

## UNA SEQUENZA PALINOLOGICA DI ETÀ RUSCINIANA NEI SEDIMENTI LACUSTRI BASALI DEL BACINO DI AULLA-OLIVOLA (VAL DI MAGRA)

REMO BERTOLDI

*Key-words:* Palynology, Ruscinian, Villafranchian, Val di Magra, Northern Italy.

*Abstract.* Palynological investigations were carried out on the basal sediments of the Aulla-Olivola basin, precisely on the Aulla lacustrine deposit, which underlies by about 200 m, both stratigraphically and geometrically, the Olivola village, known for its famous Villafranchian fauna.

This research has revealed:

- a very rich palynoflora and a long, complex, vegetational succession, dominated by arboreal formations, with high abundance of exotic taxa, including also tropical-subtropical elements;
- a climatic sequence characterized by oscillations reflecting seasonality, especially in pluvial regime. A most evident climatic change occurs in the middle of the sequence.

Moreover, the palynological sequence made it possible:

- to assign the examined sequence to the Pliocene, because of the abundance of "Tertiary" elements (*Taxodium*-type, *Sciadopitys*, *Sequoia*-type, *Nyssa*, *Palmae*, etc.);
- to ascertain the rather archaic character of the Aulla pollenflora because of the significant occurrence of pollen assemblages mainly confined to pre-Pliocene and early Pliocene (*Symplocos*, *Sapotaceae*, *Clethraceae/Cyrtillaceae*-type, *Magnolia*-type, *Sapindaceae*-type, *Sterculiaceae*, cfr. *Castanopsis*, *Tricolporopollenites* sp. of archaic-type, etc.);
- to compare the Aulla pollenflora with other Pliocene pollen microfloras from Italy and other areas and to evidence affinities and differences.

From these comparisons it appears clearly that the Aulla lacustrine episode represents the most ancient continental Pliocene deposit discovered in Italy by means of pollen analyses so far. In fact, the palynological and climatic features indicate that the pollen sequence of Aulla is certainly older than the establishment of glacial/interglacial climatic cycles in the Northern Hemisphere (~2,5 Ma). Also the Villafranca d'Asti deposit (Early Villafranchian in age) is older than 2,5 Ma on the base of the paleomagnetic data. But the pollen floras of Villafranca d'Asti (Fornace R.D.B.) do not include the pre-Pliocene and early Pliocene elements, which characterize the Aulla pollen records.

All these considerations lead to suggest an older chronostratigraphic collocation of the Aulla sequence, most likely in a pre-Villafranchian interval, i.e., in the Ruscinian stage interval. The large floristic affinities with the pollen zones of the Brunssumian of the Netherlands, entirely included in the Ruscinian stage, and also the pollen affinities with the continental middle-Pliocene western-alpine deposits support the chronostratigraphical assignation of the Aulla deposit to a (probably late) Ruscinian phase.

Finally, the pollen record of Aulla represents a particular uniform floristic biozone, which is named here "Macrian" phase, easily distinguished from the contiguous vegetational biozones.

The results reported above allow to extend the chronostratigraphic scheme of the paleofloristic evolution in Northern-Central Italy during the Pliocene.

## Introduzione.

La Val di Magra è nota da oltre un secolo per i suoi depositi fluvio-lacustri contenenti faune fossili a Vertebrati di età Villafranchiana (Cocchi, 1886; Capellini, 1860, 1886, 1888; Forsyth Mayor, 1890; Zaccagna, 1925; Azzaroli, 1950, 1977).

Tali depositi, talora assai potenti, si estendono in lembi discontinui, in direzione SE-NW lungo tutto l'alveo del F. Magra, su di un'area andata soggetta ad una tettonica estensionale, differenziata nel tempo e nello spazio, nel corso del Neogene superiore (Federici, 1973, 1980; Bartolini et al., 1982). I movimenti tettonici hanno impresso al versante ligure di questa parte di Appennino la tipica morfologia a dorsali e depressioni, dando luogo alla formazione di bacini intermontani, riempiti successivamente da sedimenti fluviali e lacustri. Il più esteso di questi bacini intervallivi, ed anche il più potente, risulta essere quello di Aulla-Olivola, da cui proviene anche la più significativa e conosciuta fauna a Vertebrati.

Negli altri bacini della Val di Magra le faune sono di solito scarse od addirittura mancanti, comunque per ora tutte inadeguate per comprovare una precisa collocazione nel tempo di questi depositi, per cui permangono ancora numerose incertezze riguardo al loro periodo di formazione (Federici et al., 1982).

L'indagine palinologica può offrire un valido contributo ad approfondire problemi paleogeografici e di cronostatigrafia relativa. In caso fortunato, potrebbe mettere a disposizione prove circa il periodo di formazione ed i tempi di apertura progressiva dei vari bacini in subsidenza, da valle a monte, come recentemente ipotizzato (Federici, 1980; Bartolini et al., 1982). A tal fine è necessario ricercare sedimenti idonei ad una minuziosa esplorazione palinologica, localizzati nella parte basale dei bacini ed inoltre successioni appropriate, alquanto estese, in modo da poter offrire sequenze palinostratigrafiche affidabili.

La sezione di Aulla-Olivola presenta per l'appunto nella sua parte basale un considerevole complesso di sedimenti schiettamente lacustri o lacustro-lignitiferi. Oggetto di questo lavoro è proprio lo studio palinologico del deposito lacustre di Aulla, affiorante nella cava posta subito a nord dell'omonimo abitato.

## Cenni stratigrafici-paleontologici sul bacino di Aulla-Olivola e sulle ricerche paleobotaniche in Val di Magra.

Il bacino intervallivo di Aulla-Olivola, situato nella media Val di Magra, è ubicato tra i corsi inferiori del T. Aulella e Bagnone, affluenti di sinistra del F. Magra, presso Aulla (Fig. 1).

Esso è stato oggetto di studi geologico-paleontologici da parte di numerosi Autori. Per gli scopi di questo lavoro è sufficiente accennare solo alla ricostruzione stratigrafica della potente successione sedimentaria - calcolabile superiore a 250 m (Fig. 2) - fatta recentemente da Federici et al. (1982). Secondo questi Autori nella sezione si susseguono dal basso all'alto:

I) una fase lacustre rappresentata da limi e da argille cinerine dei torrenti Rovinello, Pescigola, della cava di Aulla, etc. Questi sedimenti sono da considerare i più antichi del bacino, tuttavia la base dei depositi continentali non è affiorante;

II) una fase fluvio-lacustre, rappresentata da varie alternanze argilloso-sabbiose e li-

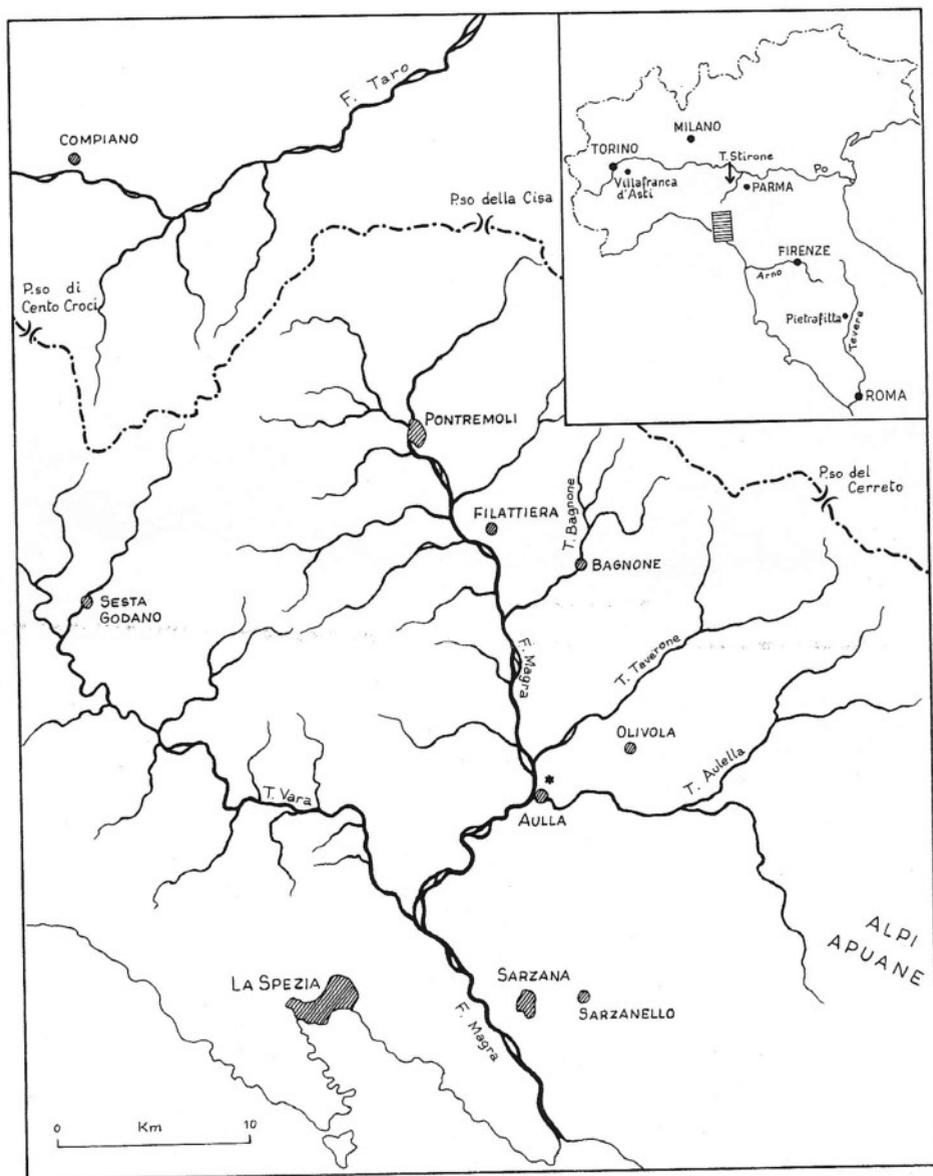


Fig. 1 - La Val di Magra ai limiti settentrionali della Toscana, con ubicazione del deposito lacustre (\*) di Aulla. Sono segnate pure altre località della zona note per i loro depositi Villafranchiani.

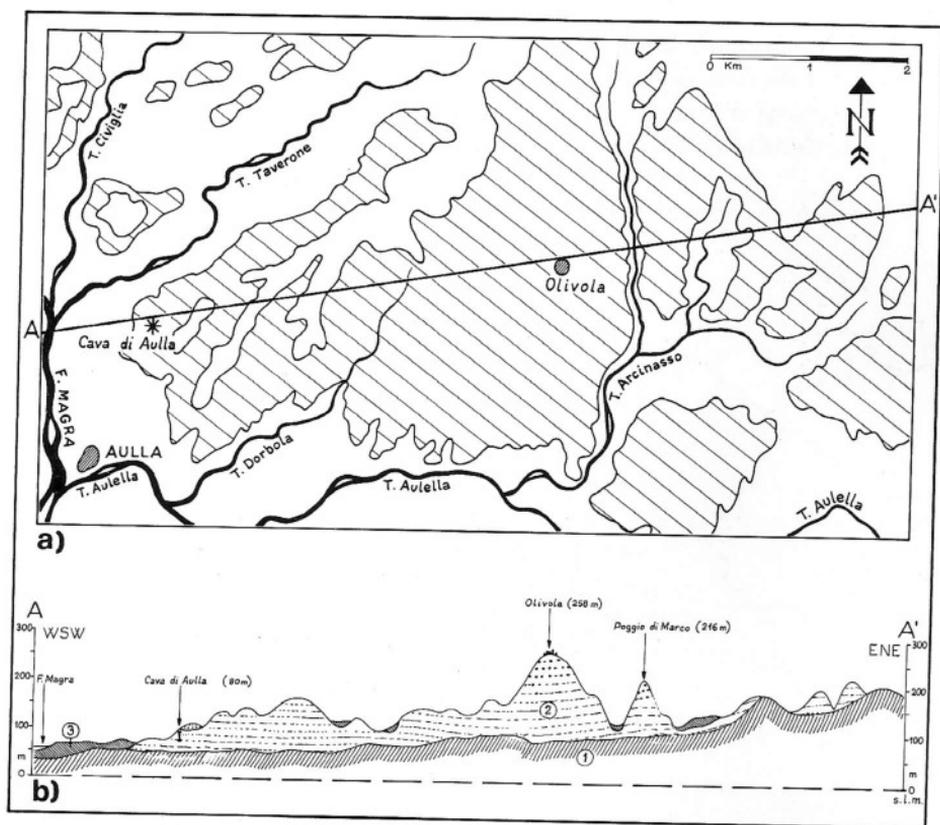


Fig. 2 - Cartina schematica indicante: a) gli affioramenti del deposito Rusciniano-Villafranchiano di Aulla-Olivola; b) il relativo profilo geologico schematico, che evidenzia i rapporti di giacitura tra la serie studiata e la fauna di Olivola (da Leonardi, 1966-67, modificato).  
 Legenda della sezione geologica schematica: 1) Rocce del substrato (Cretacico-Paleogene); 2) deposito continentale Rusciniano-Villafranchiano di Aulla-Olivola; 3) alluvioni recenti.

velli ciottolosi della strada Quercia- Olivola;

III) una fase di colmamento prevalentemente fluviale, rappresentata da sabbie argilloso-siltose gialle e dai conglomerati di Olivola. È da questi ultimi sedimenti, in particolare da uno strato sommitale di sabbia argillosa, sito a nord del paese di Olivola, che proviene la famosa fauna a Vertebrati. Essa è stata attribuita alla parte più antica del Villafranchiano superiore da Azzaroli (1950, 1977).

