

## INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO-DEPOSIZIONALE DELLE FAUNE A MAMMIFERI VILLAFRANCHIANE (UNITÀ FAUNISTICHE TRIVERSA E MONTOPOLI) DEL VALDARNO INFERIORE NELLA ZONA A SUD DELL'ARNO (TOSCANA)\*

M. Benvenuti - S. Dominici - L. Rook

Dipto di Scienze della Terra, Università di Firenze, Firenze

**ABSTRACT** - *Early villafranchian mammals (Triversa and Montopoli f.u.) and the lower Valdarno stratigraphic pattern to south of the Arno river (Tuscany, Italy)* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 8(2), 1995, 457-464 - Scope of the study is to set vertebrate finds discovered in the study area into a sequence-stratigraphic framework. Nine sections covering the uppermost 200 meters of Pliocene deposits and a stratigraphical cross-section along a W-E transect of the central part of the lower Valdarno basin were studied in detail. Facies analyses based on the study of sedimentary facies and on mollusk paleoecology were carried out. It has been possible to subdivide the succession into several small-scale depositional sequences (10 + 30 m thick each). Well-developed sequences are formed (from bottom to top) by: 1) a basal erosional unconformity, 2) lowstand or early transgressive cross-bedded sand, filling the previously formed erosional vacuums, and 3) transgressive and highstand bioturbated mainly pelitic deposits. On the basis of a paleoenvironmental reconstruction and of the study of shallowing- and deepening-trends, the succession has been subdivided into three parts. The lower part (containing sparse remains of mammals from the Triversa faunal unit) outcrops on the eastern side of the basin in an area close to the north-eastern shoulder of the basin from which, during the Pliocene, coarse-grained fan deltas prograded into a shallow sea embayment. Deposits are lowstand coarse sands and gravels of fluvial or fluvio-deltaic paleoenvironment, covered by transgressive flood-plain fine-grained deposits or lagoonal muddy sands. Marine influence increases upward, showing a deepening-upward trend. Deposits in the middle part of the succession are formed of basal fluvial or deltaic mouth-bar cross-bedded sands, overlaid by transgressive lagoonal muddy sands, and/or by bioturbated shoreface and shelf deposits. The deepest facies is represented by clays with a sparse inner shelf fauna. Thick and laterally continuous shell-beds often mark transgressive surfaces. The upper portion of the succession (containing the Montopoli local fauna) outcrops in the central and western parts of the Valdarno basin. Small sequences are composed of lowstand fluvio-deltaic sands overlaid by transgressive marine inner shelf sands. The study of the stacking pattern of small sequences allowed us to interpret the succession as to be part of a composite large-scale depositional sequence. The lower part of the succession is thought to represent a late Lowstand Systems Tract - early Transgressive Systems Tract (late LST - early TST) bearing Triversa f.u. remains, while its middle part forms the late TST. The upper part of the succession (bearing the Montopoli local fauna) forms the Highstand Systems Tract (HST).

**RIASSUNTO** - *Inquadramento stratigrafico-deposizionale delle faune a mammiferi villafranchiane (unità faunistiche Triversa e Montopoli) del Valdarno inferiore, nella zona a sud dell'Arno (Toscana)* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 8(2), 1995, 457-464 - Vengono riassunti i ritrovamenti di faune a mammiferi villafranchiane fatti nella zona a sud dell'Arno, nell'area dei comuni di Montopoli e San Miniato (provincia di Pisa) ed Empoli (provincia di Firenze). Sulla base del rilevamento geologico e dell'analisi delle facies sedimentarie condotta lungo 9 sezioni stratigrafiche, viene stabilito un inquadramento dettagliato attraverso il quale può essere analizzata la storia deposizionale di questa parte del bacino del Valdarno inferiore durante l'intervallo in esame (Pliocene *p.p.*). La successione viene suddivisa in unità informali di piccola scala (sequenze deposizionali). L'interpretazione degli ambienti deposizionali e delle modalità di sovrapposizione delle sequenze a piccola scala, permette di riconoscere tre fasi deposizionali. La prima fase è costituita da depositi di ambiente alluvionale e fluviale, con sporadiche ingressioni marine nella parte alta, rappresentate da depositi di ambiente transizionale. I depositi della parte intermedia della successione testimoniano una fase trasgressiva generalizzata con depositi di ambiente di spiaggia, deltizio, lagunare e di piattaforma interna. La terza fase ha carattere stazionario e viene riconosciuta in base all'alternanza di depositi di ambiente fluvio-deltizio, lagunare e marino-prossimale. La successione viene interpretata come parte di una sequenza deposizionale composita e viene suddivisa in *systems tracts* (*s.t.*). I depositi contenenti fossili della unità faunistica Triversa appartengono al *s.t.* trasgressivo (*TST*), mentre i resti della u.f. Montopoli provengono da depositi del *s.t.* di stazionamento alto (*HST*).

