocotea beeri*), tanto da farne presupporre la formazione nello stesso intervallo di tempo. Tuttavia, non sono disponibili prove certe a favore di questa ipotesi.

Fig. 22 - Impronte di foglie evidenziate da minerali ferrosi e manganiferi provenienti da Valmanera-Cascina Ignota. A: superficie con numerose impronte di foglie e frammenti fogliari, MPTA-13417; B: ingrandimento dell'esemplare completo di *Fagus haidingeri* visibile nell'immagine precedente, MPTA-13417; C: *Ulmus* sp., potrebbe trattarsi di una foglia piccola e poco allungata di *Ulmus affinis*, specie ben documentata nel sito pliocenico di Arboschio e nel Pleistocene della Romagna (Denk *et al.*, 2022), oppure di un'altra specie, MPTA-13400; D: *Zelkova zelkovifolia*, MPTA-13403; E: dettaglio di Fig. 22a che mostra una foglia incompleta di "*Bambusa*" *lugdunensis* al centro e un'altra piccola foglia, quasi completa, in alto a destra, attribuibile a *Cornus cf. graeffii*, MPTA-13417; F: *Acer cf. integerrimum*, foglia trilobata simile a quelle della specie fossile *A. pseudomonspessulanum*, con due nervature basali di ordine inferiore che potrebbero essere omologhe alle nervature di primo ordine di una forma pentalobata, più frequente in *A. integerrimum*, MPTA-13413; G: *Acer tricuspidatum lusaticum*, foglia con lobi poco sporgenti e margine serrulato con denti ineguali, MPTA-13421.

Fig. 22 - Impressions of leaves highlighted by iron manganese minerals from Valmanera-Cascina Ignota. A: surface with numerous impressions of leaves and leaf fragments, MPTA-13417; B: enlargement of the complete specimen of *Fagus haidingeri* visible in the previous image, MPTA-13417; C: *Ulmus* sp., it could be a small and slightly elongated leaf of *Ulmus affinis*, a species well documented in the Pliocene site of Arboschio and in the Pleistocene of Romagna (Denk *et al.*, 2022), or of another species, MPTA-13400; D: *Zelkova zelkovifolia*, MPTA-13403; E: detail of Fig. 22a showing an incomplete leaf of "*Bambusa*" *lugdunensis* in the center and another small, almost complete leaf, top right, attributable to *Cornus cf. graeffii*, MPTA-13417; F: *Acer cf. integerrimum*, three-lobed leaf similar to those of the fossil-species *A. pseudomonspessulanum*, with two lower-order basal veins which could be homologous to the first-order veins of a five-lobed form, more frequent in *A. integerrimum*, MPTA-13413; G: *Acer tricuspidatum productum*, leaf with slightly protruding lobes and serrulate margin with unequal teeth, MPTA-13421.



Da un'analisi generale delle due associazioni (tab. 2) si può concludere che esse siano state prodotte da una vegetazione a prevalenza di angiosperme caducifoglie, con un marcato influsso sia delle foreste mesofile di caducifoglie (da cui dovrebbero aver tratto origine le foglie di *Fagus haidingeri*, fig. 22b, *Zelkova zelkovifolia*, fig. 22d-e *Quercus* cf. *pseudocastanea*, fig. 23b) sia degli ambienti ripariali (*Platanus*, *Populus*, *Pterocarya*, *Salix*, *Ulmus*, fig. 22c, e soprattutto *Alnus*: fig. 22a, d-f).

Non per questo mancano forme sempreverdi, quali la lauracea *Daphnogene polymorpha* (fig. 23c), *Ilex* aff. *cornuta* e una probabile fagacea (cf. *Quercus mediterranea*) con foglie simili a quelle attuali del leccio.

Questa commistione di forme caducifoglie con subordinate forme sempreverdi ricorre frequentemente in numerose associazioni fossili piemontesi attribuite al "Complesso Floristico Stura" e ritenute di età piacentiana. Il clima e la vegetazione che si possono ricostruire s'inquadrano nella transizione fra i tipi subtropicale umido e temperato (Belda *et al.*, 2014).

## 12. Depositi continentali piacentiani

Alcuni depositi continentali nei dintorni di Alessandria e Asti sono databili al Piacenziano in base a indicazioni biocronologiche fornite dalle faune a molluschi e/o vertebrati, spesso integrate con dati magnetostratigrafici. Nei dintorni di Alessandria (Irace *et al.*, 2015) il sito di Bormida ha restituito un'associazione carpologica del Piacenziano, anche se le associazioni a maggior diversità sono state attribuite al Pleistocene Inferiore. Nei dintorni di Asti i depositi continentali che hanno restituito i famosi resti di vertebrati dell'Unità Faunistica Triversa (Carraro, 1996) sono stati indicati come "Villafranchiano B" da Ghielmi *et al.* (2019).

Essi contengono pure, e in maggior abbondanza rispetto ai vertebrati, resti vegetali macroscopici, che sono stati poco studiati. Fanno eccezione gli studi di Pavia (1970) e Martinetto & Mai (1996) sulla parte alta (continentale) della successione di Arboschio e di Martinetto & Mai (1996) sulla Cava RDB di Villafranca d'Asti e su Roatto-Cascina Melona. Tra gli altri siti con depositi simili, ma più distanti dalla Val Triversa (fig. 20), sono interessanti per i resti macropaleobotanici Ceresole d'Alba (Ciangherotti *et al.*, 2007), Castelnuovo Don Bosco (Forno *et al.*, 2015) e Gherba, che hanno restituito piccole collezioni di fossili di vegetali conservate presso il MGPT.

Tra i resti fossili di queste località, spiccano i rametti fossili di *Taxodium dubium* ritrovati a Gherba e, in gran quantità, a Castelnuovo Don Bosco (uno dei quali, MGPT-PU141119, è figurato da Forno *et al.*, 2015: fig. 21 e da Damarco, 2009: fig. 390) e le foglie di *Acer tricuspidatum lusaticum* di Ceresole d'Alba (Ciangherotti *et al.*, 2007: fig. 4, MGPT-PU141120).

La successione della Cava RDB di Villafranca d'Asti e la metà superiore della successione di Arboschio (attualmente non più esposte) hanno mostrato sequenze verticali molto interessanti di associazioni a vegetali fossili. Alcune centinaia di esemplari di foglie e rametti sono conservati presso il MGPT e non sono stati sinora analizzati con sufficiente accuratezza, così come le migliaia di piccoli semi e frutti fossili (collezione CCN). Qualche decina di esemplari, recuperati in occasione di una ricerca per tesi di laurea (Anna Stefani, anni 1960-70), sono conservati al MRSN.

Le associazioni della Cava RDB di Villafranca d'Asti documentano (collezioni MGPT e CCN), dal basso verso l'alto, per uno spessore complessivo di circa 35 m: una paleocomunità di foresta palustre (*swamp*) a *Nyssa* e *Taxodium* (*Nyssa disseminata* e *Taxodium dubium*, si veda Forno *et al.*, 2015: fig. 22), che mostra analogie con cenosi attuali degli USA meridionali; una paleocomunità di foresta palustre dominata dalla conifera *Glyptostrobus europaeus*, che determina un'analogia con le foreste fossili di Fossano (Macaluso *et al.*, 2018) e della Stura di Lanzo (Martinetto & Farina, 2005; Martinetto *et al.*, 2007a); alcune paleocomunità di paleoambienti più instabili, probabilmente interessati da frequenti eventi alluvionali, dominate da alberelli del genere *Alnus* (*A. gaudinii*, *A. cecropiifolia*) accompagnati da poche altre piante legnose quali *Acer tricuspidatum lusaticum*.