Lo studio palinologico ha interessato, come già detto, il complesso sedimentario della fase I), affiorante nella cava di Aulla. La sezione della cava e la successione sedimentaria dettagliata sono illustrate nella Fig. 3 e relativa didascalia.

Per quanto concerne la parte paleontologica, la cava di Aulla finora non ha fornito resti di Vertebrati. In questi anni è stata invece condotta una ricerca micropaleobota-

nica su alcuni campioni di questa cava, ricerca che ha messo già in luce una composizione arcaica di certi spettri pollinici, tale da far attribuire i livelli in questione al Villafranchiano medio (Federici et al., 1982). Verosimilmente la campionatura prelevata allora non era adeguata e sufficiente per un maggior approfondimento palinologico.

Interessanti sono poi altre ricerche condotte, in tempi assai diversi, su altri depositi della Val di Magra. Anzitutto, in ordine di tempo, le ricerche macropaleobotaniche eseguite nella bassa Val di Magra, nel bacino di Sarzana, ove furono raccolte una trentina di filliti, tutte determinate da Heer (Capellini, 1860). La macroflora comprende Taxodiacee (*Glyptostrobus europaeus* e *Sequoia langsdorffi*), Fagacee (due specie di *Quercus* e due di *Fagus*), Betulacee (una specie di *Betula* e di *Carpinus*), Juglandacee (due specie di *Juglans* ed una di *Pterocarya*), Lauracee (*Laurus*, *Oreodaphne*, *Cinnamomum*, tutti con una specie), Ramnacee (*Rhamnus* e *Berchemia*) e poi sempre con un solo esemplare *Platanus*, *Populus*, *Hedera*, *Andromeda*, *Celastrus*, *Planera*, *Acer*, *Liquidambar*, *Sapotacites*, *Lastraea*, *Phyllites*, *Prunus*. Sulla base dell'affinità delle flore fossili, il Capellini propendeva ad attribuire a questa macroflora un'età miocenica; il riferimento cronologico tuttavia sembra ancora in discussione (Federici, 1973), anche in considerazione del fatto che la macroflora non è molto ricca ed è evidentemente lacunosa.

In tempi recenti, nell'alta Val di Magra, nel bacino di Pontremoli, un episodio lacustre ha svelato una palinoflora certamente pleistocenica inferiore (Bertoldi, 1984). Tale episodio lacustre è poi in connessione con il ritrovamento di resti di *Anancus arvernensis* Croizet & Jobert (Federici, 1981). Di sicuro interesse è pure il deposito fluvio-lacustre di Compiano (alta Val Taro) che, seppur non ubicato nel bacino idrografico del F. Magra, è localizzato sulla stessa direttrice SE-NW dei bacini della Val di Magra; i suoi sedimenti di base sono stati attribuiti recentemente al Villafranchiano, in parte pliocenico ed in parte pleistocenico, in base ad indagini palinologiche (Bertoldi, 1985).

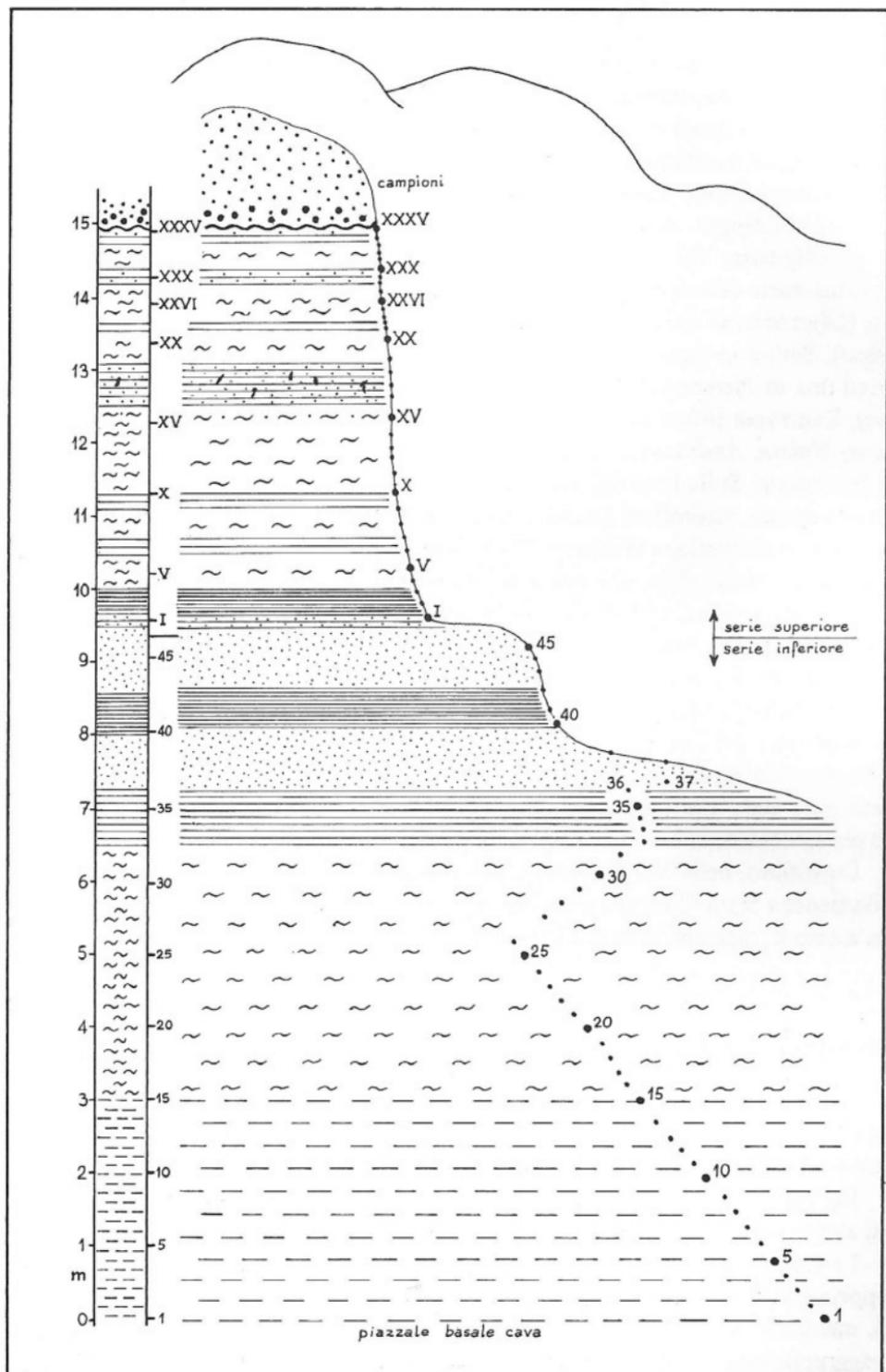
Da ultimo, nella Val di Vara, la più ampia vallata laterale di destra del F. Magra, precisamente a Sesta Godano, un breve episodio lacustre rappresentato da argille sabbiose, ha messo in luce una flora pollinica alquanto arcaica (Bertoldi, in prep.).

### Preparazione dei campioni e metodo.

Il metodo adottato è quello standard: trattamento con acidi forti e successiva bollitura in alcali. Un grande numero di campioni, tutti quelli argilloso-lignitiferi, sono stati inoltre trattati con il metodo della cloro-acetolisi.

Per ogni livello sono stati generalmente contati più di 200 granuli, con una media che si avvicina ai 300 granuli per spettro.

I risultati dell'analisi pollinica sono stati esposti in due diagrammi: il primo (Fig. 4) rappresenta il diagramma pollinico analitico delle sole piante arboree e/o arbustacee (PA), mentre il secondo (Fig. 5) fornisce la sequenza palinologica complessiva espressa, per raggruppamenti ambientali-vegetazionali, sul totale dei pollini contati, cioè sull'insieme delle piante arboree (PA) e delle piante non arboree (PNA).



LITOLOGIA : a b c d e

## La palinoflora di Aulla.

Lo studio pollinico del deposito ha portato alla luce una flora ricca sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Sono stati infatti riconosciuti quasi un centinaio di *taxa* fra piante arboree e non arboree.

Nel diagramma delle PA (Fig. 4) sono anzitutto evidenziate le curve delle piante forestali principali, cioè di quelle quantitativamente meglio rappresentate. Emerge immediatamente che non vi sono rilevanti differenze floristiche tra la serie inferiore (camp. 15-42) e la serie superiore (camp. I-XXXV) del diagramma (1), ma solo deboli oscillazioni delle varie curve, eccetto nel bancone argilloso (c. 40-42) compreso tra i due grossi strati di sabbia dove tutte le piante arboree principali subiscono brusche flessioni od impennate.

In particolare le Conifere con i generi *t. Taxodium* e *Pinus* presentano i valori maggiori. La curva del *t. Taxodium* inizia su valori del 30%, si abbassa gradualmente a 10% per poi salire verso il 15-20% nella serie superiore, mentre quella di *Pinus* da valori dapprima contenuti, va via via innalzandosi specie nella parte finale della sequenza. Nel-

---

1) La serie superiore della cava di Aulla è stata oggetto di uno studio pollinico preliminare nell'ambito della tesi di laurea della Sig.na S. Lona, sostenuta presso l'Università di Parma, sotto la direzione dell'autore.

---

- Fig. 3 - Sezione stratigrafica della cava di Aulla, con ricostruzione della relativa colonna stratigrafica e posizione dei campioni prelevati (serie inferiore: campioni 1-45; serie superiore: I-XXXV). La campionatura della serie inferiore fu eseguita, in collaborazione con il Prof. Zanzucchi, nell'estate 1983; i campioni della sezione superiore furono invece prelevati nel luglio 1984 a seguito del proseguimento dei lavori di scavo nella parte superiore della cava, che hanno portato ad un notevole arretramento del fronte di scavo ed alla messa a nudo ad un certo punto di un taglio verticale di una decina di metri di spessore, partendo proprio dal piazzale intermedio superiore. Questo scavo dopo qualche settimana fu completamente riempito e la collinetta spianata. Nella sezione complessiva di Aulla si susseguono dal basso verso l'alto:
- 0-3,00 m: complesso di argille compatte, leggermente siltose, con frequenti noduli limonitici rossastri (camp. 1-14). Questo complesso è risultato sterile in sporomorfi o con livelli contenenti una palinoflora evidentemente rimaneggiata;
  - 3,00-6,30 m: argille fogliettate, talora ricche in elementi carboniosi (camp. 15-31);
  - 6,30-7,20 m: argille siltose chiare, compatte (camp. 32-36);
  - 7,20-8,00 m: grosso strato di sabbia grigiastra (camp. 37-39);
  - 8,00-8,50 m: banco di argille siltose, grigie, compatte, talora alquanto sabbiose (camp. 40-42);
  - 8,50-9,50 m: banco intermedio superiore di sabbia grigia (camp. 43-45);
  - 9,50-10 m: argilla sabbiosa passante ad argilla grigia (camp. I-III);
  - 10,00-14,90 m: argille fogliettate con frequenti intercalazioni di letti lignitici e di argille più o meno sabbiose (camp. IV-XXXV);
- La linea ondulata in corrispondenza del camp. XXXV indica la troncatura erosionale della serie lacustre, ricoperta dalla successiva formazione i);
- oltre 14,90 m: formazione continentale al tetto del deposito della cava costituita alla base da ghiaie molto fini passanti a sabbie gialle e, ancor più in alto, a sabbie poco argillose giallastre. Questo complesso è ovviamente del tutto sterile in sporomorfi.
- Legenda litologica: a) argille compatte a noduli limonitici; b) argille fogliettate lignitifere; c) argille siltose chiare compatte; d) argille siltose grigie compatte, più o meno sabbiose; e) ghiaie fini e/o sabbie più o meno grossolane.

la parte mediana in particolare (c. 40-42) diventa dominante con il 70%, abbattendo tutte le altre curve.

Nel settore del *Pinus* è segnata la curva del *Pinus* t. *haploxylo*n s.s. che presenta, merita sottolinearlo, un decorso del tutto parallelo e concordante con quella delle altre specie di Pini (1).

Seguono in ordine decrescente di abbondanza *Abies* assieme a t. *Keteleeria*, *Picea* (dal tipo piccolo al tipo grande), *Tsuga*, *Cedrus*, *Sciadopitys*, t. *Sequoia*, *Podocarpaceae* (t. *Podocarpus* e t. *Dacrydium*), t. *Pseudotsuga* e cfr. *Taxus*.