Parole chiave: Mammiferi, stratigrafia, Villafranchiano, Valdarno, Toscana, Italia

Key words: Mammals, stratigraphy, Villafranchian, Valdarno, Tuscany, Italy

### 1. INTRODUZIONE

Sino dal secolo scorso, resti di mammiferi fossili sono stati raccolti nei depositi costieri e di mare basso

\* Lavoro presentato al Convegno "Il significato del Villafranchiano nella stratigrafia del Plio-Pleistocene" (Peveragno-Villafranca d'Asti, 20-24 giugno 1994).

Paper presented to the Meeting "The significance of the Villafranchian in the Plio-Pleistocene stratigraphy" (Peveragno-Villafranca d'Asti, 20-24 June, 1994).

del Pliocene del Valdarno inferiore. La ricca associazione faunistica proveniente da Montopoli è menzionata da Pareto (1865) nella sua lista dei siti villafranchiani, e fu scelta da Azzaroli (1977) per istituire la omonima unità faunistica del Villafranchiano inferiore.

Nel Valdarno inferiore sono presenti mammiferi fossili appartenenti anche alla precedente unità faunistica (u.f. Triversa), sempre del Villafranchiano inferiore. Questi non sono rappresentati da una ricca fauna locale, bensì da ritrovamenti isolati di *taxa* attribuibili a questa

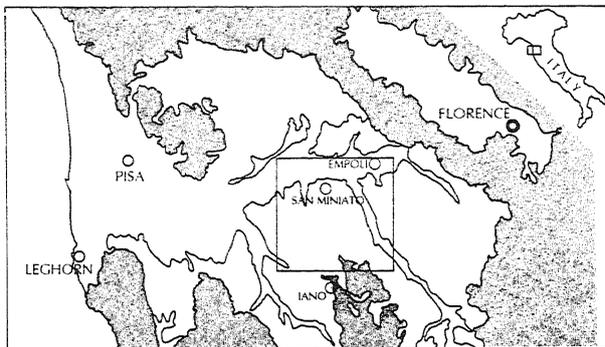


Fig. 1 - Ubicazione dell'area in esame. In grigio scuro sono rappresentati sedimenti e rocce pre-pleiocenici, in grigio chiaro sono indicati i sedimenti del ciclo plio-pleistocenico.

Location of the studied area. Dark gray area: pre-Pliocene deposits; Pale gray area: Plio-Pleistocene deposits.

u.f., provenienti da livelli stratigraficamente sottostanti a quelli che hanno fornito fossili della u.f. Montopoli.

Il presente contributo intende fornire un inquadramento stratigrafico di dettaglio come risultato dei recenti studi intrapresi nell'area a sud dell'Arno (Dominici, 1989; 1994; Benvenuti & Dominici, 1992; Dominici *et al.*, 1994a, b; Benvenuti & Dominici, studi in corso). Lo scopo del contributo è di correlare le fasi deposizionali riconosciute nel bacino in esame con i dati derivanti dallo studio delle faune a mammiferi.

## 2. LE FAUNE A MAMMIFERI

### 2.1 Le faune della unità faunistica Triversa

Dalla Fornace Chiarugi, nei pressi di S. Giusto (C in Fig. 2), furono raccolte due mandibole di arvicolidi, una delle quali rappresenta il tipo di *Mimomys stheleni* (Kormos, 1931; Masini & Torre, 1990). Dallo stesso sito provengono un frammento di branca mandibolare del canide *Nictereutes megamastoides* (Del Campana, 1917) ed un frammento di palco di *Croizetoceros cf. ramosus* (Azzaroli, 1992).

A sud della fattoria Piazzano (A in Fig. 2), in seguito a lavori agricoli, nel 1954 è venuto alla luce un  $M_1$  (primo molare inferiore) ed alcuni frammenti di denti ed ossa appartenenti ad un esemplare di *Anancus arvernensis*. Su uno dei frammenti di dente raccolti in quella occasione è stata condotta dal prof. G. Belluomini un'analisi aminocronologica che ha fornito una stima di età di circa 3 Ma (Azzaroli & Belluomini, com. pers.).

Da un affioramento di argille nei pressi di Ponte a Elsa (D in Fig. 2) proviene il palco di un piccolo cervice. Questo è stato scelto come olotipo della specie *Pseudo-*

*dama lyra* (Azzaroli, 1992). Dalla stessa località provengono alcuni frammenti di metacarpale attribuibili alla stessa specie.

I reperti di più recente ritrovamento provengono da una cava di argilla nei pressi di Casenuove (B in Fig. 2). Nei depositi al tetto dell'affioramento in esame è stato recuperato uno scheletro quasi completo di *Tapirus arvernensis* (Dominici *et al.*, 1994b). Dalla stessa località provengono un DP<sub>3</sub> (terzo premolare inferiore deciduo) ed una seconda falange di un piccolo cervide, e un premolare inferiore attribuibile ad un viverride.