I fossili di piante che potrebbero aver popolato paleoambienti più asciutti sono poco frequenti e rappresentati soprattutto da frutti e semi elencati da Martinetto & Mai (1996) e provenienti da Arboschio, Villafranca d'Asti-Cava RDB e Roatto-Cascina Melona (collezione CCN). Le più ricche associazioni a foglie di alberi non palustri, conservate come impronte di estremo dettaglio (collezione MGPT), sono state restituite dai depositi continentali della parte media e alta della successione di Arboschio (Pavia, 1970; Martinetto & Mai, 1996). Il paleoclima e la paleovegetazione sono riferibili alla transizione fra i tipi subtropicale umido e temperato, come per Valmanera.

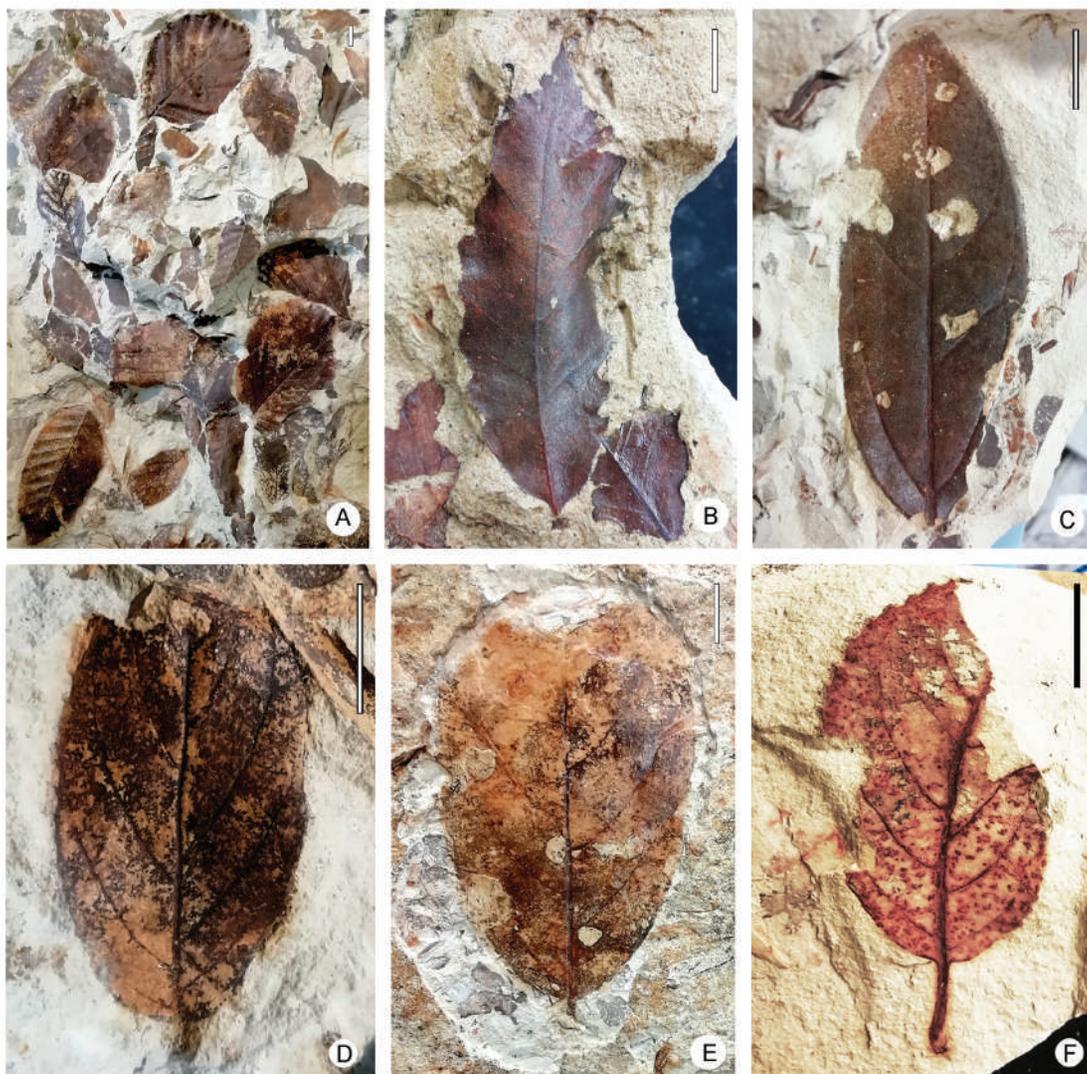


Fig. 23 - Altri resti fogliari di Valmanera-Cascina Ignota. A: insieme di foglie che mostra la prevalenza di forme a margine non intero, MPTA-13400; spiccano in alto al centro *Alnus cecropiifolia* e in basso a sinistra *Carpinus betulus*. B: *Quercus cf. pseudocastanea*, MPTA-13412; C: *Daphnogene polymorpha*, foglia dalla morfologia difficilmente distinguibile da quella di piccoli esemplari di *Ocotea heeri*, ma l'ipotetica appartenenza a questa specie viene scartata per l'assenza di domazi all'ascella delle due nervature basali di primo ordine e per le nervature di terzo ordine poco marcate; è pur vero che di solito le nervature basali di primo ordine raggiungono la zona apicale in *D. polymorpha* (fig. 16g) e non in *O. heeri*, ma la variabilità nota include anche esemplari di *D. polymorpha* in cui esse si fermano a 2/3 dalla base (Kvaček et al., 2011: fig. 6-7), come in quello figurato (MPTA-13409); D-F: rispettivamente MPTA-13400, MPTA-13407, MPTA-13409; resti più o meno completi di lamine fogliari di *Alnus ducalis*, con decorso delle nervature piuttosto uniforme, ma margine con aspetto differente tra gli esemplari per una maggiore o minore evidenza dei dentelli. Tali differenze vengono attribuite a variazione intraspecifica, che è nota anche per la forma della lamina (figg. 19h e 21c).

Fig. 23 - More leaf-remains from Valmanera-Cascina Ignota. A: set of leaves showing the prevalence of forms with non-entire margins, MPTA-13400; *Alnus cecropiifolia* stands out at the top and *Carpinus betulus* in the lower left. B: *Quercus cf. pseudocastanea*, MPTA-13412; C: *Daphnogene polymorpha*, a leaf whose morphology is difficult to distinguish from that of small specimens of *Ocotea heeri*, but the hypothetical belonging to this species is discarded due to the absence of domatia at the axils of the two first-order basal ribs and because the third order venation is poorly marked; it is also true that usually the first order basal veins reach the apical zone in *D. polymorpha* (fig. 16g) and not in *O. heeri*, but the known variability also includes examples of *D. polymorpha* in which they stop at 2/3 from the base (Kvaček et al., 2011, figs. 6-7), as in the one shown here (MPTA-13409); D-F: respectively MPTA-13400, MPTA-13407, MPTA-13409; more or less complete remains of leaf blades of *Alnus ducalis*, with a rather uniform venation, whereas margins show a different appearance among the specimens. Such a difference is attributed to a minor or major evidence of the teeth, attributed to intraspecific variation, which is also known for the shape of the lamina (figg. 19h and 21c).