Fra le latifoglie spiccano le curve del Querceto con *Tilia* (*Tilia* t. *cordata* anzitutto), *Quercus* (compresa *Q. t. ilex* ed alcune forme che tendono ad allontanarsi dal tipo), *Ulmus* e la curva del Carieto con *Carya* (comprese forme di Juglandacee cfr. *Carya*), *Pterocarya*, *Engelhardtia/Platycarya*; sono invece sporadici *Juglans*, come pure *Fraxinus* ed *Acer*. Valori continui ed apprezzabili (max. 5%) presentano *Zelkova* (t. *Planera* p.p.), *Liquidambar*, *Fagus*; quasi continui *Castanea* (con t. *Castanea*), *Araliaceae* (*Hedera* p.p.), *Ilex* e t. *Liriodendron*. Curve discontinue, ma distribuite in tutta la sezione di Aulla, mostrano *Betula*, *Anacardiaceae* varie con *Rhus* e *Pistacia*, *Oleaceae* (con *Phillyrea* e t. *Olea*), *Eucommia*, *Celtis*, *Sapotaceae*, t. *Clethraceae/Cyrillaceae*, t. *Magnolia*, *Sterculiaceae*; significativamente invece *Nyssa*, *Palmae* (diversi tipi) e *Symplocos* (diverse forme) tendono addirittura a curva continua. Sporadici ma distribuiti più o meno uniformemente sono i reperti di *Buxus*, *Myrtaceae*, *Viscum*, t. *Platanus*, *Celastraceae*, *Myrica*, *Parrotia*, cfr. *Coriaria*, *Phellodendron*, t. *Laurus* e cfr. *Ginkgo*. Rari invece i ritrovamenti di *Ostrya*, *Carpinus*, *Corylus*, *Rhamnus*, cfr. *Actinidia*, t. *Sapindaceae*, *Parthenocissus*, cfr. *Castanopsis*, t. *Drymis*, cfr. *Tillandsia*, oltre a granuli non diagnosticati a livello generico di *Gymnospermae* ancestrali e a pollini di incerta attribuzione botanica, indicati con classificazione morfologica come *Rhooidites pseudocingulum* R. Pot. con diverse forme.

Da ultimo sono state segnate nel diagramma le piante con significato strettamente locale, come *Alnus* e *Salix* + cfr. *Populus* con valori oscillanti rispettivamente sul 10% e 5% e granuli di piante indicati morfologicamente come *Inaperturopollenites* riferibili p.p. a *Juniperus* e ad altre *Cupressaceae*. I diversi tipi pollinici indicati come *Tricolporopollenites* sp. sono di dubbia attribuzione tassonomica, probabilmente rapportabili a cfr. *Cupuliferae* di tipo ancestrale e ad altre piante.

Le piante non arboree (PNA) sono rappresentate in una curva complessiva solo nel diagramma di Fig. 5, in quanto non abbondanti. Si tratta in maggior parte di Idrofite o di piante legate comunque ad ambienti umidi. Gli altri tipi di piante erbacee sono quantitativamente in netta minoranza, sebbene ricche qualitativamente. L'elenco dei vari *taxa* riconosciuti è riportato nella didascalia di Fig. 5.

1) Non sembra per ora di poter attribuire il *Pinus haploxylo*n a cfr. *Cathaya* come proposto da Suc (*in lit.*, sia per ragioni di diagnosi pollinica sia per ragioni paleobotaniche, suffragate anche da studi recenti (Biondi et al., 1985). La sequenza di Aulla per di più offre un'ulteriore dimostrazione che la curva del *Pinus haploxylo*n s.s. è vegetazionalmente in sintonia con quella degli altri Pini. La *Cathaya* dovrebbe avere, rispetto a *Pinus*, una curva discordante vegetazionalmente. Infatti le vegetazioni a *Pinus* e a *Cathaya* sono ecologicamente incompatibili.

## La sequenza vegetazionale e climatica di Aulla.

I risultati analitici dell'indagine pollinica sono stati elaborati in un diagramma vegetazionale comprensivo di tutti i pollini contati, espresso attraverso sei raggruppamenti floristici, di significato ambientale-vegetazionale nonché stratigrafico (Fig. 5 e relativa didascalia), e cioè:

1) Elementi "terziari" o gruppo delle *Taxodiaceae* comprensivo di tutti gli elementi arcaici esotici; 2) elementi mediocratici, in prevalenza latifoglie decidue, miste talora con latifoglie sempreverdi; 3) *Pinaceae* (escluso *Picea-Abies*); 4) elementi esigenti montani; 5) altre PA; 6) PNA.

Risalta immediatamente la netta dominanza delle formazioni arboree (PA) su quelle non arboree (PNA) in tutta la sequenza, con un rapporto medio di 90/10. Per di più la curva delle PNA è in larga parte costituita da erbacee legate all'ambiente acquatico, per cui essa perde significato da un punto di vista vegetazionale ed ecologico, tranne in qualche livello.

Tra le formazioni forestali spiccano gli elementi "terziari", sempre presenti e sempre con larga rappresentanza fino a dominanza in qualche intervallo.

Gli altri raggruppamenti manifestano evidenti variazioni quantitative, che permettono di suddividere il diagramma in zone polliniche (z.p.), indicate con lettera da Z a S, attestanti fasi vegetazionali differenti, che vengono brevemente descritte partendo dal basso:

z.p.Z: fase vegetazionale caratterizzata da dominanza degli elementi "terziari" (fino al 35% della somma pollinica totale). Gli altri gruppi floristici presentano vistose oscillazioni. Il livello più profondo poi mostra abbondanza di Idrofite che fanno innalzare considerevolmente la curva delle PNA;

z.p.Y: fase caratterizzata dalla predominanza delle mediocratiche (ove raggiungono i massimi valori: >50%). Le *Taxodiacee* con gli altri elementi arcaici si attestano sul 20% circa. Modeste e contenute le oscillazioni delle *Pinacee* e quelle degli altri elementi montani più esigenti;

z.p.X: zona contraddistinta da marcate fluttuazioni delle *Pinacee*, *Pinus* essenzialmente, e dalla nutrita rappresentanza del gruppo *Abies-Picea-Fagus-Betula*, che raggiunge qui i massimi valori nella sequenza (dal 10 al 18%). Le *Taxodiacee* oscillano fra il 10-15%. Questa fase molto favorevole allo sviluppo forestale termina bruscamente, con curve aperte, non raccordabili a quelle della fase successiva. Ciò parla a favore di un breve *hiatus* pollinico, documentabile - del resto - anche nel repentino cambiamento litologico;

z.p.V: zona pollinica non in diretto raccordo, come accennato, con la sottostante, in quanto isolata e compresa fra i due banconi sabbiosi. È l'unica fase attestante un pronunciato cambiamento vegetazionale, con netta predominanza delle *Pinaceae*, *Pinus* soprattutto (sia *P. diploxylon* che *P. haploxylon* in parti uguali), mentre si restringono notevolmente le *Taxodiacee* e drasticamente le mediocratiche. Il gruppo *Picea-Abies* è contenuto (5-7%), come pure modesti sono i valori delle PNA (max. 12%);

z.p.U: fase di transizione fra zone contigue, con progressivo aumento delle piante

indicate come "terziarie" e delle mediocratiche, mentre decrescono rapidamente tutte le Pinacee;

z.p.T: fase a larga espansione delle mediocratiche (*Tilia, Carya, Pterocarya, Quercus* anzitutto), con *Taxodiaceae* ed altre essenze consociate in dilatazione. Le Pinacee, comprese quelle montane esigenti, sono alquanto depresse od addirittura con valori esigui;

z.p.S: fase caratterizzata da mediocratiche lentamente ma progressivamente decrescenti, con brusco declino negli ultimi due livelli, mentre le Pinacee, con *Pinus* seguito a distanza da *Cedrus, Tsuga*, sono costantemente in ascesa fino al loro predominio negli ultimi spettri. Buona e più o meno costante rappresentanza di *Taxodiaceae* e contenute pulsazioni del gruppo *Picea-Abies*. La sequenza è interrotta improvvisamente dal passaggio litologico repentino alle sabbie giallastre di copertura.

La sequenza vegetazionale filmata mette in evidenza l'esistenza di consorzi forestali diversi ed a diverse esigenze climatiche, che ovviamente dovevano essere distribuiti in fasce vegetazionali di altitudine. Tale modello rispecchia l'organizzazione attuale della vegetazione di altitudine. Tuttavia la costante presenza ad Aulla di elementi "arcto-terziari" ad odierna distribuzione tropicale-subtropicale, con esigenze quindi mega-mesotermiche (per es. *Palmae, Symplocos, Clethraceae/Cyrillaceae, t. Sapindaceae, Sterculiaceae, t. Magnolia...*) complica l'interpretazione. Essi dovevano associarsi nell'orizzonte litorale-sublitorale fino a quello submediterraneo ad elementi sempreverdi termofili, quali *Quercus t. ilex, Pistacia, Phillyrea* ed altre *Oleaceae, t. Laurus, Rhamnaceae* ed altre piante, con possibili infiltrazioni sporadiche anche nell'orizzonte delle foreste decidue e qualcuno, per es. *Symplocos*, anche oltre, come fa fede la sua attuale distribuzione nell'Asia SE (Schimper & v. Faber, 1935; Tomaselli, 1969). Altri elementi esotici a carattere più mesotermico vegetavano in boschi misti a latifoglie prevalentemente decidue, dall'entroterra all'orizzonte submontano, oppure lungo corsi o specchi d'acqua. Le conifere ancestrali (*Sequoia, Sciadopitys, Pini* arcaici, *Tsuga, Cedrus*) ed inoltre Podocarpacee si consociavano principalmente, dall'orizzonte submontano al piano montano, in luoghi idonei, con Pini di diverse specie ed esigenze.

La sequenza di Aulla custodisce anche reperti di vegetazione montana esigente (*Picea, Abies, Fagus, Betula*), la cui sorgente, tenuto conto delle condizioni paleogeografiche, dovrebbe essere localizzata con tutta probabilità sulle pendici delle vicine Alpi Apuane. Le oscillazioni della curva pollinica rifletterebbero per l'appunto le variazioni altimetriche o le espansioni di questo gruppo sulle Apuane.

Le condizioni climatiche rispecchiate dall'andamento vegetazionale sono generalmente molto favorevoli, sia per il fattore termico che idrico, allo sviluppo di foreste complesse, in special modo nelle z.p. Y e X della serie inferiore. Un clima verosimilmente temperato-caldo, con precipitazioni annuali medie consistenti. La stagionalità, solo forse per il fattore termico e non tanto per quello idrico, sembra non accentuata. La presenza ad Aulla poi di diversi elementi tipici tropicali-subtropicali (*Palmae, Symplocos, Sapotaceae, Clethraceae/Cyrillaceae, t. Magnolia...*), a mio avviso, non fa assumere alla sequenza un significato climatico particolare; in effetti, se pur costantemente presenti nella serie studiata, non mostrano mai larga diffusione. Essi sono quindi interpretabili quali

reliqui di una vegetazione ben più dilatata ed antica, ad esigenze climatiche appropriate, ma sostituita già da tempo nella regione considerata.

Variazioni climatiche più o meno pronunciate sono testimoniate dalle altre fasi vegetazionali. Così la fase basale del diagramma, z.p.Z, attesta un periodo di transizione verso condizioni climatiche più stabili; verosimilmente sta cambiando soltanto il regime pluviometrico. D'altronde il passaggio litologico fra le argille siltose del complesso di base e le argille fogliettate della fase prettamente palustre-lacustre lo sta ulteriormente a dimostrare.

La z.p.V divide vegetazionalmente e climaticamente la sequenza in due parti. Il manifesto cambiamento vegetazionale rispecchia le rilevanti modificazioni climatiche, prevalentemente forse più in senso idrico che non termico. Il risultato è comunque l'instaurarsi di una spiccata stagionalità per un certo periodo, con regime delle precipitazioni modificato notevolmente e nel complesso sfavorevole, ma non drastico, per le formazioni più esigenti. I cambiamenti climatici sono del resto testimoniati anche dai mutamenti litologici.

La zona successiva, z.p.U, si raccorda grosso modo con la sottostante; essa rappresenta un periodo di passaggio verso il ristabilimento nella successiva z.p.T di condizioni climatiche ottimali per le piante forestali, simili a quelle delle fasi Y e X della serie inferiore. L'ultima zona pollinica, S, segna chiaramente un progressivo, se pur lento, deterioramento climatico, anche questo in senso continentale. Il suo acme non è registrato nella sequenza per la brusca interruzione dovuta alla troncatura erosionale della serie lacustre.

### Considerazioni palinostratigrafiche.

La sequenza pollinica di Aulla è caratterizzata in tutta la sua estensione dalla presenza di un nutrito contingente di piante arcaiche, tipicamente indicate come "terziarie", piante che assumono un preciso significato cronostatigrafico, in quanto generalmente confinate, in Europa, al pre-Pleistocene: t. *Taxodium*, t. *Sequoia*, *Sciadopitys*, *Nyssa*, *Palmae*, t. *Magnolia*, *Myrica*, *Symplocos*, *Sapotaceae*, t. *Clethraceae/Cyrrillaceae*, *Juglandaceae* di tipo arcaico, t. *Sapindaceae*, cfr. *Actinidia*, cfr. *Castanopsis*, *Celastraceae*, *Sterculiaceae*, cfr. *Ginkgo*, t. *Dacrydium*, compresi granuli tricolporati ad affinità terziaria di incerta diagnosi.

Una rappresentanza così ricca di tale associazione pollinica fa certamente attribuire la serie lacustre di Aulla al Pliocene.