### 2.1 Le faune della unità faunistica Montopoli

Le sabbie gialle affioranti nei pressi di Montopoli (E in Fig. 2) hanno restituito resti di mammiferi fossili in diversi affioramenti. In località "L'Uccellatoio", poco distante da Montopoli, fu recuperata una ricca fauna a mammiferi. Secondo De Giuli & Heintz (1974a) la fauna locale di Montopoli è composta da materiale scavato in momenti diversi. Le collezioni di questa località conservate presso il Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Firenze (IGF) hanno indicazioni diverse. Quelli etichettati "Scavo 1880" provengono dagli scavi effettuati da Forsyth Major al sito "L'Uccellatoio"; i reperti con indicazione "Scavo Coppi 1880" probabilmente provengono da scavi effettuati dal sig. Coppi, proprietario del terreno, nello stesso sito "L'Uccellatoio"; con l'indicazione "Montevecchio" (Cfr. Forsyth Major, 1877, p. 56-57) sono indicati alcuni pezzi (varie ossa di *Anancus arvernensis*, alcuni resti di *Equus cf. livezovensis* e di due cervi) provenienti da una località poco distante dal sito principale; infine con indicazione generica "Montopoli" sono etichettati sparsi reperti recuperati nei pressi de "L'Uccellatoio" (cfr. De Giuli & Heintz, 1974a). Forsyth Major (1877; 1885) e Weithofer (1889; 1893) per primi studiarono questa fauna. Successivamente Del Campana (1916), Merla (1949), Azzaroli (1963), De Giuli & Heintz (1974a, b) Ficarelli & Torre (1979), Ficarelli (1984) e Masini (1989) hanno rivisto la sistematica di alcuni taxa. La fauna è composta da *Anancus arvernensis*, *Archidiscodon gromovi*, *Stephanorhinus jeanvireti*, *Equus cf. livezovensis*, *Leptobos cf. stenometopon*, *Gazella borbonica*, *Croizetoceros ramosus*, *Pseudodama cf. lyra*, *Eucladoceros sp.*, *Procapreolus cusanus*, *Pachycrocuta perrieri*, *Acinonyx pardinensis*, *Nyctereutes megamastoides*.

## 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La successione del Valdarno inferiore si imposta in un bacino strutturalmente complesso, che si estendeva durante il Neogene in direzione SE-NO per circa 50 km con una larghezza massima di circa 20 km (Fig. 1). Il bacino era delimitato a NE dalla catena appenninica e dalla dorsale di Iano a SO ed è stato interessato durante

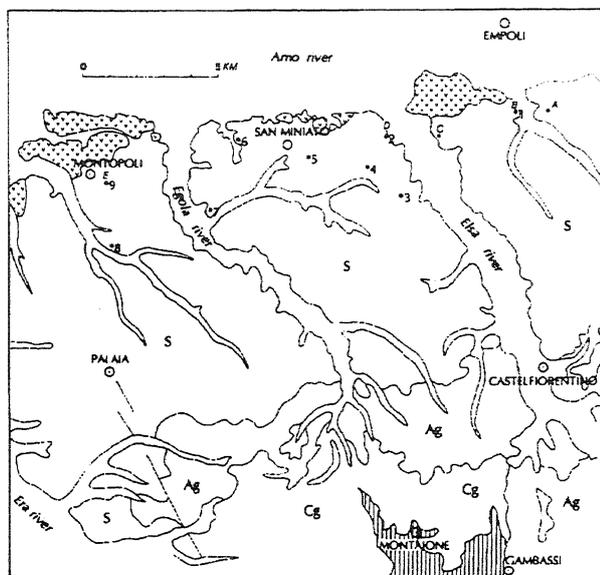


Fig. 2 - Schema geologico dell'area in esame, con ubicazione delle sezioni e delle località fossilifere. Legenda: Rigato verticale = substrato pre-pleiocenico; Pliocene: Cg = depositi conglomeratici e sabbiosi; Ag = depositi argillosi in facies marina; S = alternanza di sabbie e argille sabbiose in facies marino-marginale e di transizione; Retinato = sedimenti pleistocenici. Le sezioni misurate sono indicate con i numeri da 1 a 9. 1: Casenuove; 2: Ponte a Elsa; 3: Canneto; 4: Poggio tagliato; 5: Cappuccini; 6: Poggio al Lupo; 7: La Serra; 8: Case S. Lorenzo; 9: Montopoli. Località con resti di vertebrati: 1: (u.f. Triversa) A: Piazzano; B: Casenuove; C: S. Giusto; D: Ponte a Elsa. (u.f. Montopoli) E: Montopoli.

Geological schematic map of the studied area, with location of sections and fossiliferous localities. Shaded area (vertical lines) = pre-Pliocene substratum; Pliocene: Cg = conglomerates and sands; Ag = marine clays; S = alternating sands and sandy silts in shallow-marine and transitional facies; v-shaded area = Pleistocene. Numbers 1 to 9: measured sections. 1: Casenuove; 2: Ponte a Elsa; 3: Canneto; 4: Poggio tagliato; 5: Cappuccini; 6: Poggio al Lupo; 7: La Serra; 8: Case S. Lorenzo; 9: Montopoli. Fossil vertebrate sites are identified with letters: (Triversa u.f.) A: Piazzano; B: Casenuove; C: S. Giusto; D: Ponte a Elsa. (Montopoli u.f.) E: Montopoli.