## DISCUSSIONE

Nella parte meridionale del Piemonte i resti macroscopici di piante terrestri attualmente disponibili nelle collezioni museali sono rappresentati da reperti scarsissimi per l'intervallo Aquitaniano-Serravalliano: per tale motivo sarebbero opportune nuove e approfondite ricerche sul territorio tramite campionamenti sistematici. Solo a partire dal Tortoniano cominciamo a disporre di associazioni non troppo povere, che permettono già di delineare alcuni tratti della paleoflora, ma senza che si possano dedurre informazioni precise sulla paleovegetazione e sul paleoclima. Infatti, è a partire dal Messiniano che i fossili di vegetali, soprattutto fogliari, risultano abbondanti e idonei a sviluppare studi dettagliati per le ricostruzioni paleoambientali.

Le associazioni a foglie di età messiniana inferiore dei siti di Banengo, Moncucco Torinese e Roddi (Marne di Sant'Agata Fossili) appaiono piuttosto simili tra loro e condividono soprattutto l'abbondanza di Fagaceae a foglie ampie (*Fagus* e *Quercus gigas*). La presenza di *Sabalites* ("Sabal": Cavallo *et al.*, 1986) in quest'ultima località è da considerare di notevole importanza per la ricostruzione di un paleoclima subtropicale umido (secondo il sistema Koeppen-Trewartha: Belda *et al.*, 2014), che poteva consentire lo sviluppo concomitante di questa essenza termofila e dei faggi, incompatibili con condizioni tropicali. I dati preliminari attualmente disponibili per le associazioni di Banengo e Moncucco Torinese già forniscono qualche indizio a favore di condizioni paleoclimatiche simili a quelle di Roddi e non molto diverse da quelle indicate da alcune associazioni della prima fase della MSC (vedi oltre).

Gli studi sulle associazioni a filliti della prima fase della MSC hanno evidenziato nuovamente una paleoflora di tipo subtropicale (Bertini & Martinetto, 2011), con elevata diversità di forme legnose indicative di consorzi forestali sviluppati in condizioni climatiche decisamente umide. La composizione tassonomica s'inquadra bene nel Complesso Floristico "Likudi-Vegora" del Miocene finale sudeuropeo (Mai, 1995a). Le associazioni di tale complesso risultano caratteristicamente dominate da piante decidue (*Fagus*, *Quercus*, *Alnus*), ma mostrano ancora un significativo grado di varietà e abbondanza delle forme "laurofille", le quali avevano rivestito un ruolo ben più importante nelle precedenti fasi del Miocene Medio, non documentate in territorio italiano.

Solo per la prima fase della MSC è stata condotta l'analisi statistica della fisionomia fogliare, che ha confermato un clima subtropicale umido (Martinetto *et al.*, 2007b). La documentazione fossile proveniente dai sedimenti pliocenici è ancora più ricca e ampiamente distribuita nel settore considerato rispetto a quella tardo-miocenica. Le associazioni a foglie del Pliocene Inferiore di Bra (Peola, 1895), Cortiglione d'Asti e Fossano (Macaluso *et al.*, 2018) risultano molto ricche di elementi sempreverdi e s'inquadrano bene nell'ambito del "Complesso Floristico Ca' Viettone", documentato ormai in Piemonte da una decina di siti (Benasso, Boca, Breolungi, Ca' Viettone, Candelo, Castellengo, Crava di Morozzo, Ronco Biellese, Sento) con ricche associazioni carpologiche (Martinetto, 1995, 1999; Basili *et al.*, 1997).

Un'associazione fogliare di tipo diverso, povera di elementi sempreverdi, è ben documentata a Valmanera (Martinetto, 2003) e risulta molto simile a quelle di Arboschio-A3 (Pavia, 1970; Martinetto & Mai, 1996) e di "Castello d'Annone" (Peola, 1896, con opportune revisioni: tab. 1), tanto che si possono riferire a un preciso contesto paleofloristico legato alla situazione paleoclimatica del tardo Piacenziano. La nostra conoscenza di tale contesto è stata ulteriormente arricchita dallo studio delle associazioni a frutti e semi fossili del Piacenziano continentale della Cava RDB di Villafranca d'Asti (Martinetto & Mai, 1996), che documentano delle entità vegetali le cui foglie usualmente non fossilizzano (per es. *Actinidia*) o sono poco riconoscibili (per es. *Nyssa*).

La composizione tassonomica corrisponde a quella delle tipiche e più ricche associazioni a frutti e semi fossili del "Complesso Floristico Stura", di età piacentiana, conosciute nel Piemonte settentrionale (Cavallo & Martinetto, 2001; Martinetto *et al.*, 2007a), dove non si sono però individuate associazioni a foglie fossili con diversità pari a quelle astigiane. L'integrazione di dati fogliari e carpologici tra la parte settentrionale e quella meridionale del territorio piemontese consente di definire in modo estremamente dettagliato le caratteristiche dei complessi floristici del Pliocene, tanto da rappresentare un sistema di riferimento a livello europeo. Il clima indicato dai due complessi floristici si discosta essenzialmente per una moderata differenza nelle paleotemperature stimate e il tipo di paleovegetazione passa da esclusivamente subtropicale umido nello Zancleano a una transizione tra i tipi subtropicale e temperato nel Piacenziano

(Belda *et al.*, 2014). In generale, in tutto il Neogene del Piemonte le paleoflore non hanno fatto emergere alcuna evidenza di paleoclimi tropicali o aridi. L'unica associazione che potrebbe ammettere delle condizioni subumide è quella di Ciabot Cagna della fine del Messiniano, nella terza fase della MSC (Kovar-Eder *et al.*, 2007).

In conclusione, questa sintesi dovrebbe evidenziare come, a seguito di quarant'anni di intense osservazioni sul terreno, si possa sostenere che i depositi fossiliferi del Piemonte meridionale abbiano restituito delle testimonianze paleobotaniche molto utili per ricostruire le condizioni paleoambientali terrestri dal Messiniano al Piacenziano. Anche se negli ultimi 50 anni non sono emerse tecniche innovative per l'interpretazione sistematica delle foglie fossili (Wilf *et al.*, 2021), l'intensificarsi delle indagini sul terreno, l'accumulo di conoscenze sui tipi morfologici più frequenti e la concomitanza con reperti carpologici maggiormente diagnostici hanno consentito di muovere alcuni passi avanti.

I fossili di parti fogliari di piante terrestri neogeniche sono risultati frequenti in diversi siti, tuttavia il materiale paleontologico attualmente disponibile nelle collezioni piemontesi non sem-

bra riflettere adeguatamente le ottime potenzialità dei sedimenti fossiliferi. Uno dei motivi si può individuare nel metodo di campionamento dei fossili, per lo più derivanti da recuperi in condizioni di emergenza. Campionamenti più sistematici hanno sinora trovato qualche ostacolo, sia nel minor interesse dei musei e dei ricercatori per i fossili di vegetali sia nella pratica di gestione dei beni paleontologici in Italia (Martinetto *et al.*, 2019).

Tuttavia, le conoscenze sinora acquisite e sintetizzate in questo lavoro sono certamente utili per orientare eventuali campagne di recupero di materiali paleobotanici verso quei siti che presentano le condizioni più favorevoli in quanto ad abbondanza e adeguatezza dello stato di conservazione dei fossili di vegetali terrestri. Si auspica quindi che i musei piemontesi possano prossimamente attivarsi per arricchire le loro collezioni di fossili di vegetali e per ampliare gli spazi espositivi ad essi dedicati, in modo da consentire alle persone interessate di apprezzare le molteplici e interessanti informazioni che sono state recentemente acquisite sulla flora e vegetazione terrestre del Neogene piemontese e del resto d'Europa.