In Italia raggruppamenti analoghi di elementi terziari, ma qualitativamente più poveri, erano stati rinvenuti nelle porzioni inferiori di lunghe sequenze plio/pleistoceniche, sia marine (Stirone, Castell'Arquato) che continentali (Pietrafitta nel Bacino Tiberino) (Lona & Bertoldi, 1972). Nelle serie suddette questa associazione pollinica contraddistingueva solo la successione pliocenica, mentre quella pleistocenica ne era pressoché priva. In particolare nel giacimento dello Stirone, del resto assai vicino alla Val di Magra, le zone polliniche a clima temperato-caldo, al di sotto del limite Plio/Pleistocene

(zone A e D) sono distinte da alti valori di elementi terziari, rappresentati quasi unicamente da *Taxodiaceae*, con l'aggiunta di poche altre: *Myrica*, *Podocarpaceae* e rare *Nyssa*.

La fase Tiberiana (zona B) di Pietrafitta è individuata da un contingente qualitativamente più nutrito di entità prepleistoceniche: oltre le *Taxodiaceae*, *Celastraceae*, *Phello-dendron*, cfr. *Actinidia*, cfr. *Ginkgo*, *Podocarpaceae*, rare *Sapotaceae* e diverse forme di *Palmae*.

Al confronto tuttavia la palinoflora esotica terziaria di Aulla risulta molto più ricca, complessa qualitativamente e qualificante da un punto di vista floristico. Infatti alcuni elementi pre- ed infrapliocenici (*Symplocos*, *Clethraceae/Cyrrillaceae*, *Sterculiaceae*, t. *Sapindaceae*, t. *Magnolia*...) sono segnalati qui per la prima volta in serie plioceniche dell'Italia continentale; essi conferiscono alla flora pollinica di Aulla un carattere ben più arcaico della flora-tipo della fase Tiberiana, attestandone nel contempo la sua maggiore antichità. Queste manifeste diversità floristiche non sono altrimenti spiegabili, in considerazione anche della relativa vicinanza dei vari giacimenti considerati.

Manca ancora per l'Italia centro-settentrionale una palinostratigrafia pliocenica di confronto per una più precisa collocazione cronostatigrafica della serie di Aulla.

Nell'Italia meridionale ed insulare, in serie marine mediterranee-tipo è stato fatto recentemente un tentativo di ricostruzione palinostratigrafica del Pliocene (Bertoldi et al., 1987). La sequenza palinostratigrafica di queste serie mediterranee, ancora frammentaria rispetto alla lunga epoca pliocenica, offre nondimeno per la prima volta nell'area sud-mediterranea la possibilità di correlazioni con altre serie marine plioceniche, in quanto strettamente correlata con la biostratigrafia a Foraminiferi ed a nannofossili. Difficili e speculativi risulterebbero eventuali confronti fra queste serie plioceniche e quella di Aulla, tenendo conto anzitutto delle diversità latitudinali e verosimilmente climatiche esistenti già nel Pliocene fra la parte settentrionale e quella centro-meridionale del bacino mediterraneo (Bertoldi et al., 1987). Inoltre anche la differente estensione dei bacini sorgenti della pioggia pollinica fossile (più aperti e spaziosi quelli marini, più chiusi, intervallivi, quelli continentali, benchè più puntuali ed affidabili per la registrazione degli eventi paleoambientali), renderebbe problematici i raffronti. Ciononostante merita segnalare che nelle serie mediterranee sono stati rinvenuti, seppur in percentuale molto bassa, tutti gli elementi prepliocenici ed infrapliocenici rintracciati ad Aulla, i quali risultano circoscritti generalmente al Pliocene inferiore, penetrando con impoverimento progressivo nel Pliocene superiore (Bertoldi in Guerrera et al., 1984; Bertoldi et al., 1987). Ancora, e molto caratteristicamente, queste serie mediterranee attestano, a partire dall'inizio del Pliocene superiore, fluttuazioni climatiche via via più rilevanti. D'altra parte studi micropaleontologici, associati a studi isotopici nelle serie mediterranee, hanno evidenziato significativi eventi climatici proprio alla base del Pliocene superiore (~3,2 Ma) ed uno più marcato a ~2,5 Ma, da dove prendono avvio i cicli glaciali/non-glaciali (Thunell & Williams, 1983; Rio et al., 1984). D'altronde anche in pianura padana, a Castell'Arquato, è stata reperita una fase a clima deteriorato, però già in senso termico, attraverso studi pollinici (Lona, 1962), fase che è rapportabile cronologicamente allo stabilirsi della glaciazione nell'emisfero settentrionale (~2,5 Ma) (Rio et al., 1987).

Nemmeno i depositi continentali dell'Italia centro-settentrionale, attribuiti in base alle loro faune a Mammiferi per l'appunto al Villafranchiano inferiore (Azzaroli, 1977), possono contribuire molto ad una puntuale collocazione della serie qui considerata, poichè non offrono lunghe sequenze palinostratigrafiche e fittamente campionate, le sole che possono dare affidamento per convincenti correlazioni.

Così per la serie-tipo Villafranchiana inferiore di Villafranca d'Asti (Fornace R.D.B.) sono state segnalate da tempo *Taxodiaceae* con *Ginkgo*, *Magnolia* e *Nyssa* ben rappresentata (Francavilla et al., 1969) e più in dettaglio: t. *Taxodium*, t. *Sequoia*, *Sciadopitys*, elevate percentuali di *Pinus* t. *haploxylon* s.s., *Nyssa* (valori relativamente consistenti), *Celastraceae*, *Juglandaceae* ad affinità terziaria, t. *Castanea*, t. *Cassia*,... (Lona & Bertoldi, 1972). Questa ricca flora pollinica terziaria, riferibile ora senz'altro ad una fase pre-Tiberiana, come del resto dimostrato dalla sua fauna (Azzaroli, 1977) e da dati paleomagnetici (Lindsay et al., 1980), pur presentando parecchie somiglianze con quella di Aulla, è priva di alcuni tipici elementi pre- ed infrapliocenici. Del resto priva di tali elementi è pure la ricca macroflora di giacimenti coevi dei dintorni di Villafranca (Pavia, 1970).

Sempre in Piemonte, nella parte inferiore della sezione villafranchiana di Rio Ca' Viettone, riferibile al Pliocene terminale, l'associazione pollinica evidenziata è, come prevedibile, qualitativamente povera di piante terziarie, rappresentate quasi unicamente da *Taxodiaceae* (Allason et al., 1981).

Nella stessa Toscana e precisamente nel Valdarno superiore, che annovera depositi a fauna a Vertebrati riferibili sia al Villafranchiano inferiore sia al Villafranchiano superiore (Azzaroli & Lazzeri, 1977), dai quali proviene pure una ricca macroflora (Gaudin & Strozzi, 1859; Ristori, 1886), presso Castelnuovo dei Sabbioni è stata trovata in campioni lacustri una palinoflora con alta frequenza di piante tipicamente terziarie, di età pliocenica-Tiberiana (Follieri, 1977). Anche nel bacino del Mugello è stata rinvenuta nella parte basale di un profondo sondaggio una fase ricca in *Taxodiaceae* (Ricciardi in Gemina, 1962); i raffronti però non sono possibili per il fatto che il diagramma è alquanto sommario e l'analisi pollinica non dettagliata. Nella vicina Umbria poi, campioni di argilla di Monte Santo (Todi) mostrano una ricca associazione pollinica caratterizzata da taxa terziari, di età pre-Tiberiana (Follieri, 1977). Tuttavia tutte queste flore, sia microche macroflore, non comprendono gli elementi più significativi pre- ed infrapliocenici, quali *Symplocaceae*, *Sapotaceae*, *Clethraceae*, *Cyrtillaceae* etc.

Non sono conosciute finora flore polliniche provenienti da giacimenti continentali italiani più antichi, risalenti al pre-Villafranchiano, cioè al Rusciniiano, "età" a Mammiferi corrispondente grosso modo al Pliocene inferiore degli AA. italiani (Berggren & van Couvering, 1974; De Giuli et al., 1983).

Nell'Europa centro-settentrionale sono illustrate da tempo lunghe sequenze polliniche di depositi continentali abbraccianti il lasso di tempo che va dal Miocene superiore al Pleistocene inferiore. Il raffronto con determinati intervalli di queste successioni è interessante. I reperti di *Symplocos* rinvenuti ad Aulla, con diverse forme, assumono in questi confronti una funzione-guida. Come già accennato, questa è la prima segnalazione nell'Italia continentale di pollini di *Symplocos* in serie plioceniche. Finora essi erano co-

nosciuti in Italia soltanto per un deposito lacustre del Piemonte risalente al Terziario medio-antico (Lona, 1963).

Fossili di *Symplocos*, sia macro- che microresti, sono comuni nei giacimenti di lignite oligo-miocenici medioeuropei ed essi diminuiscono progressivamente verso tempi più recenti, presentandosi però ancora nel Pliocene antico e medio in Germania (Van der Burgh, 1983). In particolare nei depositi terziari superiori olandesi, come quelli di Susteren, Mindergangelt, fra il ricco contingente di piante terziarie, i microresti di *Symplocos* assumono un significato cronostratigrafico rilevante: presenti nel Susteriano, diventano frequenti nel Brunssumiano, di cui marcano il limite superiore, non penetrando nel sovrastante Reuveriano (Zagwijn, 1959; Suc & Zagwijn, 1983; Zagwijn & Suc, 1985). Assieme a *Symplocos* si estinguono anche forme tricolporate arcaiche, quali *Tricolporites edmundi*, mentre *Sapotaceae*, verosimilmente *Clethraceae/Cyrillaceae*, *Palmae* ed altre sono già scomparse, in modo graduale, ancor prima (Zagwijn, 1960; Hammen et al., 1971).

Non può sfuggire la rilevante affinità tra la palinoflora di Aulla e quella di certe fasi Brunssumiane olandesi, nonostante un andamento vegetazionale non totalmente concordante. Un eventuale tentativo di parallelizzazione temporale deve essere condotto con prudenza, trattandosi di paleoprovince floristiche a latitudine così diversa. Infatti è noto da tempo che taxa-guida per il Pliocene olandese, a sud delle Alpi, s'infiltrano più o meno profondamente nel Pleistocene (Lona & Bertoldi, 1972; Follieri et al., 1986).

Risalta d'altra parte il fatto che sequenze palinologiche Villafranchiane plioceniche di regioni circa alla stessa latitudine come quelle francesi ad occidente delle Alpi palesino marcate differenze floristiche. Così nel bacino continentale a Mammiferi di Roussillon (Francia meridionale) riferito al Pliocene medio, la ricca flora pollinica esotica rinvenuta nella parte basale, è sì alquanto affine a quella di Aulla, ma è priva di *Symplocaceae*, *Clethraceae/Cyrillaceae* e di altre essenze terziarie antiche (Suc, 1976). *Symplocos*, *Clethraceae/Cyrillaceae*, t. *Magnolia* sono invece reperiti in sezioni marine mediterranee francesi, ove questi elementi sono generalmente confinati entro il Pliocene inferiore (Suc, 1986). Nei sedimenti del Pliocene superiore dello stesso bacino di Roussillon, come del resto anche nelle serie marine, una parte della vegetazione esotica arcaica sparisce, a cominciare dalle *Taxodiaceae*. L'estinzione delle *Taxodiaceae* nei giacimenti meridionali francesi risulta essere ben precedente a quella nelle sequenze plio/pleistoceniche italiane e medioeuropee, ove essa avviene rispettivamente al limite Plio/Pleistocene ed al limite Reuveriano/Pretigliano.

Di conseguenza le palinoflore Villafranchiane antiche meridionali francesi, ma più recenti di quella di Roussillon, come quella di Lazaret de Sète in Linguadoca, non registrano reperti di *Taxodiaceae* (Suc, 1974). Pure la serie Villafranchiana inferiore di Villaroja in Spagna non segna resti pollinici caratteristicamente terziari (Remy, 1958; Hammen et al., 1971).

Nell'alta Loira, il giacimento Villafranchiano inferiore di Vialette documenta una vegetazione arborecente arcaica, differente da quella dei depositi pliocenici terminali francesi, ma solo con tracce di *Taxodiaceae* (Meon-Vilain, 1972; Meon et al., 1979).

Nel Massiccio Centrale Francese, a Perrier-Etouaires, con fauna tipica del Villa-

franchiano inferiore, non sono ancora conosciute flore polliniche, mentre la macroflora finora rinvenuta è molto povera con poche forme emigrate, principalmente perimediterranee (Bout, 1968; Meon et al., 1979).

Nella regione del Drôme invece, nelle più antiche palinoflore attribuite al Pliocene medio-basale (Rusciniama p.p.), per es. ad Hauterives ed altre località, sono presenti Taxodiacee anche in notevole quantità e pure significativamente altri elementi infrapliocenici, specialmente forme tricolpate e tricolporate ad affinità terziaria, di difficile diagnosi (Meon-Vilain, 1971; Meon et al., 1979). I dati riportati, alquanto sommari, non consentono un chiaro raffronto con quelli della Val di Magra.

Meritevole di segnalazione è infine il giacimento di Senèze, sempre nel Massiccio Centrale Francese, che rivela tracce di elementi infrapliocenici compreso *Symplocos* nella sua parte più antica, che però viene riferita forse erroneamente al Pleistocene inferiore da Elhai (1969); elementi terziari sono invece del tutto assenti o quasi nei corrispondenti giacimenti del Villafranchiano medio nelle stesse regioni, come a Saint-Vallier (Drôme) o a Saint-Vidal e a La Roche Lambert, Massiccio Centrale (Meon-Vilain, 1971; Meon et al., 1979).