il Neogene da tettonica prevalentemente distensiva (Cfr. Marroni *et al.*, 1990). A partire dal Miocene superiore il bacino si è riempito di depositi silicoclastici per uno spessore massimo di circa 2000 m (Ghelardoni *et al.*, 1968). La successione pliocenica è costituita da depositi basali prevalentemente argillosi del Pliocene inferiore (Bossio *et al.*, 1993), sovrastati da conglomerati e sabbie di un nuovo ciclo sedimentario, costituito da depositi argillosi nella parte intermedia ("argille azzurre") e sabbie con intercalazioni d'argilla nella parte superiore (rispettivamente  $p_1$ ,  $p_2$  e  $p_3$  in Dominici *et al.*, 1994). Nell'area indagata per il presente lavoro affiora un'alternanza di sabbie e argille ascrivibile alla parte superiore del suddetto ciclo (" $p_2$ ,  $p_3$ ", op. cit.). Nonostante l'area sia stata oggetto di lavori a carattere micropaleontologico (Giannelli *et al.*, 1981; Valleri *et al.*, 1989; Valleri, studi non pubblicati), i depositi marino-marginali che la caratterizzano non hanno mai fornito fossili utili alla datazione. In aree adiacenti, in depositi lateralmente correla-

bili con quelli in esame, Nencini (1984) segnala la presenza di *Globorotalia aemiliana*. Dati non pubblicati raccolti da Mazzei e Salvatorini (com. pers.) rivelano il passaggio tra Zona a *Globorotalia punctulata* e Zona a *G. aemiliana* (*sensu* Iaccarino & Salvatorini, 1982) entro le argille sottostanti (" $p$ ", op. cit.). La parte di successione in esame apparterebbe quindi per intero alla Zona a *G. aemiliana*.

Alcuni depositi affioranti in val d'Elsa, precedentemente cartografati da Dominici *et al.* (1994a) come "argille azzurre di ambiente marino", vengono qui re-interpretati. L'analisi di facies condotta mostra che si tratta in realtà di depositi argillosi di piana costiera o di laguna, appartenenti quindi all'unità  $p_2$  di Dominici *et al.* (1994a).

#### 4. ANALISI DI FACIES E STRATIGRAFIA

La successione in esame, spessa circa 200 m, viene rappresentata nello spaccato geologico di Figura 3, tracciato in direzione E-O e ricostruito a partire dallo studio di 9 sezioni stratigrafiche (Fig. 2). Nel suo insieme la successione costituisce una monoclinale debolmente immergente verso NO. I depositi che la caratterizzano vengono qui distinti in litofacies sabbiose/sabbioso-limose e argilloso-limose. Tali litofacies, che ad un esame più accurato si rivelano essere in realtà delle associazioni di facies, sono organizzate in elementi deposizionali che a loro volta individuano tre tipi di sistemi deposizionali (*sensu* Bosellini *et al.*, 1989). Per ogni litofacies vengono anche brevemente descritte le faune a vertebrati in esse rinvenute, mentre nella parte finale del capitolo vengono fatte delle considerazioni sulla provenienza dei resti di cui non ci è pervenuta l'esatta collocazione stratigrafica.

##### 4.1 Litofacies sabbioso-limose ( $p_3$ , op. cit.)

S1: sabbie da medie a grossolane e subordinate ghiaie, giallo-rossastre, a laminazione inclinata concava, talora massicce, in strati a base erosiva. Frequenti livelli di *mud clast* alla base degli strati e abbondanti resti vegetali. Questa litofacies è priva di fossili marini o salmastri, né ha sinora mai fornito resti di vertebrati.

S2: sabbie medio-grossolane gialle a struttura massiccia, talora a laminazione inclinata piana in strati a base erosiva. Abbondanti clasti d'argilla sia alla base che entro gli strati. Presenti gusci e frammenti di molluschi rappresentati da *Ostrea virleti*, *Cerastoderma edule*, *Potamides tricinctus*, ecc. L'associazione è in genere oligotipica, anche se in alcuni casi la diversità tassonomica può essere mediamente alta. I fossili mostrano di aver subito un trasporto rispetto all'originario ambiente di vita essendo sempre disarticolati, frammentati ed abrasati in varia misura. Questa litofacies ha fornito resti sparsi di vertebrati terrestri (resti di viverride, cervide di piccola taglia e frammenti d'osso non identificati).