#### RINGRAZIAMENTI

La determinazione tassonomica dei reperti macroscopici della paleoflora Piemontese è stata possibile grazie agli insegnamenti dei defunti Zlatko Kvaček (foglie) e Dieter Hans Mai (resti carpologici). Tra i viventi dobbiamo ringraziare per le stesse ragioni anche Vladimir Bozukov, Johanna Kovar-Eder, Lutz Kunzmann, Vasilis Teodoridis e Hans-Joachim Gregor, quest'ultimo ha contribuito anche alle indagini sul terreno e ha insegnato tecniche molto utili per l'estrazione e preparazione di reperti carpologici.

Ringraziamo Elena Ferrero per averci messo a disposizione il materiale del sito di Banengo e le seguenti persone per l'aiuto fornitoci nel consultare le collezioni dei musei indicati: Gualtiero Accornero (Museo di Storia Naturale "Don Bosco"), Flavio Bauducco (Museo Geologico Federico Sacco di Fossano), Rino Brancato e Marco Terenzi (Museo Civico Craveri di Bra), Annalaura Pistarino (Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino). Un sentito ringraziamento anche ad Attilio Dalmaso e Roberto Jarre, per l'aiuto fornitoci nel corso delle indagini sul terreno, e alle seguenti persone per aver contribuito, nell'ambito del loro curriculum di Laurea in Scienze Naturali presso l'Università degli Studi di Torino, all'ordinamento e studio sistematico di fossili di vegetali: Omar Alessio (Messiniano dell'Albese), Edmondo Bonelli (Messiniano dell'Albese), Roberta Caleca (Pliocene del Piemonte), Antonella Cilia (Fossano e Messiniano dell'Albese), Milva Milano (Cortiglione d'Asti-Cascina Seralunga), Marta Moriondo (La Morra), Chiara Rista (Messiniano dell'Albese), Luca Spallone (Pliocene dell'Astigiano), Elena Tarabra (Messiniano dell'Albese).

Ringraziamo infine Giorgio Carnevale e Giuseppe Marramà, principali organizzatori della XXII Edizione delle Giornate di Paleontologia (Asti, 8-10 giugno 2022), per aver messo a disposizione dei membri della Società Paleontologica Italiana una versione preliminare del presente lavoro, che ci ha permesso di ricevere commenti e suggerimenti costruttivi.

## APPENDICI

Appendice 1 - Elenco in ordine alfabetico dei taxa citati nel testo, completo di autori. La frequenza dei taxa è indicata dai seguenti simboli: **+**, taxa più frequenti in vari siti neogenici del Piemonte; **#**, taxa di cui sono stati ritrovati molti resti in poche località; **o**, taxa rinvenuti in più di tre siti fossiliferi, mai frequenti; **-**, taxa più rari. Nell'ultima colonna, **v** indica le specie tuttora viventi e **f** i binomi riferiti a specie fossili.

<b>Taxa ritenuti validi citati nel testo – Taxa considered valid cited in the text</b>		
<i>Acer campestre</i> L.	-	v
<i>Acer integerrimum</i> Viv. in Keferstein	o	f
<i>Acer palaeosaccharinum</i> Štúr	-	f
[occurrence <i>A. pseudomosspesulanum</i> Unger to be evaluated]	?	f
<i>Acer tricuspidatum</i> A. Braun in Bronn ssp. <i>lusaticum</i> H. Walther	+	f
<i>Alnus cecropiifolia</i> (Ettings.) W. Berger	+	f
<i>Alnus ducalis</i> (C.T. Gaudin) Erw. Knobloch	+	f
<i>Alnus gaudinii</i> (Heer) Erw. Knobloch et Z. Kvaček	+	f
" <i>Bambusa</i> " <i>lugdunensis</i> Saporta	o	f
<i>Betula</i> sp.	o	v
<i>Berchemia multinervis</i> (A. Braun in Buckl.) Heer	o	f
<i>Buxus</i> cf. <i>pliocenica</i> Saporta et Marion	o	f
cf. <i>Berberis</i>	o	v
<i>Carpinus betulus</i> L.	+	v
<i>Carya minor</i> Saporta	o	f
<i>Celtis trachytica</i> Ettings.	o	f
<i>Cornus</i> cf. <i>stuederi</i> Heer [cited as <i>Cornus</i> cf. <i>graeffii</i> (Heer) Hantke]	o	f
<i>Corylus</i> cf. <i>avellana</i> L.	o	v
<i>Cryptomeria rhenana</i> Kilpper	+	f
cf. <i>Cunninghamia</i>	-	v
<i>Daphnogene polymorpha</i> (Al. Braun) Ettings.	+	f
cf. <i>Dicotylophyllum kvacekii</i> Erw. Knobloch	-	f
<i>Dicotylophyllum pyriforme</i> Erw. Knobloch	-	f
<i>Dombeyopsis lobata</i> Unger	o	f
<i>Equisetum</i>	-	v
<i>Engelhardia orsbergensis</i> (P. Wessel et C.O. Weber) Jähnichen, Mai et H. Walther	o	f
<i>Fagus haidingeri</i> Kovats	+	f
<i>Fagus gussonii</i> A. Massal.	+	f
<i>Ginkgo adiantoides</i> (Unger) Heer	-	f
<i>Glyptostrobus europaeus</i> (Brongn.) Unger	+	f
<i>Hedera</i> sp.	o	v
<i>Ilex</i> aff. <i>cornuta</i> Lindl. et Paxton	-	v
<i>Ilex</i> sp.	o	v
" <i>Juglans</i> " <i>nux-aurinensis</i> Brongn.	-	f
<i>Laurophyllum</i>	+	f
<i>Laurophyllum pseudoprinceps</i> Schakr.	#	f
<i>Laurus abchatica</i> D.K. Ferguson	-	f
<i>Liquidambar europaea</i> A. Braun in Buckl.	o	f
<i>Magnolia</i> sp.	o	v

Appendix 1 - List of the taxa that are cited in the text, in alphabetical order and completed with author names. The frequency of taxa is expressed by the following symbols: +, taxa which are frequent in various Neogene sites of Piemonte; #, taxa whose remains have been found in abundance only in a few localities; o, taxa found in more than three fossil sites, but never frequent; -, rare taxa. In the last column v indicates the names referred to extant taxa, whereas f indicates those of fossil-taxa.