### Conclusioni

È stata condotta un'indagine palinologica nei sedimenti basali del bacino di Aulla-Olivola, precisamente nel deposito lacustre di Aulla che sottostà di circa 200 m, sia stratigraficamente che geometricamente, alla località di Olivola, nota per la sua fauna Villafranchiana.

Lo studio palinologico ha messo in luce:

- una ricca palinoflora (circa 19.000 sporomorfi distribuiti in 60 livelli) comprendente quasi un centinaio di taxa;
- una lunga successione vegetazionale, complessa, costituita quasi unicamente da formazioni arboree, con ragguardevole rappresentanza di elementi esotici est-asiatici e nordamericani e presenza continua di elementi tropicali- subtropicali;
- una sequenza climatica contraddistinta da evidenti, tuttavia non drastiche, oscillazioni climatiche dipendenti più dal fattore idrico che termico. La principale di queste fasi a clima deteriorato è quella intermedia alla sequenza, attestante una spiccata stagionalità, verosimilmente del regime pluviometrico.

La sequenza palinologica emersa ha poi permesso:

- di riferire la sequenza studiata al Pliocene per la rappresentanza sempre nutrita e costante di elementi indicati come "terziari";
- di stabilire il carattere alquanto arcaico della palinoflora di Aulla per la presenza continua di un contingente di elementi prevalentemente prepliocenici ed infrapliocenici;
- di raffrontare la flora pollinica di Aulla ad altre palinoflore plioceniche italiane ed estere e di rilevarne affinità e discordanze.

Da tutti questi raffronti emerge chiaramente che i sedimenti lacustri di Aulla rappresentano il deposito continentale pliocenico più antico finora segnalato in Italia mediante le palinoflore, in quanto caratterizzato da una associazione pollinica peculiare,

non correlabile con altre del Villafranchiano inferiore. I lineamenti floristici, nonchè climatici, della sequenza pollinica di Aulla, attestano poi che essa deve essere certamente antecedente all'instaurarsi della glaciazione nell'emisfero settentrionale (~2.5 Ma).

Per di più nella sezione della Fornace R.D.B. di Villafranca d'Asti le ricerche paleomagnetiche hanno riconosciuto i due episodi a polarità inversa: Mammoth e Kaena dell'epoca Gauss (Lindsay et al., 1980). Questi risultati, associati a dati radiometrici di altre località, nonchè a dati paleoambientali, hanno consentito di attribuire all'Unità Faunistica Triversa, a cui appartiene anche la fauna della Fornace R.D.B., un'età intorno ai 3 Ma (De Giuli et al., 1983).

Le palinoflore della cava R.D.B. (Francavilla et al., 1969; Lona & Bertoldi, 1972) non segnalano, come accennato, gli elementi pre- ed infrapliocenicici (*Symplocos*, *Clethraceae*/*Cyrillaceae*, *Sapotaceae*...) tipici nella sequenza di Aulla.

Tali notevoli diversità floristiche tra le serie polliniche delle due località portano anzitutto ad escludere una loro parallelizzazione cronostratigrafica. Inoltre, anche un eventuale tentativo di attribuzione della sequenza di Aulla ad un Villafranchiano inferiore basale, in considerazione del fatto che nella cava R.D.B. non è documentato il passaggio dall'ambiente marino al continentale (Azzaroli, 1977), non trova alcun riscontro nell'indagine pollinica. Infatti le caratteristiche della flora pollinica conducono verosimilmente ad attribuire la serie di Aulla al periodo pre-Villafranchiano, vale a dire al piano sottostante al Villafranchiano, cioè al Rusciniense, come definito da Berggren e van Couvering (1974). Non ci sono per ora indicazioni per una più precisa collocazione della serie pollinica studiata entro il lungo piano Rusciniense, ma è probabile una sua assegnazione ad una fase piuttosto avanzata di età tardo-Rusciniense.

Le notevoli affinità floristiche poi con fasi del Brunsumiano, compreso interamente entro il Rusciniense, e pure, anche se in misura diversa, con giacimenti continentali del Pliocene medio ad ovest delle Alpi, stanno ad avvalorare ulteriormente questo tentativo di collocazione nel tempo della serie di Aulla.

I rapporti di giacitura della serie di Aulla con gli strati sommitali dello stesso bacino, contenenti la fauna di Olivola, permettono la ricostruzione degli eventi intermedi del deposito, durante il Villafranchiano inferiore e medio.

Questa sequenza palinologica e climatica rappresenta infine una fase floristica unitaria, caratterizzata in tutta la sua estensione da un'associazione pollinica tipica, distinguibile palinologicamente in modo netto dalle successioni soprastanti del Villafranchiano inferiore. Essa viene quindi a costituire una biozona a flora pollinica peculiare, che viene qui denominata "Macriana", anche per facilitare i confronti (1).

1) La fase "Macriana" (dalla denominazione latina del F. Magra), si presenta dunque come un'unità cronopalinostratigrafica locale, basata sulle associazioni polliniche tipiche di Aulla. Essa è alquanto estesa, ben definita stratigraficamente ed uniformemente caratterizzata da una ricca associazione pollinica di piante terziarie, comprendenti però un contingente tipico di elementi pre- ed infrapliocenicici (*Symplocos*, *Sapotaceae*, *Clethraceae*/*Cyrillaceae*, t. *Magnolia*, *Sterculiaceae*, t. *Sapindaceae*, cfr. *Castanopsis*, granuli tricolorati ad affinità terziaria...). Le sequenze superiori Villafranchiane sono prive di questo nucleo di elementi arcaici peculiari della serie di Aulla. Non sono conosciute finora successioni polliniche continentali inferiori in Italia.

È possibile così ampliare lo schema palinostratigrafico del Pliocene continentale italiano, quale abbozzato precedentemente ed in tempi successivi da Lona e Bertoldi (1972) e Follieri (1977). Le caratteristiche della flora pollinica, permettono ora di distinguere le seguenti biozone palinologiche: la fase "Macriana" di età verosimilmente Ruscimiana, la fase "pre-Tiberiana" e la successiva fase "Tiberiana" di età Villafranchiane inferiori. Questo aspetto sarà ripreso ed approfondito in altra nota.

Concludendo si può senz'altro affermare che la sequenza palinostratigrafica di Aulla, così qualificata floristicamente e vegetazionalmente e così inquadrata nel tempo, contribuisce ad allargare le conoscenze paleoambientali su un intervallo del Pliocene lacustre prima mai indagato e getta luce su una più puntuale collocazione cronologica del periodo di formazione del bacino di Aulla-Olivola, con evidenti riflessi paleogeografici e neotettonici.

#### *Ringraziamenti.*

Ringrazio G. Zanzucchi e G. Papani (Parma) per l'indicazione dei giacimenti della Val di Magra, per la loro collaborazione nei lavori di campagna e per la discussione (G. Papani) dei risultati; D. Rio (Parma) per le informazioni sulla stratigrafia marina e continentale del Pliocene; M. Follieri (Roma) per la revisione del manoscritto e per i suggerimenti dati.

Fig. 4 - Diagramma pollinico analitico delle piante arboree e/o arbustive del deposito lacustre di Aulla. I valori percentuali sono calcolati solo sul complesso PA.

Nella rappresentazione diagrammatica, dopo la colonna stratigrafica con la posizione dei campioni indagati, sono raffigurate via via le curve dei vari elementi floristici di solito distinti in colonne separate. Si inizia con le Conifere, passando poi alle essenze principali delle latifoglie. Seguono le curve continue e discontinue degli elementi quantitativamente secondari. I reperti sporadici di alcune piante sono poi espressi con simboli (●) in corrispondenza dei vari livelli, mentre gli elementi più rari e saltuari sono espressi con sigla nella colonna "Varia" (Os=Ostrya; Ca=Carpinus; Co=Corylus; Rm=Rhamnus; Gy=Gymnospermae ancestrali; Ti=cfr. Tillandsia; Cs=cfr. Castanopsis; Rh=Rhooidites pseudocingulum R. Pot.; Pa=Parthenocissus; Sa=t. Sapindaceae; Ac=cfr. Actinidia; Dr.=cfr. Drymis). Chiudono il diagramma le curve di granuli determinati solo morfologicamente e dei quali viene tentata una attribuzione a livello di genere o di famiglia; la curva Indeterminati (granuli mal conservati o non distesi ed anche granuli di tipo arcaico non confrontabili con materiale palinologico o bibliografico a disposizione) e le curve di elementi particolarmente legati all'ambiente paludoso. Legenda litologica: 1) argille compatte leggermente silteose, con frequenti noduli limonitici. Rappresenta il complesso di base della cava, sterile o con sporomorfi secondari; 2) argille fogliettate, talora ricche in elementi carboniosi e con letti lignitici; 3) argille silteose chiare, compatte; 4) argille silteose, grigie compatte, talora più o meno sabbiose; 5) ghiaie fini e sabbie più o meno grossolane.

Fig. 5 - Sequenza vegetazionale del deposito lacustre di Aulla. I raggruppamenti pollinici in essa raffigurati sono stati calcolati sul complesso dei pollini contati (PA + PNA).

Legenda palinologica:

- 1) Elementi "terziari", confinati prevalentemente od esclusivamente al pre-Pleistocene, di tipo tropicale-subtropale fino a caldo-temperato od anche piante costiere: *Taxodiaceae* (t. *Taxodium*, *Sciadopitys*, t. *Sequoia*), *Nyssa*, *Palmae*, *Symplocos*, *Sapotaceae*, t. *Clethraceae/Cyrtaceae*, t. *Magnolia*, *Myrica*, *Sterculiaceae*, t. *Sapindaceae*, cfr. *Actinidia*, cfr. *Drymis*, *Celastraceae*, cfr. *Castanopsis*,... granuli tricolorati di tipo arcaico di incerta attribuzione botanica, infine anche cfr. *Ginkgo*, t. *Dacrydium* e t. *Podocarpus*.
- 2) Elementi mediocratici, comuni al Pliocene e Pleistocene inferiore, ad esigenze da caldo-temperate a temperate; *Carya*, *Pterocarya*, *Engelhardtia/Platycarya* ed altre *Juglandaceae*, *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Zelkova* e t. *Planera*, *Liquidambar*, *Castanea*, *Eucommia*, *Celtis*, t. *Liriodendron*, *Oleaceae*, *Anacardiaceae*, *Ilex*, *Buxus*, *Parrotia*, *Acer*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Corylus*..
- 3) Pinacee (esclusi *Picea* ed *Abies/Keteleeria*): *Pinus*, *Cedrus*, *Tsuga*, t. *Pseudotsuga*.
- 4) Elementi montani esigenti: *Picea*, *Abies* e t. *Keteleeria*, *Fagus* e *Betula*.
- 5) Altre PA: piante ad esigenze edafiche locali ed altre non comprese nei raggruppamenti precedenti: *Alnus*, *Salix* e cfr. *Populus*, t. *Platanus*, *Inaperturopollenites* sp., cfr. *Taxus* etc... compresi granuli indeterminati.
- 6) PNA: piante non arboree, in prevalenza erbacee: *Compositae* t. *tubuliflorae* e t. *liguliflorae*, *Graminaceae* (talora con granuli grandi, anche 45-50 $\mu$ , ad *anulus* molto evidente), *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae* con *Thalictrum*, *Liliiflorae* varie, *Leguminosae*, *Umbelliferae*, t. *Plantago*, *Cistaceae*, *Malvaceae*, *Labiatae*, *Cruciferae*, *Rubiaceae*, t. *Rosaceae* etc... A queste sono state sommate le scarse *Ericaceae* ed un tipo di polline caratteristico, *Tricolporopollenites cingulum*, subsp. *fusus*, presumibilmente appartenente a pianta non arborea. A destra della linea: Idrofite (*Nymphaeaceae*, *Lemnaceae*, t. *Potamogeton*, t. *Sparganium*, *Typha* t. *latifolia*, *Myriophyllum*, *Hydrocharitaceae*...) e piante legate ad ambienti umidi come *Cyperaceae*.

A destra, esternamente al diagramma, è segnata, livello per livello, la somma pollinica totale, seguita dalla curva percentuale delle spore di *Pteridophyta* (compreso uno sporomorfo indicato come *Ovoidites ligneolus*, di non chiara affinità botanica) calcolata relativamente al complesso PA + PNA. Non sono stati segnati graficamente altri reperti micropaleobotanici rintracciati, quali spore di *Bryophyta*, spore e altri resti di *Fungi* e microresti di Alghe.