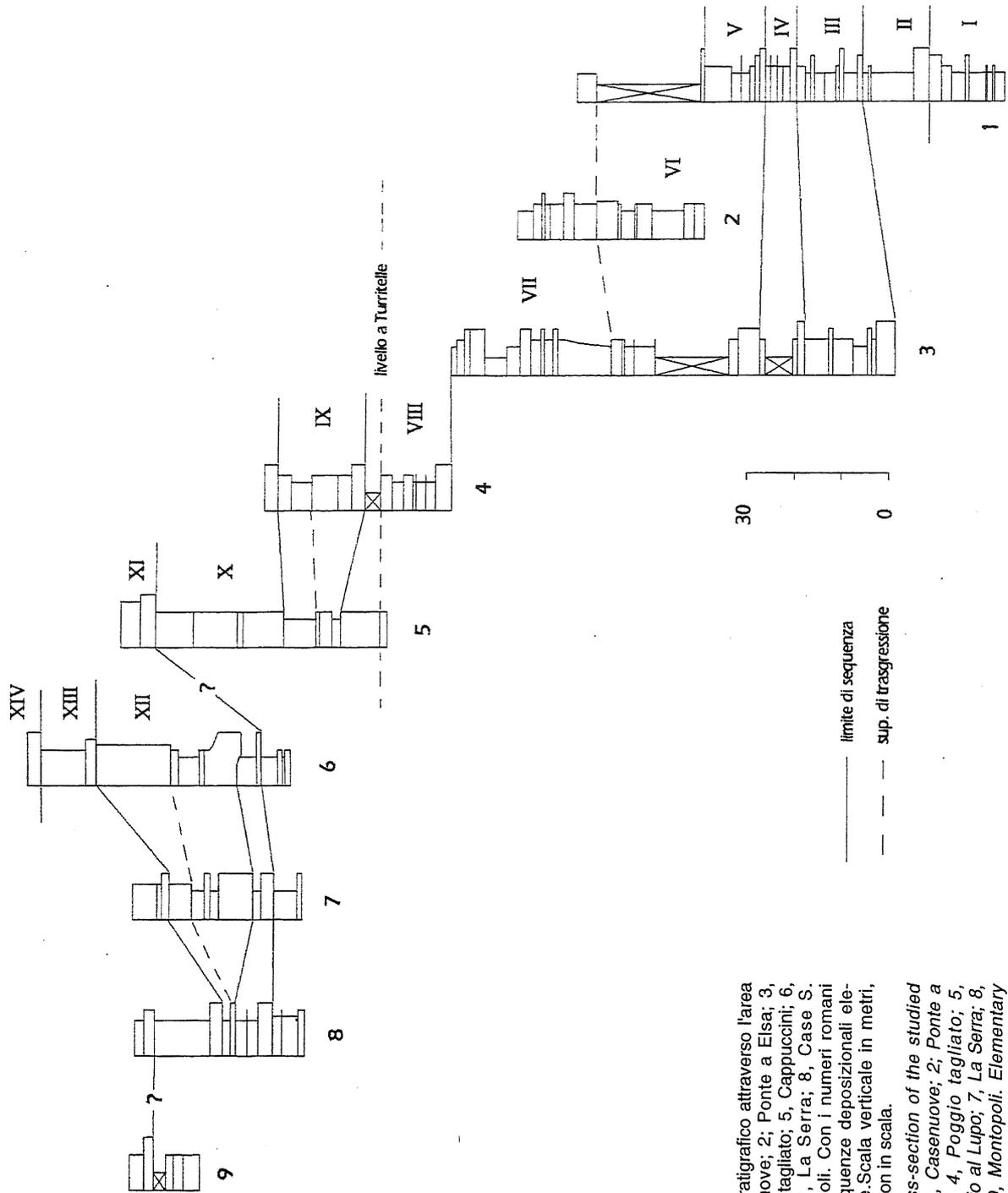


Fig. 3 - Spaccato stratigrafico attraverso l'area studiata: 1, Casenuove; 2, Ponte a Elsa; 3, Canneto; 4, Poggio tagliato; 5, Cappuccini; 6, Poggio al Lupo; 7, La Serra; 8, Case S. Lorenzo; 9, Montopoli. Con i numeri romani sono indicate le sequenze deposizionali elementari riconosciute. Scala verticale in metri, distanze orizzontali non in scala.

*Stratigraphical cross-section of the studied area (see Fig. 2): 1, Casenuove; 2, Ponte a Elsa; 3, Canneto; 4, Poggio tagliato; 5, Cappuccini; 6, Poggio al Lupo; 7, La Serra; 8, Case S. Lorenzo; 9, Montopoli. Elementary depositional sequences are numbered I to XIV. Vertical scale in meters, distance between sections not to scale.*

S3: sabbie medio-fini, giallo-brune, alternate a limi argillosi grigi. Stratificazione piano-parallela, in strati con spessore massimo di pochi centimetri. Occasionale stratificazione *flaser* e laminazione inclinata da *ripple* rampicanti passante a laminazione sinusoidale. La litofacies non ha mai fornito resti fossili, se si fa eccezione per occasionali lamine di *debris* conchigliare.

S4: sabbie medio-fini giallo-grigiastre a struttura massiccia, bioturbazione diffusa, in strati a base netta. Abbondanti molluschi marini sia sparsi che in livelli di arricchimento (*shell beds*). La fauna è caratterizzata da molluschi di fondali marini sabbiosi poco profondi. Si distingue un'associazione dominata da *Chamelea gallina*, *Pitar subgigantea*, *Donax minutus*, *Solen marginatus*, *Panopea glycymeris*, *Spisula subtruncata*, tellinidi, cardidi ecc., generalmente ad alta diversità tassonomica, e un'associazione oligotipica dominata da *Ostrea edulis*, *Pecten flabelliformis* e *Chlamys flexuosa*. Ad eccezione degli *shell bed*, dove i molluschi sono in gran parte disarticolati, abrasati, incrostati e bioerosi, molti fossili sono in posizione di vita o comunque articolati.