cf. <i>Malus</i>	o	v
<i>Morella ligninum</i> (Unger) Doweld	o	f
cf. <i>Myrtus</i>	-	v
<i>Nyssa disseminata</i> (R. Ludw.) Kirchheim.	#	f
<i>Ocotea heeri</i> (C.T. Gaudin) W.R. Müll.	+	f
" <i>Parrotia</i> " <i>pristina</i> (Ettings.) Štúr	o	f
<i>Phaseolites</i> sp.	o	f
<i>Phoenicites</i> sp.	-	f
<i>Pinus palaeostrobus</i> (Ettingsh.) Heer	+	f
<i>Pinus</i> cf. <i>salinarum</i> (Partsch in Engl.) Unger	o	f
<i>Pinus</i> spp.	+	v
<i>Platanus leucophylla</i> (Unger) Erw. Knobloch	+	f
<i>Populus balsamoides</i> Goepp.	o	f
<i>Populus latior</i> A. Braun	o	f
<i>Podocarpium podocarpum</i> (A. Braun in Buckl.) Herendeen	o	f
<i>Potamogeton</i> sp.	o	v
<i>Pterocarya paradisiaca</i> (Unger) Il'inskaja	+	f
<i>Quercus drymeja</i> Unger	o	f
<i>Quercus gigas</i> Goepp.	o	f
<i>Quercus kubinyi</i> (Kovats) Czechtot	o	f
<i>Quercus mediterranea</i> Unger	o	f
<i>Quercus praecastaneifolia</i> Erw. Knobloch	+	f
<i>Quercus</i> cf. <i>pseudocastanea</i> Goepp. [distinct from <i>Q. praecastaneifolia</i> ?]	?	f
cf. <i>Rosa</i>	-	v
cf. <i>Rubus</i>	o	v
<i>Sabalites</i> cf. <i>major</i> (Unger) Saporta	-	f
cf. <i>Salix</i> " <i>integra</i> " Goepp. [ <i>nomen illegitimum</i> , to be replaced]	-	f
<i>Salix varians</i> Goepp.	#	f
" <i>Sapindus</i> " <i>falcifolius</i> (cf. <i>Ailanthus</i> )	o	f
<i>Sequoia abietina</i> (Brongn.) Erw. Knobloch	+	f
<i>Smilax</i> sp.	o	v
<i>Taxodium dubium</i> (C. Presl ex Endl.) A. Braun in Walchner	#	f
<i>Tetraclinis salicornioides</i> (Unger.) Kvaček	+	f
" <i>Thuja</i> " <i>saviana</i> (C.T. Gaudin) C.T. Gaudin	+	f
cf. <i>Toddalia</i>	-	v
<i>Trigonobalanopsis rhamnoides</i> (Rossm.) Kvaček et H. Walther	+	f
cf. <i>Tsuga/Pseudotsuga</i>	+	v
<i>Ulmus affinis</i> A. Massal.	o	f
<i>Viscum</i> cf. <i>morlotii</i> (Unger) Erw. Knobloch et Kvaček	-	f
cf. <i>Visnea</i>	-	v
<i>Vitex</i> sp.	-	v
<i>Vitis stricta</i> (Goepp.) Erw. Knobloch	-	f
<i>Zelkova zelkovifolia</i> (Unger) Buzek et Kotlaba	o	f

Appendice 2 - Taxa non ritenuti validi o assenti in Piemonte.

*Appendix 2 - Taxa considered invalid or missing in Piemonte.*

<b>Taxa non ritenuti validi o assenti in Piemonte Taxa considered invalid or missing in Piemonte</b>
<i>Acer decipiens</i> Al. Braun [synonym of <i>A. palaeomosspessulanum</i> ]
<i>Alnus cuneata</i> Peola
<i>Arundo goeppertii</i> Heer
<i>Bambusa astensis</i> Peola
<i>Betula brongniartii</i> Ettings.
<i>Carpinus grandis</i> Unger
<i>Carpinus pyramidalis</i> Heer
<i>Castanea forilivii</i> A. Massal.
<i>Celastrus bruckmannii</i> Al. Braun
<i>Cinnamomum lanceolatum</i> (Unger) Heer
<i>Cinnamomum spectabile</i> Heer
<i>Cornus</i> cf. <i>graeffii</i> (Heer) Hantke [synonym of <i>Cornus studeri</i> Heer]
<i>Corylus heeri</i> Sismonda
<i>Corylus insignis</i> Heer
<i>Diospyros brachysepala</i> Al. Braun
<i>Fagus ambigua</i> (Viv.) A. Massal.
<i>Fagus pliocenica</i> Saporta [synonym of <i>Fagus haidingeri</i> Kovats]
<i>Juglans pedemontana</i> Peola
<i>Laurus canariensis pliocenica</i> Saporta et Marion
<i>Leucothoe vacciniifolia</i> Unger
<i>Phragmites oeningensis</i> (Al. Br.) Heer
<i>Planera ungeri</i> (Kovacs) Ettings.
<i>Pterocarya denticulata</i> (O. Web.) Heer
<i>Pterocarya massalongi</i> C.T. Gaudin
<i>Quercus roburoides</i> C.T. Gaudin
<i>Quercus scillanum</i> C.T. Gaudin
<i>Quercus serraefolia</i> Goepfert
<i>Rhamnus deletus</i> Heer
“Salisburia” = <i>Ginkgo</i>
<i>Smilax mauritanica</i> Desf.
<i>Sterculia maiolana</i> A. Massal.
<i>Ulmus braunii</i> Heer
<i>Ulmus quercifolia</i> Unger

## BIBLIOGRAFIA

- ALESSIO M., ALLEGRI L., AMBROSETTI P., BARTOLOMEI G., BELLA F., BELLUOMINI G., CALDERONI G., CARRARO F., CHARRIER G., CORTESI C., ESU D., FORNO M.G., IMPROTA S., MANFRA L., PETRONE V., 1982 – Il giacimento fossilifero pleistocenico superiore di Moncucco Torinese. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 5: 219-239.
- ALLIONI C., 1757 – *Oryctographiae Pedemontanae Specimen, Exhibens Corpora Fossilia Terrae Adventitia*. Parisiis, 82 pp.
- ANDREETTO F., MANCINI A. M., FLECKER R., GENNARI R., LEWIS J., LOZAR F., NATALICCHIO M., SANGIORGI F., STOICA M., DELA PIERRE, F., KRIJGSMAN W., 2022 – Multi-proxy investigation of the post-evaporitic succession of the Piedmont Basin (Pollenzo section, NW Italy): A new piece in the Stage 3 puzzle of the Messinian Salinity Crisis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 594, 110961.
- BASILICI G., 1996 – Complesso Inferiore. Unità di Ferrere. *Sedimentologia*. In: Carraro F. (Ed.): *Revisione del Villafranchiano nell’area-tipo di Villafranca d’Asti*. *Il Quaternario*, 9 (1): 73-79.