Per la litologia si rimanda alla legenda litologica di Fig. 4.

litologia  
campioni

t.TAXODIUM

SCIADOPITY

t.SEQUOIA

PODOCARPACEA

PINUS

ABIES-KETI

PICEA

TSUGA

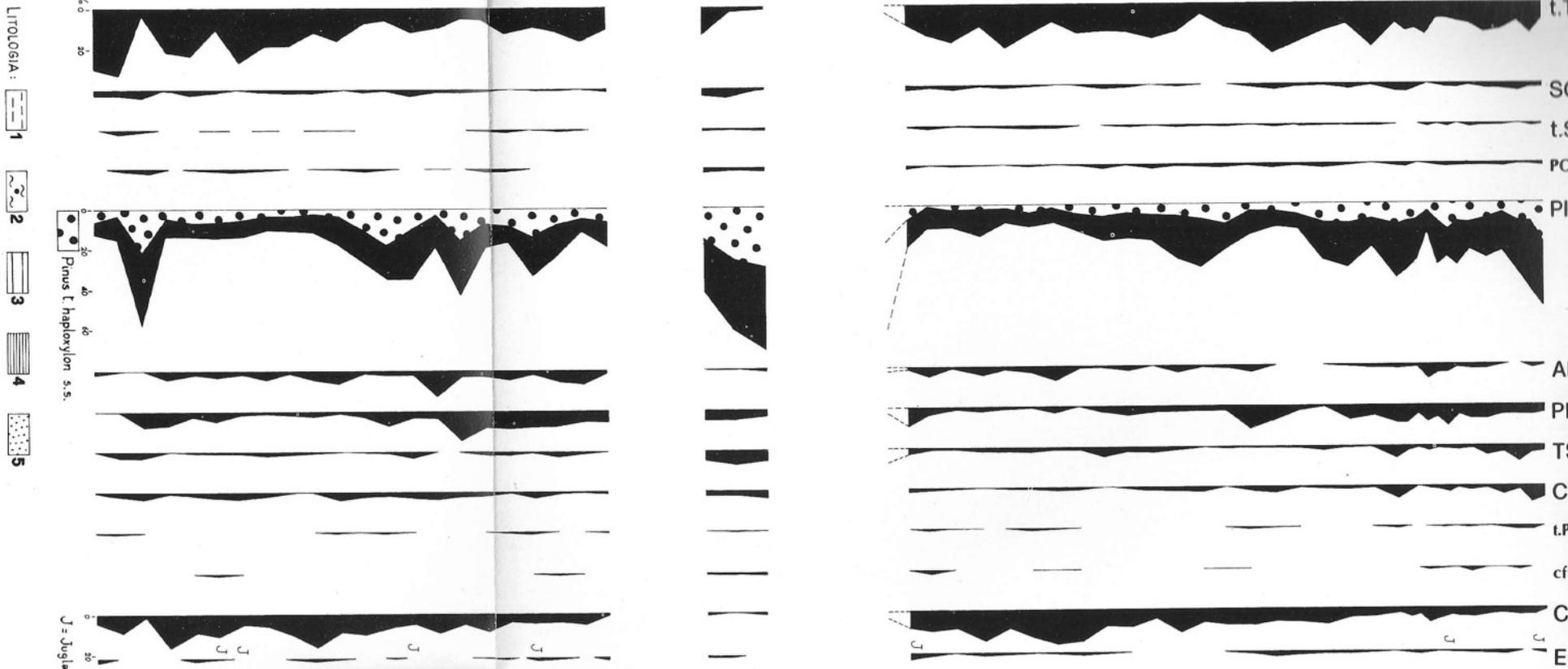
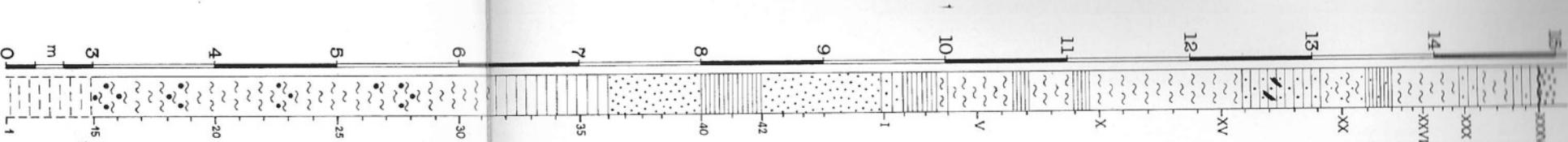
CEDRUS

t.PSEUDOTSUGA

cfr.TAXUS

CARYA

ENGELH.-PL



LITOLOGIA: 1 2 3 4 5

Pinus t. haploxyylon s.s.

J = Juglans

PTEROCARYA  
QUERCETUM

ZELKOVA

LIQUIDAMBAR

FAGUS

CASTANEA

ARALIACEAE

ILEX

t.LIRIODENDRON

ANACARDIACEAE

OLEACEAE

EUCOMMIA

CELTIS

BETULA

NYSSA

PALMAE

SYMPLOCOS

SAPOTACEAE

t.CLETHR.-CYRILLACEAE

t.MAGNOLIA

STERCULIACEAE

BUXUS

MYRTACEAE

VISCUM

t.PLATANUS

CELASTRACEAE

PHELLODENDRON

MYRICA

PARROTIA

cfr.CORIARIA

t.LAURUS

cfr.GINKGO

Varia  
( < 0.5% )

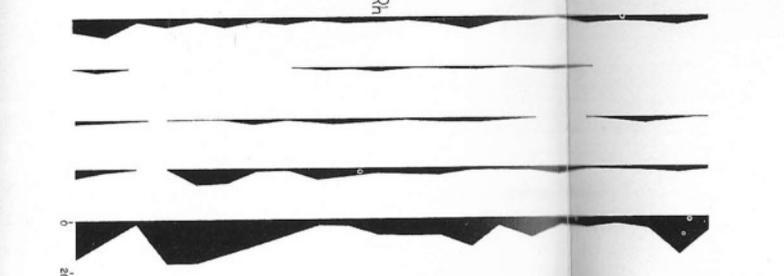
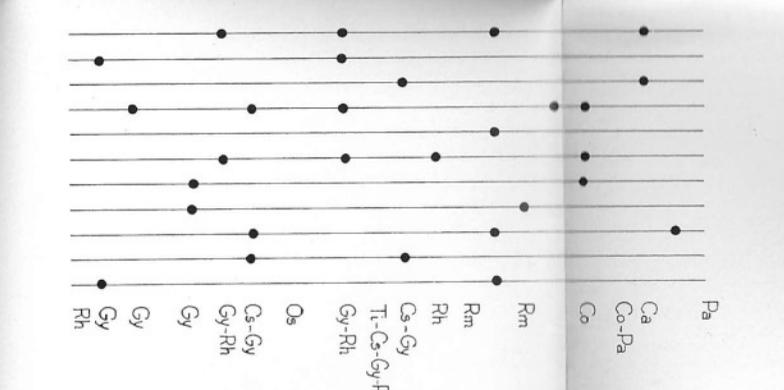
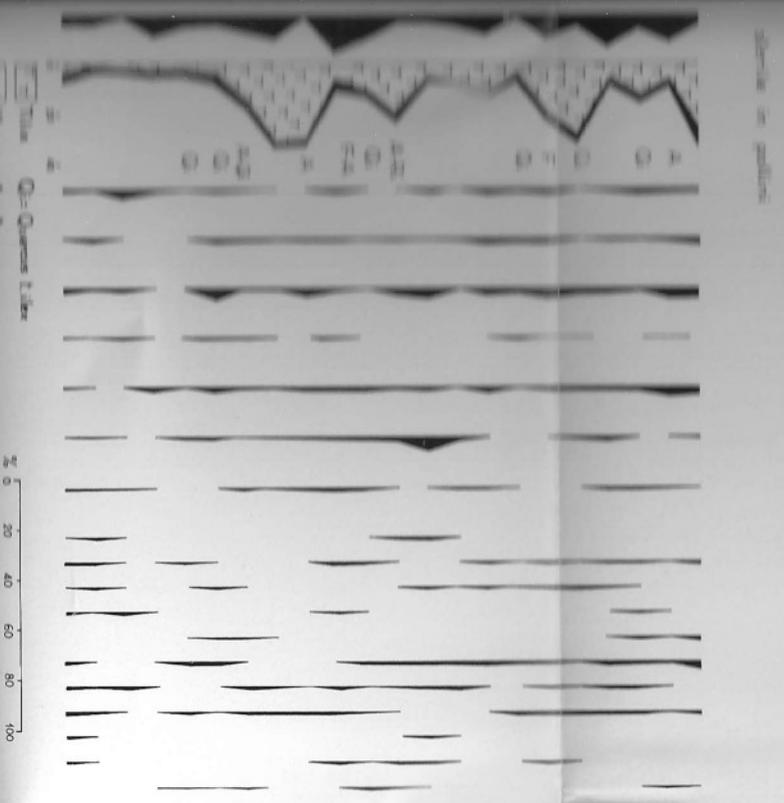
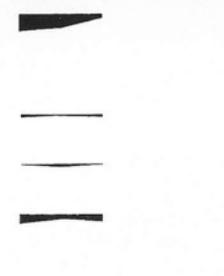
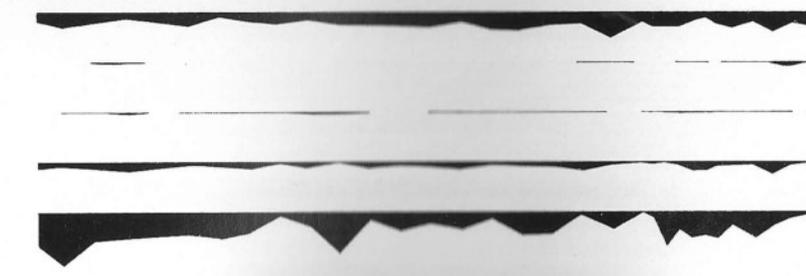
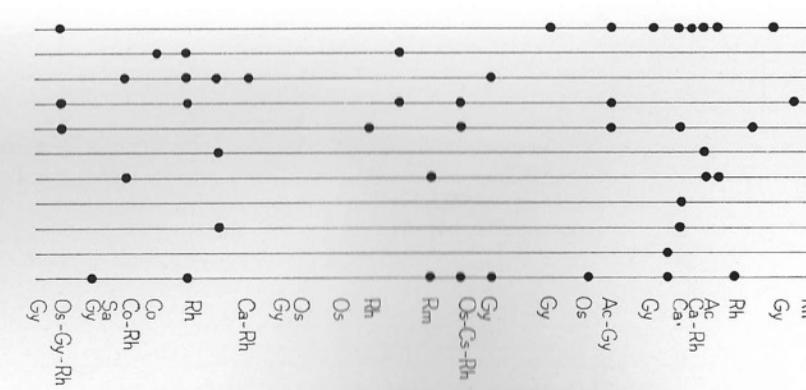
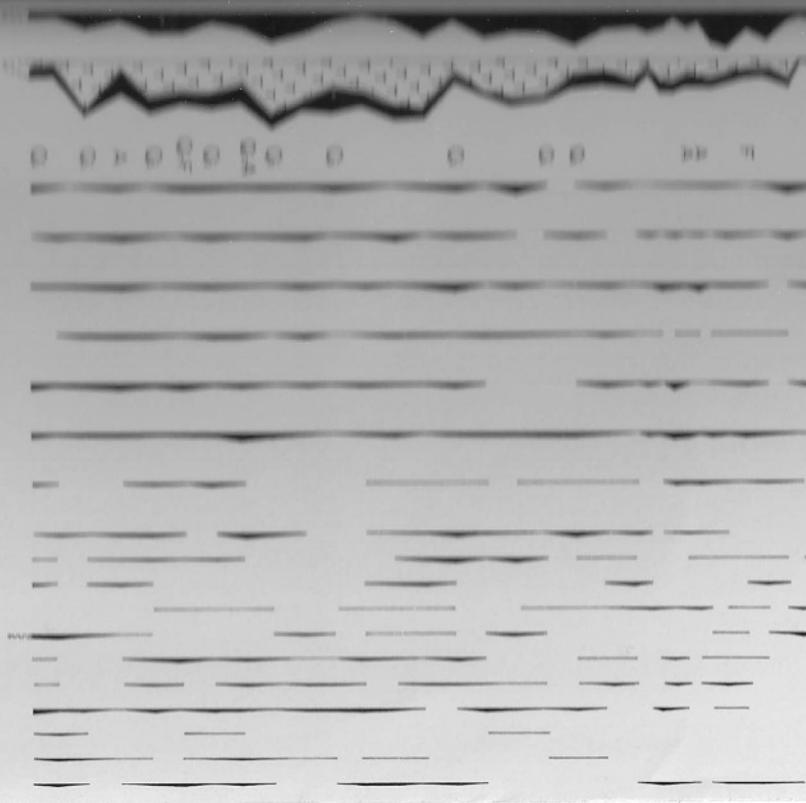
INAPERTURO POLL.

TRICOLOROPOLL.