#### 4.2 Litofacies argilloso-limose (p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub> p.p., op. cit.)

A1: argille limose grigie massicce. I resti vegetali, diffusi o concentrati in livelli di arricchimento, e le tracce lasciate da apparati radicali sono spesso abbondanti. I resti conchigliari sono rari e solitamente rappresentati da gasteropodi polmonati (*Helicidae*) o da bivalvi di acque dolci (*Corbicula fluminalis*). A questa litofacies sono associati alcuni ritrovamenti di vertebrati terrestri (*Pseudodama lyra*, *Anancus arvernensis*).

A2: argille limoso-sabbiose grigie massicce, bioturbate, in strati lenticolari, con livelli arricchiti in sostanza organica e occasionali livelli di sabbie grigie. I resti di molluschi spesso abbondanti, indicanti un ambiente paralico (*Cerastoderma edule*, *Hydrobia* spp., *Tapes decussatus*, *Potamides tricinctus*, *Ovatella myotis*, *Scrobicularia plana*, ecc.). Bivalvi in posizione di vita. Occasionalmente accumuli lateralmente continui (*shell beds*) con fossili disarticolati ed abrasati. Da questa facies provengono resti di *Tapirus arvernensis* (uno scheletro in connessione).

A3: argille limoso-sabbiose grigie massicce completamente bioturbate con abbondanti resti di molluschi, echinodermi e altre faune di ambiente francamente marino. I fossili caratterizzanti, tra gli altri, sono *Dentalium fossile*, *Aporrhais uttingeriana*, *Chlamys varia*, *Corbula gibba* e gli echinoidi irregolari. Sono segnalati ritrovamenti di resti di selaci e cetacei.

#### 4.3 Rapporti stratigrafici ed interpretazione delle facies

L'analisi di facies e lo studio dei loro rapporti laterali e verticali hanno permesso di interpretare gli ambienti di

deposizione ed i principali processi responsabili della loro genesi (Benvenuti & Dominici, studi in corso).

L'associazione S1-S2-S3 rappresenta un sistema deltizio costituito da specifici elementi deposizionali. La litofacies S1 costituisce il riempimento di canali deltizi a bassa sinuosità. La deposizione avviene sia a seguito di flussi ad alta concentrazione che per migrazione di forme di fondo a cresta sinuosa controllate da correnti trattive. Le litofacies S2-S3 rappresentano rispettivamente la porzione prossimale e distale di fronti deltizi dominati da flussi gravitativi originati da piene fluviali (barre di foce). In S2 prevalgono processi di deposizione in massa per flussi ad alta concentrazione che talora alimentano l'accrescimento frontale di forme di fondo. In S3 si depositano le code degli stessi flussi, assimilabili a correnti di densità (flussi iperpicnali) a concentrazione variabile.

L'associazione A1-A2 individua un sistema deposizionale costiero che si attiva durante fasi di aumento dello spazio d'accomodazione (trasgressioni). La litofacies A1 indica un ambiente di piana costiera a sedimentazione pelitica. La litofacies A2 viene interpretata come l'espressione di un ambiente lagunare o di baia interdistributaria caratterizzato da un variabile grado di connessione con il mare.

L'associazione S4-A3 indica un sistema deposizionale di piattaforma interna, anch'esso attivo durante le fasi trasgressive. La facies S4 rappresenta una spiaggia sommersa derivata dalla rielaborazione di sabbie di fronte deltizio, mentre A3 testimonia condizioni di mare più profondo.

Le litofacies presentate si organizzano nella successione in sequenze deposizionali elementari (SDE, *sensu* Mutti *et al.*, 1994) che denotano una complessa dinamica sedimentaria guidata da oscillazioni eustatiche ad alta frequenza. Nella successione sono state riconosciute almeno 14 SDE (Fig. 3). Entro le SDE possono essere generalmente individuati depositi di stazionamento basso (S1-S2-S3) e depositi trasgressivi (A1-A2 e/o S4-A3). Non sempre chiara è invece la presenza o meno di depositi di stazionamento alto (A1?, S4?). Lo *stacking pattern* delle SDE consente di individuare parte di una sequenza deposizionale composita a grande scala (*sensu* Mutti *et al.*, 1994). Il limite basale di tale sequenza non è visibile nelle sezioni studiate. Esso può essere tentativamente identificato con una discontinuità stratigrafica visibile in alcune località al tetto delle argille azzurre. Viene qui proposta una suddivisione della sequenza in *systems tract* (s.t.) sulla base dello *stacking pattern* delle SDE. Tale interpretazione potrà essere eventualmente confermata da ulteriori studi sulla geometria delle singole sequenze a piccola scala.

Nella porzione inferiore della successione studiata le SDE sono costituite da depositi fluvio-deltizi di stazionamento basso (S1-S2-S3) sovrastati da depositi trasgressivi di piana costiera (A1) e/o di laguna (A2). La sovrapposizione delle SDE, in un *trend* regressivo-trasgressivo, consente di interpretare questa parte della

successione come tardo *s.t.* di stazionamento basso - primo *s.t.* trasgressivo della sequenza composita (SDE I-III, Fig. 3; tardo *LST*-primo *TST*, Fig. 4).