- BASILICI G., MARTINETTO E., PAVIA G., VIOLANTI D., 1997 – Paleoenvironmental evolution in the Pliocene marine-coastal succession of Val Chiusella (Ivrea, NW Italy) - *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 36 (1-2): 23-52.
- BELDA M., HOLTANOVÁ E., HALENKA T., KALVOVÁ J., 2014 – Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. *Climate Research*, 59 (1): 1-13.
- BERGER W., 1957 – Untersuchungen an der obermiozänen (sarmatischen) Flora von Gabbro (Monti Livornesi) in der Toskana. *Palaeontogr. Ital.*, 51 (21): 1-96.
- BERTINI A., MARTINETTO E., 2008 – Messinian to Zanclean vegetation and climate of Northern and Central Italy. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 47 (2): 105-121.
- BERTINI A., MARTINETTO E., 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 (3-4): 230-246.
- BERTINI A., MARTINETTO E., 2014 – The Neogene flora of the Italian peninsula and Sicily. In: Kustatscher E., Roghi G., Bertini A., Miola A. (eds.): *Palaeobotany of Italy*. Naturmuseum Südtirol, pp. 248-279.
- BERTOLDI R., 1996 – Pollini. Il Complesso Inferiore. In: Carraro F. (Ed.): *Revisione del Villafranchiano nell'area-tipo di Villafranca d'Asti*. *Il Quaternario*, 9 (1): 79-85.
- BERTOLDI R., MARTINETTO E., 2001 – Key-site 7: the fossil forest of Stura di Lanzo. In: Martinetto E. (Ed.): *Pliocene plants, environment and climate of northwestern Italy*. *Flora Tertiaria Mediterranea*, 5 (4): 65-68.
- BERZANO L., DAMARCO P., PAVIA G., BISCONTI M., SARTI C., MONETTI L., PAVIA M., CARNEVALE G., 2021 – Valle Andona, Mare e Fossili. *Associazione Paleontologica Astensis, Elledici, Torino*, 271 pp.
- BICCHI E., CAVAGNA S., CLARI P., DELA PIERRE F., IRACE A., BOANO P., 2002 – La cava di gesso di Moncucco Torinese. A) La successione messiniana. In: Polino R. (coord.): *Il sistema alpino-appenninico nel Cenozoico*, 81<sup>a</sup> Riunione estiva della Società Geologica Italiana, pp. 152-158.
- BOANO P., FORNO M.G., 1999 – La successione “villafranchiana” nell'area di Castelnuovo Don Bosco (Asti). *Il Quaternario*, 10 (2): 161-194.
- BOUCHAL J.M., GÜNER T.H., VELITZELOS D., VELITZELOS E., DENK T., 2020 – Messinian vegetation and climate of the intermontane Florina-Ptolemais-Servia Basin, NW Greece inferred from palaeobotanical data: how well do plant fossils reflect past environments? *Royal Society Open Science*, 7: 1-30.
- BRAMBILLA G., GALLO M., 2002 – Analisi stratigrafica e paleobotanica della successione messiniana di Bric Santa Margherita (Nizza Monferrato, Asti, Italia NW). *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino*, 19 (1): 191-283.
- BRAMBILLA G., RONCHETTI G., VITTADINI ZORZOLI M., 1982 – Semi e filliti delle argille messiniane (Miocene superiore) di Carbonara Scrivia (Alessandria). *Atti Ist. Bot. Lab. Critt.*, Pavia, (7) 1: 31-40.
- CALECA R., MARTINETTO E., in stampa – Analysis of Pliocene plant macrofossil localities in a sample area (NW Italy) with an evaluation of palaeoenvironmental and geoconservation interest. *Acta Palaeobotanica*.
- CARRARO F. (Ed.), 1996 – Revisione del Villafranchiano nell'area-tipo di Villafranca d'Asti. *Il Quaternario*, 9 (1): 5-119.
- CAVALLO O., PAVIA G., MACAGNO M., 1986 – Fossili dell'Albese: aspetti geologici e paleontologici delle Langhe e del Roero. *Famija albeisa*, 217 pp.
- CIANGHEROTTI A., ESU D., MARTINETTO E., GIUNTELLI P., 2007 – The remarkable Middle Pliocene non-marine mollusc record from Ceresole d'Alba, Piedmont, north-west Italy: biochronology, palaeobiogeography and palaeoecology supported by fossil plants. *Geobios*, 40 (5): 573-587.
- CIMINO D., CHIANTORE O., MARTINETTO E., DAMARCO P., POLI T., 2016 – Leaf compressions from the Late Miocene sections of NW Italy: research on an efficient, easy and quick consolidation treatment. *Fossil Imprint*, 72 (3-4): 172-182.
- DAMARCO P., 2009 – La formazione di un territorio Storia geo-paleontologica dell'Astigiano. *Quaderno Scientifico n. 7. Ente Parchi e Riserve Naturali Astigiani*, 312 pp.
- DELA PIERRE, F., PIANA, F., FIORASO, G., BOANO, P., BICCHI, E., FORNO, M. G., VIOLANTI D., BALESTRO G., CLARI P., D'ATRI, A. R., 2003 – Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. Foglio 157 “Trino”. APAT, Roma, 147 pp.
- DELA PIERRE F., FESTA A., IRACE A., 2007 – Interaction of tectonic, sedimentary and diapiric processes in the origin of chaotic sediments: an example from the Messinian of Torino Hill (Tertiary Piedmont Basin, northwestern Italy). *Geological Society of America Bulletin*, 119: 1107-1119.
- DELA PIERRE F., BERNARDI E., CAVAGNA S., CLARI P., GENNARI R., IRACE A., LOZAR F., LUGLI S., MANZI V., NATALICCHIO M., ROVERI M., VIOLANTI D., 2011 – The record of the Messinian salinity crisis in the Tertiary Piedmont Basin (NW Italy): The Alba section revisited. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 310 (3-4): 238-255.
- DELA PIERRE F., NATALICCHIO M., LOZAR F., BONETTO S., CARNEVALE G., CAVAGNA S., COLOMBERO S., SABINO M., VIOLANTI D., 2016 – The northernmost record of the Messinian salinity crisis (Piedmont basin, Italy). *ISPRA e Società Geologica Italiana, Geological Field Trips, Vol. 8 (2.1): 58 pp.*

- DENK T., 2004 – Revision of *Fagus* from the Tertiary of Europe and southwestern Asia and its phylogenetic implications. *Documenta naturae*, 150: 1-72.
- DENK T., GÜNER T.H., KVAČEK Z., BOUCHAL J.M., 2017a – The early Miocene flora of Güvem (Central Anatolia, Turkey): a window into early Neogene vegetation and environments in the Eastern Mediterranean. *Acta Palaeobotanica*, 57 (2): 237-338.
- DENK T., VELITZELOS D., GÜNER H.T., BOUCHAL J.M., GRÍMSSON F., GRIMM G., 2017b – Taxonomy and palaeoecology of two widespread western Eurasian Neogene sclerophyllous oak species: *Quercus drymeja* Unger and *Q. mediterranea* Unger. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 241: 98-128.
- DERVIEUX E., 1920-21 – Il Museo di Carlo Allioni. *Atti reale Accad. Sc. Torino, Libreria fratelli Bocca, Torino*, LVI (5-6): 83-88.
- FANTONI R., 2005 – Gli studi di Pietro Calderini sulla geologia del Monte Fenera. Il contributo scientifico dei ricercatori locali nell'ottocento valesiano. In: Fantoni R., Cerri R., Dellarole E.: *D'acqua e di Pietra. Associazione Culturale Zeisciu, Alagna Valsesia*, pp. 44-52.
- FERRERO E., PAVIA G., 1996 – La successione marina pre-villafranchiana. In: Carraro F. (Ed.): *Revisione del Villafranchiano nell'area-tipo di Villafranca d'Asti. Il Quaternario*, 9: 36-38.
- FISCHER T.C., BUTZMANN R., 2000 – Die neogene Flora von Meleto (Valdarno, Italien). *Paläobotanik, Paläoökologie und Paläoklima. Documenta naturae, Sonderbandreihe: Flora Tertiaria Mediterranea*, 5 (6): 1-186.
- FORNO M.G., GATTIGLIO M., COMINA C., BARBERO D., BERTINI A., DOGLIONE A., IRACE A., GIANOTTI F., MARTINETTO E., MOTTURA A., SALA B., 2015 – Stratigraphic and tectonic notes on the Villafranca d'Asti type-area and Castelnuovo Don Bosco sector (Asti Reliefs, Piedmont). *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 28 (1): 5-27.
- FRATTINI S., 1990 – Paleoeologia degli orizzonti pliocenici a *Isognomon maxillatus* dei dintorni di Asti (Piemonte). Tesi di laurea inedita, Univ. Milano.
- GAUDANT J., CAVALLO O., COURME RAULT M.-D., FORNACIARI E., LAURIAT RAGE A., 2008 – Paléontologie du gisement de poissons fossiles du Messinien préévaporitique de Roddi, près d'Alba (Piémont, Italie). *Rivista Piemontese di Storia naturale*, 29: 3-60.
- GAUDANT J., CAVALLO O., BONELLI E., 2015 – Découverte d'un spécimen d'*Argyropelecus logearti* Arambourg (Poisson téléostéen, Sternoptychidae) dans le Messinien préévaporitique du Tanaro (Verduno, Piémont). *Rivista Piemontese di Storia Naturale*, 36: 23-31.
- GENNARI R., LOZAR F., NATALICCHIO M., ZANELLA E., CARNEVALE G., DELA PIERRE F., 2020 – Chronology of the Messinian events in the northernmost part of the Mediterranean: The Govone section (Piedmont basin, NW Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 126 (2): 541-560.
- GHIELMI M., ROGLIEDI S., VIGNA B., VIOLANTI D., 2019 – La successione messiniana e plio-pleistocenica del Bacino di Savigliano (settore occidentale del Bacino Terziario Piemontese) - Italia. *Geologia Insubrica*, 13 (1): 1-141.
- GIRONE A., NOLF D., CAVALLO O., 2010 – Fish otoliths from the pre-evaporitic (Early Messinian) sediments of northern Italy: their stratigraphic and palaeobiogeographic significance. *Facies*, 56 (3): 399-432.
- GREGORY K.M., MACINTOSH W., 1996 – Paleoclimate and paleoelevation of the Oligocene Pitch-Pinnacle flora, Sawatch Range, Colorado. *Geological Society of America Bulletin*, 108 (5): 545-561.
- GUGLIELMETTO L., IGUERA L., 1994 – Le Gimnosperme fossili del Museo "Federico Eusebio" di Alba. *Alba Pompeia*, n. s., 15 (2): 31-48.
- GÜNER T.H., BOUCHAL J.M., KÖSE N., GÖKTAS F., MAYDA S., DENK T., 2017 – Landscape heterogeneity in the Yata an Basin (southwestern Turkey) during the middle Miocene inferred from plant macrofossils. *Palaeontographica, Abt. B*, 296 (1-6): 113-171.
- IRACE A., MONEGATO G., TEMA E., MARTINETTO E., GIANOLLA D., VASSIO E., BELLINO L., VIOLANTI D., 2017 – Unconformity-bounded stratigraphy in the Plio-Pleistocene continental record: new insights from the Alessandria Basin (NW Italy). *Geological Journal*, 52 (2): 177-206.
- KNOBLOCH E., 1969 – Tertiäre Floren von Mähren. *Moravskè Museum Brno-Nusejni spolek.*, 201 pp.
- KOVAR-EDER J., KVAČEK Z., MARTINETTO E., ROIRON P., 2007 – Late Miocene to Early Pliocene vegetation of southern Europe (7-4 MA) as reflected in the megafossil plant record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238 (1-4): 321-339.
- KVAČEK Z., VELITZELOS D., VELITZELOS E., 2002. – Late Miocene Flora of Vegora Macedonia N. Greece. *University of Athens*, 175 pp.
- KVAČEK Z., KOVÁČ M., KOVAR-EDER J., DOLÁKOVÁ N., JECHOREK H., PARASHIV V., KOVÁČOVÁ M., SLIVA L., 2006 – Miocene evolution of landscape and vegetation in the Central Paratethys. *Geologica Carpathica*, 57(4): 295-310.
- KVAČEK Z., TEODORIDIS V., ROIRON P., 2011 – A forgotten Miocene mastixioid flora of Arjuzanx (Landes, SW France). *Palaeontographica, Abt. B*, 285 (1): 3-111.
- KVAČEK Z., TEODORIDIS V., DENK T., 2019 – The Pliocene flora of Frankfurt am Main, Germany: taxonomy, palaeoenvironments and biogeographic affinities. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 100 (3): 647-703.