INDETERMINATI

SALIX+cfr.POPULUS

ALNUS



0 20 40 60 80 100

Q=Quercus L. like  
A=Alnus

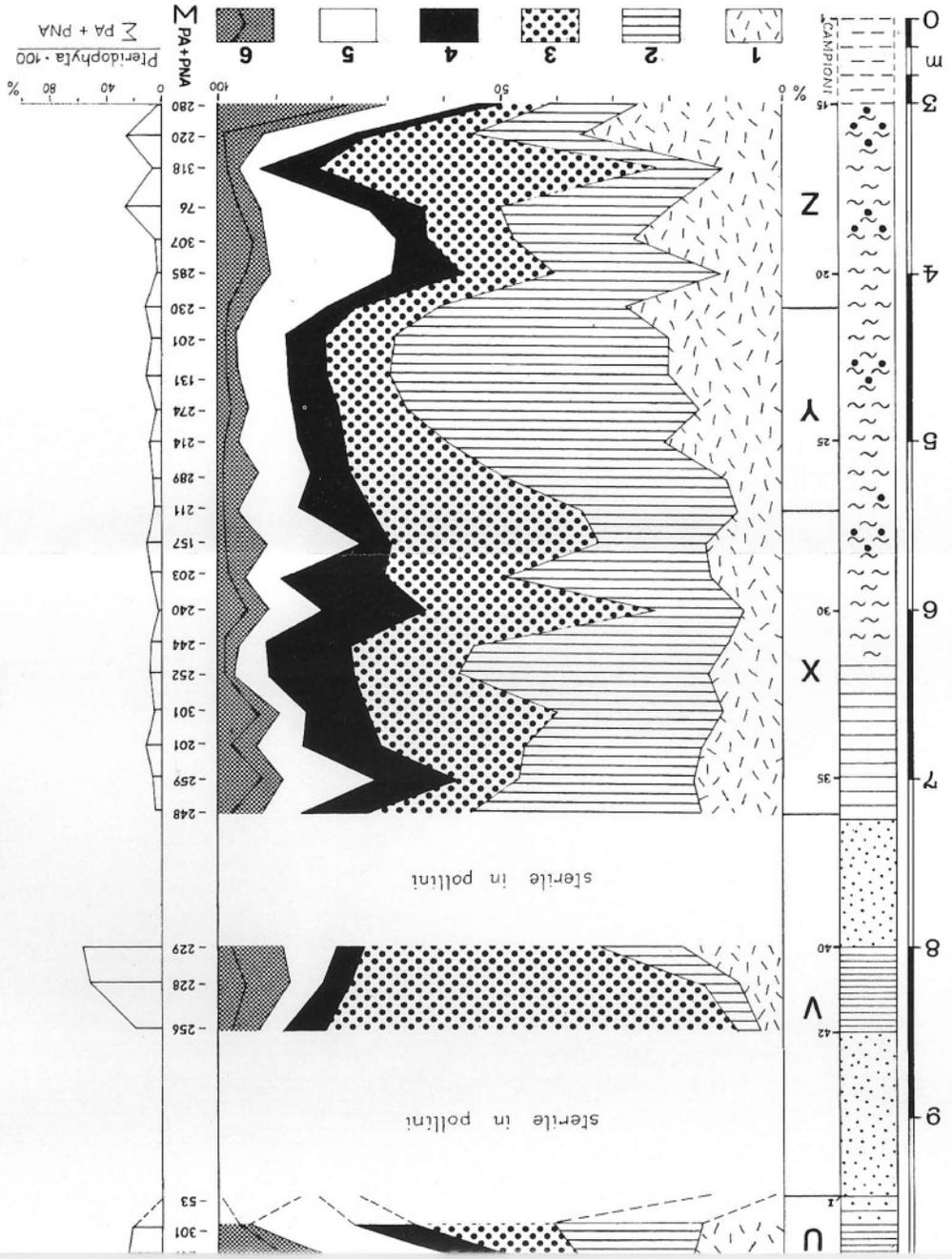
Pa  
Ca  
Co-Pa  
Co  
Rm  
Rm  
Rh  
Rh  
Cs-Gy  
T.-Cs-Gy-Rh  
Gy-Rh  
Os  
Cs-Gy  
Gy-Rh  
Gy  
Gy  
Gy  
Rh

Dr  
Co-Rh  
Ca-Rh  
Gy  
Os  
Os  
Rh  
Rh  
Rm  
Os-Cs-Rh  
Gy  
Gy  
Os  
Ac-Gy  
Gy  
Ca-Rh  
Ca  
Rh  
Rh  
Gy

0 20



Fig. 5



R. Bertoldi

## BIBLIOGRAFIA

- Allason B., Carraro F., Ghibaudo G., Paganelli A. & Ricci B. (1981) - Prove palinologiche dell'età pleistocenica inferiore di depositi "Villafranchiani" in Piemonte. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, v. 4, pp. 39-47, 4 fig., Torino.
- Azzaroli A. (1950) - Osservazioni sulla formazione villafranchiana di Olivola in Val di Magra. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, Memorie, v. 57, pp. 104-111, Pisa.
- Azzaroli A. (1977) - The Villafranchian stage in Italy and the Plio-Pleistocene boundary. *Giorn. Geol.*, v. 41, n. 2, pp. 61-79, 2 fig., Bologna.
- Azzaroli A. & Lazzeri G. (1977) - Laghi del Valdarno superiore. *Pubbl. 26, Centro Studi Geol. Appennino*, 4 pp., 1 carta, Firenze.
- Bartolini C., Bernini M., Carloni G.C., Costantini A., Federici P.R., Gasperi G., Lazzarotto A., Marchetti G., Mazzanti R., Papani G., Pranzini G., Rau A., Sandrelli F., Vercesi P.L., Castaldini D. & Francavilla F. (1982) - Carta neotettonica dell'Appennino settentrionale. Note illustrative. *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 101, pp. 523-549, 4 tav., 2 fig., Roma.
- Berggrén W.A. & Van Couvering J.A. (1974) - The Late Neogene. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, v. 16, n. 1-2, XI + 216 pp., Amsterdam.
- Bertoldi R. (1984) - Indagini palinologiche nel deposito fluvio-lacustre Villafranchiano di Pontremoli (Val di Magra). *Ateneo Parm., Acta Nat.*, v. 20, pp. 155-163, 2 fig., Parma.
- Bertoldi R. (1985) - Testimonianze palinologiche di età "Villafranchiana" nel deposito fluvio-lacustre di Compiano (Alta Val Tarò). *Ateneo Parm., Acta Nat.*, v. 21, pp. 23-30, 2 tav., 1 fig., Parma.
- Bertoldi R., Rio D. & Thunell R.C. (1987) - Pliocene-Pleistocene vegetational and climatic evolution of the South-Central Mediterranean (Submitted to *Marine Micropaleont.*).
- Biondi E., Koeniguer J.C. & Privé-Gille C. (1985) - Bois fossiles et végétations arborescentes des régions méditerranéennes durant le Tertiaire. *Giorn. Bot. It.*, v. 119, n. 3-4, pp. 167-196, 25 fig., 3 tab., Firenze.
- Bout P. (1968) - La limite Pliocène-Quaternaire en Europe occidentale. *Bull. Ass. Franç. Quat.*, v. 1, pp. 55-78, 1 fig., 1 tab., Paris.
- Capellini G. (1886) - Intorno a ossa fossili dei dintorni di Pontremoli e Ortona. *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 5, pp. 490-491, Roma.
- Capellini G. (1860) - Cenni geologici sul giacimento delle ligniti della bassa Val di Magra. *Mem. R. Acc. Sc.*, s. 2, v. 19, pp. 1-34, 4 tav., 1 tab., Torino.
- Capellini G. (1888) - Sui resti di *Mastodon arvernensis* recentemente scoperti a Spoleto, Pontremoli e Castrocaro. *Mem. R. Acc. Sc., Ist. Bologna*, s. 4, pp. 9-10, 2 tav., Bologna.
- Cocchi I. (1886) - La scoperta di un deposito di ossami fossili rinvenuti a nord-ovest di Pontremoli. *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 5, pp. 489-490, Roma.
- De Giuli C., Ficarelli G., Mazza P. & Torre D. (1983) - Confronto tra successioni marine e continentali del Pliocene e Pleistocene inferiore in Italia e nell'area mediterranea. *Boll. Soc. Paleont. It.*, v. 22, n. 3, pp. 323-328, Modena.
- Elhai H. (1969) - La flore sporo-pollinique du gisement villafranchien de Senèze (Massif Central, France). *Pollen et Spores*, v. 11, n. 1, pp. 127-139, 2 fig., Paris.
- Federici P.R. (1973) - La tettonica recente dell'Appennino. 1. Il bacino Villafranchiano di Sarzana e il suo significato nel quadro dei movimenti distensivi a nord-ovest delle Alpi Apuane. *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 92, pp. 287-301, 1 fig., Roma.
- Federici P.R. (1980) - Note illustrative della neotettonica del foglio 95 La Spezia e del margine me-

- ridionale del foglio 84 Pontremoli. *Contr. Prelim. R. Carta Neotett. It.*, Prog. Fin. Geodinamica C.N.R., v. 356, pp. 1345-1364, 5 fig., 1 tab., Roma.
- Federici P.R. (1981) - Nuovi resti di Vertebrato nel bacino fluvio-lacustre Villafranchiano di Pontremoli (Val di Magra). *Boll. Mus. S. Nat. Lunig.*, v. 1, n. 2, pp. 71-74, 2 fig., La Spezia.
- Federici P.R., Follieri M. & Coccolini G.B.L. (1982) - Testimonianze palinologiche di Villafranchiano medio nel bacino neotettonico di Aulla-Olivola in Val di Magra. *Contr. R. Carta Neotett. It.*, C.N.R., v. 513, pp. 225-230, Roma.
- Follieri M. (1977) - Evidence on the Plio-Pleistocene palaeofloristic evolution in Central Italy. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 83, n. 4, pp. 925-930, 1 fig., Milano.
- Follieri M., Magri D. & Sadori L. (1986) - Late Pleistocene *Zelkova* extinction in Central Italy. *New Phytol.*, v. 103, pp. 269-273, 3 fig., Oxford.
- Forsyth Mayor C.I. (1890) - L'ossario di Olivola in Val di Magra. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Proc. Verb.*, v. 7, 57 pp., Pisa.
- Francavilla F., Bertolani Marchetti D. & Tomadin L. (1969) - Nouvelles données sur le Villafranchien-type. *Proc. VIII INQUA Congr. Paris*, pp. 575-582, 4 fig., Paris.
- Gaudin C. Th. & Strozzi C. (1859) - Contributions à la flore fossile italienne. Seconde Mémoire: Val d'Arno. *N. Denkschr. Allg. Schweiz. Gesellsch. Naturf.*, v. 18, pp. 1-57, 10 tav., 1 tab., Zürich.
- Gemina (1962) - Ligniti e torbe dell'Italia continentale. *Geomin. Nazionale* (Ed.), 319 pp., Roma.
- Guerrera F., Coccioni R., Corradini D. & Bertoldi R. (1984) - Caratteristiche litosedimentologiche e micropaleontologiche (foraminiferi, dinoflagellati, pollini e spore) di successioni "tripolacee" plioceniche del bacino di Caltanissetta. *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 103, pp. 629-660, 3 tav., 5 fig., 4 tab., Roma.
- Hammen T. van der, Wijmstra T.A. & Zagwijn W.H. (1971) - The floral record of the Late Cenozoic of Europe. In *The Late Cenozoic Glacial Ages*, pp. 391-424, 12 fig., K.K. Turekian Ed., Yale University, New Haven.
- Leonardi M. (1966-67) - Il Bacino Villafranchiano s.l. di Olivola in Val di Magra (Massa). Tesi di Laurea Univ. Parma, 67 pp., 4 carte, Parma.
- Lindsay E.H., Opdyke N.D. & Johnson N.M. (1980) - Pliocene dispersal of the horse *Equus* and late Cenozoic mammalian dispersal events. *Nature*, v. 287, pp. 135-138, 2 fig., London.
- Lona F. (1962) - Prime analisi pollinologiche su depositi terziari-quadernari di Castell'Arquato: reperti di vegetazione da clima freddo sotto le formazioni calcaree ad *Amphistegina*. *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 81, n. 1, pp. 3-5, Roma.
- Lona F. (1963) - Alcuni tipi di pollini fossili rinvenuti in depositi terziari del Piemonte. *Giorn. Bot. It.*, v. 70, p. 574, Firenze.
- Lona F. & Bertoldi R. (1972) - La storia del Plio-Pleistocene italiano in alcune sequenze vegetazionali lacustri e marine. *Mem. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. Fis. Mat. Nat.*, s. 8, v. 9, n. 1, sez. 3, pp. 1-47, 13 tav., 18 fig., Roma.
- Lona S. (1984-85) - Il deposito fluvio-lacustre villafranchiano di Aulla: inquadramento geologico e biostratigrafia palinologica dei sedimenti lacustri superiori. Tesi di laurea Univ. Parma, 110 pp., 19 fig., Parma.
- Meon-Vilain H. (1971) - Evolution de la flore de l'Helvétien au Pliocène d'après des analyses polliniques effectuées aux environs de Berne (Suisse) et dans le bassin du Rhône. *Docum. Lab. Géol. Univ. Lyon*, H.S., pp. 61-78, 1 fig., 2 tab., Lyon.
- Meon-Vilain H. (1972) - Analyse palynologique de la flore du gisement villafranchien de Viallette (Haute-Loire). *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, v. 49, pp. 151-156, 1 tab., Lyon.
- Meon H., Balesio R., Guerin C. & Mein P. (1979) - Approche climatologique du Neogène supé-