Nella porzione intermedia le facies trasgressive entro le SDE mostrano un carattere marino relativamente più aperto (S4-A3), a cui si associa un aumento della componente bioclastica. Questa parte è interpretata come tardo *s.t.* trasgressivo della sequenza composita a grande scala (SDE III-X, Fig. 3; tardo *TST*, Fig. 4).

Nella porzione superiore della successione studiata, i depositi trasgressivi e di stazionamento alto delle SDE sono rappresentati dalla litofacies S4, mentre scompaiono i depositi relativamente più profondi della litofacies A3. Questo tratto della successione mostra una tendenza complessivamente stazionaria o leggermente regressiva, e viene perciò interpretato come *s.t.* di stazionamento alto della sequenza composita (SDE XI-XIV, Fig. 3; *HST*, Fig. 4). I depositi di stazionamento basso della SDE XI mostrano spessore notevoli e, come risulta dalle correlazioni, riempiono una profonda valle incisa. Questo fa pensare che l'inizio dello *HST* possa essere stato accentuato da fattori di origine tettonica o che l'*HST* della sequenza composita in esame sia del tutto assente, e che la SDE XI rappresenti l'inizio di una nuova sequenza composita. A partire da questa sequenza scompare nelle sezioni studiate la litofacies A3, considerata quella di ambiente più profondo.

Numerose superfici di trasgressione sono individuabili nelle SDE, spesso rappresentate da livelli ad elevato contenuto bioclastico. La relativa continuità laterale di alcuni shell beds, massima nel tardo *s.t.* trasgressivo, si è dimostrata utile per le correlazioni.

#### 4.4 Le faune a vertebrati delle vecchie collezioni

Dato che la maggior parte delle faune villafranchiane del Valdarno inferiore provengono da vecchie collezioni, si è posto il problema di collocarle nel contesto delle facies sedimentarie. Si è tentato di dare una interpretazione basandosi sul tipo di fossilizzazione, sull'eventuale presenza di matrice sui reperti e sulle osservazioni di campagna, anche se spesso non era più individuabile con precisione il sito di raccolta. I reperti provenienti dalla località S. Giusto (C in Fig. 2), per la fossilizzazione di colore bruno-nerastro, provengono verosimilmente dalle litofacies argillo-limose. Tra queste, quelle che hanno finora fornito resti di vertebrati terrestri sono la A1 e la A2, che sono anche le facies più diffuse nella zona.

I fossili di Montopoli presentano residui di matrice sabbiosa e colore generalmente ocreo, con incrostazioni ferruginose. Alcuni sono incrostati da organismi marini (*Ostrea lamellosa*). Nel sito identificato come "L'Uccellatoio" affiora la litofacies S4, che però non ha mai fornito in tempi recenti ulteriori resti. Fossili sparsi sono invece documentati per la litofacies S2, anch'essa affiorante nei pressi di Montopoli. I dati a disposizione suggeriscono che si tratti di una di esse.

SDE	S.T.
XIV	HST ?
XIII	
XII	
XI	
X	TST
IX	
VIII	
VII	
VI	
V	
IV	
III	
II	
I	LST

Fig. 4 - Interpretazione della successione in termini di *systems tract*.  
Interpretation of the studied succession in terms of systems tracts.

## 5. DISCUSSIONE

L'inizio del Villafranchiano, u.f. Triversa, è caratterizzato da associazioni faunistiche con residue affinità rusciniane. Gli elementi di maggior spicco sono forme di foresta, indicative di climi caldo-umidi (*Ursus minimus*, *Tapirus arvernensis*, *Sus minor* ecc.). Rispetto a queste, l'associazione di Montopoli è caratterizzata dall'arrivo di alcuni nuovi elementi molto significativi dal punto di vista paleoclimatico: un elefante primitivo *Archidiskodon gromovi*, ed un equide monodattilo di grande taglia, *Equus cf. livenzovensis*. Questi nuovi arrivi, che indicano la diffusione di spazi aperti, simili alla savana, corrispondono alla scomparsa dalla associazione faunistica degli elementi tipici della foresta.

I sedimenti da cui proviene la fauna di Montopoli sono stati calibrati paleomagneticamente al limite Gauss-Matuyama (Lindsay *et al.*, 1980). L'aumento dell'aridità ed una tendenza ad un certo raffreddamento generalizzato del clima al tempo corrispondente alla fine della magnetoeppoca Gauss è un fenomeno generalizzato che ha portato alla dispersione di *taxa* caratteristici di ambienti aperti ("*Elephant-Equus event*" di Lindsay *et al.*, 1980). Tale evento di dispersione è riconosciuto alla scala di tutto l'oloceno. Un netto cambiamento nelle associazioni a mammiferi e nelle associazioni vegetazionali, per questo intervallo, è testimoniato in Europa occidentale ed orientale, in Moldavia, in Cina ed in India (Azzaroli, 1985; Azzaroli *et al.*, 1988; Flynn *et al.*, 1991; Vislobokova *et al.*, 1993). Anche in Nord America gli eventi di dispersione che durante il Blancan hanno visto coinvolte mega- e microfaune avvengono in momenti analoghi (Repenning, 1987; Lundelius *et al.*, 1987). Le variazioni delle faune terrestri in Eurasia ed in Nord America riflettono cambia-

menti sincroni legati in gran parte al clima globale, come già suggerito da diversi autori (Azzaroli, 1970; 1983; Lindasy *et al.* 1980; Flynn *et al.*, 1991).