- LIRER F., FORESI L. M., IACCARINO S. M., SALVATORINI G., TURCO E., COSENTINO C., SIERRO F.J., CARUSO A., 2019 – Mediterranean Neogene planktonic foraminifer biozonation and biochronology. *Earth-Science Reviews*, 196: 102869.
- LOZAR F., VIOLANTI D., DELA PIERRE F., BERNARDI E., CAVAGNA S., CLARI P., IRACE A., MARTINETTO E., TRENKWALDER S., 2010 – Calcareous nannofossils and foraminifers herald the Messinian Salinity Crisis: The Pollenzo section (Alba, Cuneo; NW Italy). *Geobios*, 43: 21-32.
- LOZAR F., VIOLANTI D., BERNARDI E., DELA PIERRE F., NATALICCHIO M., 2018 – Identifying the onset of the Messinian salinity crisis: a reassessment of the biostratigraphic tools (Piedmont Basin, NW Italy). *Newsletters on Stratigraphy*, 51 (1): 11-31.
- MACALUSO L., MARTINETTO E., VIGNA B., BERTINI A., CILIA A., TEODORIDIS V., KVAČEK Z., 2018 – Palaeofloral and stratigraphic context of a new fossil forest from the Pliocene of NW Italy. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 248 (1-2): 15-33.
- MAI D.H., 1995a – Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas. Gustav Fischer Verlag., 691 pp.
- MAI D.H., 1995b – Paleocarpological investigations in the Villafranchian (Pliocene) of Italy. *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino*, 13 (2), pp. 407-437.
- MAI D.H., WALTHER H., 1988 – Die pliozänen Floren von Thüringen, Deutsche Demokratische Republik. *Quartärpaläontologie*, 7: 55-297.
- MARTINETTO E., 1994 – Analisi paleocarpologica dei depositi continentali pliocenici della Stura di Lanzo. *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino*, 12 (1), 137-172.
- MARTINETTO E., 1995 – Significato cronologico e paleoambientale dei macrofossili vegetali nell'inquadramento stratigrafico del "Villafranchiano" in alcuni settori del Piemonte. Tesi di Dottorato, Univ. Torino, 149 pp.
- MARTINETTO E., 1996 – Pliocene vegetation at the western margin of the Po Basin. *Allionia*, 34: 349-355.
- MARTINETTO E., 1999 – Chronological framing of Pliocene to Early Pleistocene plant macrofossil assemblages from northern Italy. *Acta Palaeobotanica, Supplement 2*, 503-511.
- MARTINETTO E., 2003 – Leaves of terrestrial plants from the shallow marine and transitional Pliocene deposits of Asti (Piedmont, NW Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 42 (1-2): 11-75.
- MARTINETTO E., 2015 – Monographing the Pliocene and Early Pleistocene carpo-flores of Italy: methodological challenges and current progress. *Palaeontographica, Abt. B*, 293: 57-99.
- MARTINETTO E., BALDANZA A., CEREGATO A., GENTILI S., ZORZIN R., 2019 – Fossili italiani, che cosa si può fare? *Museologia Scientifica*, n. s., 12: 71-81.
- MARTINETTO E., BERTINI A., MANTZOUKA D., NATALICCHIO M., NICCOLINI G., KOVAR-EDER J., 2022 – Remains of a subtropical humid forest in a Messinian evaporite-bearing succession at Govone, northwestern Italy. *Fossil Imprint*, 78, 157-188.
- MARTINETTO E., MAI D.H., 1996 – Macrofossili vegetali. In: Carraro F. (Ed.): *Revisione del Villafranchiano nell'area-tipo di Villafranca d'Asti. Il Quaternario*, 9 (1): 73-79.
- MARTINETTO E., MONEGATO G., IRACE A., VAIANI S.C., VASSIO E., 2015 – Pliocene and Early Pleistocene carpo-pological records of terrestrial plants from the southern border of the Po Plain (northern Italy). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 218: 148-166.
- MARTINETTO E., RISTA C., TARABRA E., 2000 – Classificazione e ordinamento museologico di foglie di Angiosperme messiniane dell'Albese. *Alba Pompeia*, n. s., 21 (1): 5-30.
- MARTINETTO E., SCARDIA G., VARRONE D., 2007a – Magnetobiostratigraphy of the Stura di Lanzo Fossil Forest succession (Piedmont, Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 113 (1): 109-125.
- MARTINETTO E., UHL D., TARABRA E., 2007b – Leaf physiognomic indications for a moist warm-temperate climate in NW Italy during the Messinian (Late Miocene). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253 (1-2): 41-55.
- MARTINETTO E., TEMA E., IRACE A., VIOLANTI D., CIUTO M., ZANELLA E., 2018 – High-diversity European palaeoflora favoured by early Pliocene warmth: New chronological constraints from the Ca' Viettone section, NW Italy. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 496: 248-267.
- MASSALONGO A., SCARABELLI G.F., 1859 – *Studi sulla flora fossile e geologia stratigrafica del Senigalliese*. Premiata Lit. Penuti, Verona, 506 pp.
- NATALICCHIO M., DELA PIERRE F., LUGLI S., LOWENSTEIN T.K., FEINER, S.J., FERRANDO S., MANZI V., ROVERI M., CLARI P., 2014 – Did late Miocene (Messinian) gypsum precipitate from evaporated marine brines? Insights from the Piedmont Basin (Italy). *Geology*, 42: 179-182.
- NATALICCHIO M., DELA PIERRE F., BIRGEL D., BRUMSACK H., CARNEVALE G., GENNARI R., GIER S., LOZAR F., PELLEGRINO L., SABINO M., SCHNETGER B., PECKMANN J., 2019 – Paleoenvironmental change in a precession-paced succession across the onset of the Messinian salinity crisis: Insight from element geochemistry and molecular fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 518: 45-61.
- NATALICCHIO M., PELLEGRINO L., CLARI P., PASTERO L., DELA PIERRE F., 2021 – Gypsum lithofacies and stratigraphic architecture of a Messinian marginal basin (Piedmont Basin, NW Italy). *Sedimentary Geology*, 425, 106009.