- rieur (Tortonien à Pleistocène moyen ancien) d'après les faunes et les flores d'Europe occidentale. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, s. B, v. 27, pp. 182-195, 1 tab., Paris.
- Pavia G. (1970) - Resti di *Anancus arvernensis* e flora ad affinità plioceniche nel Villafranchiano inferiore della cava Arboschio (Villafranca d'Asti). *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 9, pp. 157-176, 5 tav., 14 fig., Pisa.
- Remy H. (1958) - Zur Flora und Fauna der Villafranca-Schichten von Villaroya, Prov. Logrono (Spanien). *Eiszeit. Gegenwart*, v. 9, pp. 83-93, 2 fig., Öhringen/Württ.
- Rio D., Sprovieri R. & Raffi I. (1984) - Calcareous plankton biostratigraphy and biochronology of the Pliocene-Lower Pleistocene succession of the Capo Rossello area, Sicily. *Marine Micro-paleont.*, v. 9, pp. 135-180, 21 fig., 2 tab., Amsterdam.
- Rio D., Sprovieri R., Raffi I. & Valleri G. (1987) - Biostratigrafia e paleoecologia dello strato-tipo del Piacenziano. *Boll. Soc. Paleont. It.* (in stampa), Modena.
- Ristori G. (1886) - Contributi alla flora fossile del Valdarno superiore. *Atti Soc. Toscana Sc. Nat., Memorie*, v. 7, pp. 143-149, 1 tab., Pisa.
- Schimper A.F.W. & von Faber F.C. (1935) - Pflanzengeographie. G. Fischer Verlag, v. 2, pp. 589-1612, 416 fig., 3 tab., Jena.
- Suc J.P. (1974) - Analyse pollinique de la Brèche ossifère du Lazaret de Sete (Hérault), Pleistocène inférieur. *Géol. méditerranéenne*, v. 1, n. 3, pp. 105-110, 1 tav., Marseille.
- Suc J.P. (1976) - Apports de la palynologie à la connaissance du Pliocène du Roussillon (sud de la France). *Géobios*, v. 9, n. 6, pp. 741-771, 1 tav., 9 fig., 5 tab., Lyon.
- Suc J.P. (1986) - Western mediterranean Neogene Floras. Climate and paleogeography. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine*, v. 10, n. 2, pp. 477-488, 2 fig., 2 tab., Pau.
- Suc J.P. & Zagwijn W. (1983) - Plio-Pleistocene correlations between the northwestern Mediterranean region and northwestern Europe according to recent biostratigraphic and palaeoclimatic data. *Boreas*, v. 12, pp. 153-166, 7 fig., Oslo.
- Thunell R.C. & Williams D.F. (1983) - The stepwise development of Pliocene-Pleistocene paleoclimatic and paleoceanographic conditions in the Mediterranean: oxygen isotopic studies of DSDP sites 125 and 132. *Micropaleont. Bull.*, v. 30, pp. 111-127, 5 fig., Utrecht.
- Tomaselli R. (1969) - Le foreste temperato- calde di clima umido e di clima oceanico dell'Asia. *Regno Verde*, n. 20, pp. 533-537, Milano.
- Van der Burgh J. (1983) - Allochthonous seed and fruit floras from the Pliocene of the lower Rhine Basin. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, v. 40, pp. 33-90, 4 tav., 5 tab., Amsterdam.
- Zaccagna D. (1925) - Carta geologica d'Italia. 1:100.000. F. 96, Massa. *R. Off. Geol. It.*, Roma.
- Zagwijn W.H. (1959) - Zur stratigraphischen und pollenanalytischen Gliederung der pliozänen Ablagerungen im Roertal-Graben und Venloer Graben der Niederlande. *Fortschr. Geol. Rheinld. Westf.*, v. 4, pp. 5-26, 3 tav., 4 fig., 3 tab., Krefeld.
- Zagwijn W.H. (1960) - Aspects of the Pliocene and early Pleistocene vegetation in the Netherlands. *Mededel. Geol. Sticht.*, s.C, III-1, v. 5, pp. 5-78, 3 tav., 8 fig., 6 tab., Maastricht.
- Zagwijn W.H. & Suc J.P. (1985) - Palynostratigraphie du Plio- Pleistocène d'Europe et de Méditerranée nord- occidentales; corrélations chronostratigraphiques, histoire de la végétation et du climat. *Paléobiol. continentale*, v. 14, n. 2, pp. 475-483, 1 fig., Montpellier.

## TAVOLA 15

- Fig. 1 - t. *Taxodium*. (Camp. IV).  
 Fig. 2 - t. *Taxodium*. (Camp. 24).  
 Fig. 3 - t. *Taxodium*. (Camp. XXVIII).  
 Fig. 4 - t. *Sequoia*. (Camp. XXVIII).  
 Fig. 5 - t. *Taxodium*. (Camp. 16).  
 Fig. 6 - t. *Taxodium*. (Camp. XV).  
 Fig. 7 - t. *Taxodium*. (Camp. 20).  
 Fig. 8 - t. *Sequoia*. (Camp. XXI).  
 Fig. 9 - t. *Taxodium/Glyptostrobus*. (Camp. 23).  
 Fig. 10 - t. *Sequoia*. (Camp. XV).  
 Fig. 11 - *Sciadopitys*. (Camp. X).  
 Fig. 12 - *Sciadopitys*. (Camp. IV).  
 Fig. 13 - t. *Dacrydium*. (Camp. 15).  
 Fig. 14 - *Sciadopitys*. (Camp. XXII).  
 Fig. 15 - *Podocarpaceae*. (Camp. XIV).

In ogni tavola è riportata la scala micrometrica. Ogni divisione della scala micrometrica corrisponde a 10  $\mu$ .

## TAVOLA 16

- Fig. 1 - t. *Podocarpus*. (Camp. XXIX).  
 Fig. 2 - *Pinus t. haploxyylon* s.l. (Camp. 19).  
 Fig. 3 - *Pinus* tipo "piccolo". (Camp. X).  
 Fig. 4 - *Pinus t. diploxyylon*. (Camp. 42).  
 Fig. 5 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. 19).  
 Fig. 6 - *Pinus* tipo "piccolo". (Camp. 17).  
 Fig. 7 - *Pinus* tipo "piccolo". (Camp. 17).  
 Fig. 8 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. XXXV).  
 Fig. 9 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. IV).  
 Fig. 10 - *Pinus* tipo "piccolo". (Camp. 17).  
 Fig. 11 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. 30).  
 Fig. 12 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. III).  
 Fig. 13 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. 42).

## TAVOLA 17

- Fig. 1 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. XXVIII).  
 Fig. 2 - *Pinus strobus* (Recente).  
 Fig. 3 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. 30).  
 Fig. 4 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. 42).  
 Fig. 5 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. 35).  
 Fig. 6 - *Pinus peuce* (Recente).  
 Fig. 7 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. 41).  
 Fig. 8 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. IV).  
 Fig. 9 - *Pinus t. haploxyylon* s.s. (Camp. 41).  
 Fig. 10 - *Pinaceae* bisaccata. (Camp. 15).

## TAVOLA 18

- Fig. 1 - *Cedrus*. (Camp. 25).  
 Fig. 2 - *Abies*. (Camp. III).  
 Fig. 3 - *Cedrus*. (Camp. 41).  
 Fig. 4 - *Tsuga t. diversifolia*. (Camp. 40).

- Fig. 5 - *t. Keteleeria*. (Camp. 24).  
 Fig. 6 - *Tsuga t. diversifolia*. (Camp. 42).  
 Fig. 7 - *Picea* tipo "medio". (Camp. 29).

## TAVOLA 19

- Fig. 1 - *Picea* tipo "grande". (Camp. 30).  
 Fig. 2 - cfr. *Taxus*. (Camp. III).  
 Fig. 3 - cfr. *Taxus*. (Camp. XXX).  
 Fig. 4 - *Picea t. excelsa*. (Camp. XXXIII).  
 Fig. 5 - Inaperturato (cfr. *Cupressaceae*). (Camp. 36).  
 Fig. 6 - cfr. *Populus*. (Camp. V).  
 Fig. 7 - *Picea* tipo "medio-piccolo". (Camp. XXXV).  
 Fig. 8 - *Picea* tipo "medio". (Camp. 30).

## TAVOLA 20

- Fig. 1 - *Quercus*. (Camp. XXVIII).  
 Fig. 2 - *Quercus*. (Camp. III).  
 Fig. 3 - *Tilia t. cordata*. (Camp. XVII).  
 Fig. 4 - *Tilia*. (Camp. XV).  
 Fig. 5 - *Ulmus*. (Camp. XXVIII).  
 Fig. 6 - *Castanea*. (Camp. XXXII).  
 Fig. 7 - *t. Castanea*. (Camp. XIV).  
 Fig. 8 - *Tilia*. (Camp. 26).  
 Fig. 9 - *Carya*. (Camp. 18).  
 Fig. 10 - *Pterocarya*. (Camp. 24).  
 Fig. 11 - *Juglandaceae*. (Camp. 42).  
 Fig. 12 - *Carya*. (Camp. 19).  
 Fig. 13 - *Pterocarya*. (Camp. XXIX).  
 Fig. 14 - *t. Engelhardtia*. (Camp. VIII).  
 Fig. 15 - *t. Platycarya*. (Camp. 29).  
 Fig. 16 - *Juglandaceae*. (Camp. XXIX).  
 Fig. 17 - *Juglandaceae*. (Camp. XX).  
 Fig. 18 - *Eucommia*. (Camp. XV).  
 Fig. 19 - *Celtis*. (Camp. 17).  
 Fig. 20 - *Celtis*. (Camp. IX).

## TAVOLA 21

- Fig. 1 - *Symplocos*. (Camp. 22).  
 Fig. 2 - *Symplocos*. (Camp. IV).  
 Fig. 3 - *Symplocos*. (Camp. 15).  
 Fig. 4 - *Symplocos*. (Camp. XXVIII).  
 Fig. 5 - *Symplocos*. (Camp. 30).  
 Fig. 6 - *Symplocos crataegoides*. (Recente).  
 Fig. 7 - *Symplocos*. (Camp. 15).  
 Fig. 8 - cfr. *Symplocos*. (Camp. 24).  
 Fig. 9 - *Symplocos*. (Camp. IX).  
 Fig. 10 - *Symplocos crataegoides*. (Recente).  
 Fig. 11 - *Symplocos*. (Camp. 36).  
 Fig. 12 - *Liquidambar*. (Camp. V).  
 Fig. 13 - *Fagus*. (Camp. 36).  
 Fig. 14 - *Liquidambar*. (Camp. VIII).  
 Fig. 15 - *Buxus*. (Camp. XXVI).

- Fig. 16 - *Fagus* tipo *orientalis*. (Camp. 20).  
 Fig. 17 - *Ilex*. (Camp. V).  
 Fig. 18 - *Ilex*. (Camp. XVI).

## TAVOLA 22

- Fig. 1 - *Nyssa*. (Camp. XVI).  
 Fig. 2 - cfr. *Nyssa*. (Camp. 19).  
 Fig. 3 - *Nyssa*. (Camp. 35).  
 Fig. 4 - *Nyssa* tipo "piccolo". (Camp. 36).  
 Fig. 5 - *Magnoliaceae*. (Camp. 33).  
 Fig. 6 - t. *Magnolia*. (Camp. XXIV).  
 Fig. 7 - t. *Liriodendron*. (Camp. XIV).  
 Fig. 8 - t. *Liriodendron*. (Camp. XXI).  
 Fig. 9 - *Palmae*. (Camp. XII).  
 Fig. 10 - *Palmae*. (Camp. XI).  
 Fig. 11 - *Palmae*. (Camp. 17).  
 Fig. 12 - *Palmae*. (Camp. VI).  
 Fig. 13 - cfr. *Palmae*. (Camp. 21).  
 Fig. 14 - *Araliaceae*. (Camp. 29).  
 Fig. 15 - *Phellodendron*. (Camp. VIII).  
 Fig. 16 - t. *Platanus*. (Camp. 31).  
 Fig. 17 - *Platanus orientalis*. (Recente).  
 Fig. 18 - t. *Platanus*. (Camp. XIV).  
 Fig. 19 - *Platanus orientalis*. (Recente).  
 Fig. 20 - *Sapotaceae*. (Camp. XVIII).  
 Fig. 21 - *Sapotaceae*. (Camp. VIII).

## TAVOLA 23

- Fig. 1 - t. *Clethraceae*. (Camp. XIV).  
 Fig. 2 - t. *Clethraceae*. (Camp. 24).  
 Fig. 3 - t. *Clethraceae*. (Camp. 26).  
 Fig. 4 - t. *Clethraceae*. (Camp. IX).  
 Fig. 5 - t. *Clethraceae/Cyrillaceae*. (Camp. IV).  
 Fig. 6 - t. *Clethraceae/Cyrillaceae*. (Camp. VIII).  
 Fig. 7 - *Oleaceae*. (Camp. VI).  
 Fig. 8 - t. *Olea*. (Camp. II).  
 Fig. 9 - cfr. *Betula*. (Camp. XXX).  
 Fig. 10 - Tricolporato (cfr. *Cupuliferae*). (Camp. XXIX).  
 Fig. 11 - *Sterculiaceae*. (Camp. IX).  
 Fig. 12 - Tricolporato. (Camp. XXVIII).  
 Fig. 13 - Tetracolpato. (Camp. 21).  
 Fig. 14 - *Tricolporopollenites cingulum*. (Camp. 25).  
 Fig. 15 - *Tricolporopollenites cingulum* cfr. subsp. *fusus*. (Camp. XV).  
 Fig. 16 - *Viscum*. (Camp. 21).  
 Fig. 17 - *Rhooidites pseudocingulum* R. Pot. (Camp. XXVIII).  
 Fig. 18 - *Rhooidites pseudocingulum* R. Pot. (Camp. XVI).