- NICCOLINI G., BERTINI A., LANINI B., MENICETTI E., FUSCO F., HAKOBYAN E., MARTINETTO E., 2022 – Late Messinian flora from the post-evaporitic deposits of the Piedmont Basin (NW, Italy). *Fossil Imprint*, 78, 189-216.
- PAVIA G., 1970 – Resti di *Anancus arvernensis* e flora ad affinità plioceniche nel Villafranchiano inferiore della cava di Arboschio (Villafranca d’Asti). *Memorie della Società Geologica Italiana*, 9, 157-176.
- PAVIA G., BORTOLAMI G., DAMARCO P. (eds.), 2004 – Censimento dei geositi nel settore regionale Collina di Torino e Monferrato. *Quaderni scientifici Piemonte Parchi*, 5, 146 pp.
- PEOLA P., 1895 – Flora fossile braidese. Tip. Racca, Bra (Cuneo), 134 pp.
- PEOLA P., 1896 – Flora fossile dell’Astigiano. *Rivista Italiana di Paleontologia*, 2 (3), 139-158.
- PEOLA P., 1899a – Florula messiniana di Monte Castello d’Alessandria. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 18: 44-51.
- PEOLA P., 1899b – Flora messiniana di Guarene e dintorni. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 18: 225-255.
- PEOLA P., 1900 – Flora tongriana di Pavone d’Alessandria. *Boll. Bollettino della Società Geologica Italiana*, 19: 36-62.
- PEOLA P., 1901 – La vegetazione in Piemonte durante l’Era Terziaria. *Riv. Fis. Mat. Sc. nat. Pavia*, 1901: 1-45.
- PEOLA P., inedito, circa 1899 – Flora terziaria del Piemonte. 263 pp. [manoscritto nella biblioteca Malaroda dell’Università di Torino].
- PÉRÈS J.M., PICARD J., 1964 – Nouveau manuel de bionomie bentique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station marine d’Endoume, Marseille*, 31 (47): 5-137.
- PIANA F., BARALE L., COMPAGNONI R., D’ATRI A.R., FIORASO G., IRACE A., MOSCA P., TALLONE S., MONEGATO G., MORELLI M., 2017 – Geological Map of Piemonte region at 1: 250,000 scale, Explanatory Notes. *Memorie dell’Accademia delle Scienze di Torino, Serie V, Cl. Sci. Fis.*, 41, 2-148.
- SACCO F., 1889 – Il bacino terziario e quaternario del Piemonte. Tip. Bernardoni, Milano, 939 pp.
- SISMONDA E., 1859 – Prodrome d’un flore tertiaire du Piemont. *Memorie della Regia Accademia delle Scienze di Torino*, ser. 2, 18: 519-547.
- SISMONDA E., 1865 – Matériaux pour servir à la paleontologie du terrain tertiaire du Piemont, *Memorie della Regia Accademia delle Scienze di Torino*, ser. 2, 22: 391-471.
- SORDELLI F., 1896 – Flora Fossilis Insubrica. Studi sulla vegetazione di Lombardia durante i tempi geologici. Tip. Cogliati, Milano, 298 pp.
- TEODORIDIS V., KVAČEK Z., AGOSTINI S., MARTINETTO E., ROSSI M.A., CAVALLO O., 2015a – Feather palm foliage from the Messinian of Italy (Capo di Fiume, Palena and Pollenzo near Alba) within the framework of Northern Mediterranean late Miocene flora. *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B, Historia Naturalis*, 72 (3-4): 301-314.
- TEODORIDIS V., KVAČEK Z., SAMI M., UTESCHER T., MARTINETTO E., 2015b – Palaeoenvironmental analysis of the Messinian macrofossil floras of Tossignano and Monte Tondo (Vena del Gesso basin, Romagna Apennines, northern Italy). *Acta Musei Nationalis Pragae, Series B, Historia Naturalis*, 71 (3-4): 249-292.
- TEODORIDIS V., KVAČEK Z., SAMI M., 2017 – Revision of the Messinian flora of Polenta (Romagna Apennines, Northern Italy). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 283: 221-237.
- VELITZELOS D., BOUCHAL J.M., DENK T., 2014 – Review of the Cenozoic floras of Greece. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 204: 56-117.
- VIOLANTI D., MARTINETTO E., PAVIA M., 2003 – Giornate di Paleontologia 2003. Guida alle escursioni. 2a edizione, *Dip. Scienze della Terra, Torino*, 59 pp. [Disponibile presso la Biblioteca del Dipartimento di Scienze della Terra, Sezione “Roberto Malaroda”].
- WÄLDCHEN J., RZANNY M., SEELAND M., MÄDER P., 2018 – Automated plant species identification - Trends and future directions. *PLoS Computational Biology*, 14 (4): e1005993.
- WIEMANN M.C., MANCHESTER S.R., DILCHER D.L., HINOJOSA L.F., WHEELER E.A., 1998 – Estimation of temperature and precipitation from morphological characters of Dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*, 85 (12): 1796-1802.
- WILF P., WING S., GREENWOOD D.R., GREENWOOD C.L., 1998 – Using fossil leaves as paleoprecipitation indicators: An Eocene example. *Geology*, 26 (3): 203-206.
- WILF P., WING S.L., MEYER H.W., ROSE J.A., SAHA R., SERRE T., CÚNEO N.R., DONOVAN M.P., ERWIN D.M., GANDOLFO M.A., GONZÁLEZ-AKRE E., HERRERA F., HU S., IGLESIAS A., JOHNSON K.R., KARIM T.S., ZOU, X., 2021 – An image dataset of cleared, x-rayed, and fossil leaves vetted to plant family for human and machine learning. *PhytoKeys*, 187: 93-128.
- WING S.L., GREENWOOD D.R., 1993 – Fossils and fossil climate: the case for equable continental interiors in the Eocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences*, 341 (1297): 243-252.
- ZIDIANAKIS G., ILIOPOULOS G., ZELLIDIS A., KOVAR-EDER J., 2020 – Three (middle to) late Miocene plant macro-remain assemblages (Pitsidia, Kassanoi and Metochia) from the Messara-Gavdos region, southern Crete. *Acta Palaeobotanica*, 60 (2): 333-437.