Il limite Gauss-Matuyama, che possiamo prendere come punto di riferimento per datare la successione in esame, è posto a circa 2.6 Ma (Cfr. Rio *et al.*, 1994). Nelle successioni oceaniche questo momento coincide con i primi importanti segnali di deterioramento climatico conseguenti all'instaurarsi della calotta polare artica (Rio *et al.*, 1994, *cum bib.*), deterioramento che ben si accorda con i dati desumibili dallo studio delle faune e delle flore terrestri.

## 6. CONSIDERAZIONI FINALI

Questo lavoro rappresenta, per il Valdarno inferiore, un primo contributo all'integrazione della successione di eventi documentati dalla faune continentali a mammiferi con quelli della evoluzione stratigrafico-deposizionale. La necessità di condurre un'analisi accurata delle facies sedimentarie ha portato a limitare l'area di studio. I risultati raggiunti invitano ad ampliare la ricerca ad altri settori del bacino, nel tentativo di migliorare il quadro stratigrafico e di dare validità alle interpretazioni fatte.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1992 - *Guida al Rilevamento, Carta Geologica d'Italia 1:50.000*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni, ser. 1, 1, 203 pp., Roma.
- Azzaroli A., 1963 - *Rinoceronti pliocenici del Valdarno Inferiore*. *Palaeont. Ital.*, **57** (n. ser. 27), 11-20.
- Azzaroli A., 1970 - *Villafranchian correlations based on large mammals*. *Giorn. Geol.*, Ser. 2, **35**, 111-131.
- Azzaroli A., 1977 - *The Villafranchian stage in Italy and the Plio-Pleistocene boundary*. *Giorn. Geol.*, **41**, 61-79.
- Azzaroli A., 1983 - *Quaternary mammals and the "end-Villafranchian" dispersal event - a turning point in the history of Eurasia*. *Paleogeogr., Paleoclimat., Paleoecol.*, **44**, 117-139.
- Azzaroli A., 1992 - *The cervid genus Pseudodama n.g. in the Villafranchian of Tuscany*. *Palaeont. Ital.*, **79**, 1-41.
- Azzaroli A., De Giuli C., Ficarelli G. & Torre D., 1988 - *Late Pliocene to early Middle Pleistocene mammals in Eurasia: faunal succession and dispersal events*. *Paleogeogr. Paleoclimat. Paleoecol.*, **66**, 77-100.
- Benvenuti M. & Dominici S., 1992 - *Facies analysis, paleoecology and sequence stratigraphy in a Pliocene siliciclastic succession, San Miniato (Pisa, Italy)*. *Boll. Soc. Paleont. It.*, **31**, 241-259.
- Boccaletti M., Ciaranfi N., Cosentino D., Deiana G., Gelati R., Lentini F., Massari F., Moratti G., Pescatore T., Ricci Lucchi F. & Tortorici L., 1990 - *Palinspastic restoration and paleogeographic reconstruction of the peri-Tyrrhenian area during the Neogene*. *Paleogeogr. Paleoclimat. Paleoecol.*, **77**, 41-50.
- Bossio A., Mazzei R., Salvatorini G., Sandrelli F., 1993, *Nuovi dati sui depositi mio-pliocenici del settore meridionale del bacino del fiume Elsa*. *Paleopelagos*, **3**, 97-108.
- Canuti P., Pranzini G. & Sestini G., 1966 - *Provenienza ed ambiente di sedimentazione dei ciottolami del Pliocene di S.Casciano (Firenze)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **5**, 340-364.
- De Giuli C. & Heintz E., 1974a, *Gazella borbonica (Bovidae, Artiodactyla, Mammalia), nouvel element de la faune villafranchienne de Montopoli, Valdarno Inferieur, Pisa, Italia*. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. A*, **81**, 227-237.
- De Giuli C. & Heintz E., 1974b, *Croizetoceros ramosus (Cervidae, Artiodactyla, Mammalia) de Montopoli, nouvel element de la faune Villafranchienne d'Italie*. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Ser. A*, **81**, 241-251.
- Del Campana D., 1916, *Nuove ricerche sui felini del pliocene italiano*. *Palaeont. Ital.*, **22**, 1-33.
- Del Campana D., 1917, *Sulla presenza di (Canis) Cerdocyon megamastoides Pomel, nel Pliocene del Valdarno Inferiore*. *Riv. It. Paleont.*, **23**, 1-8, Parma.
- Dominici S., 1989 - *Geologia e malacofauna plioceniche della collina di San Miniato*. Tesi di Laurea inedita. Università di Firenze.
- Dominici S., 1994 - *Regressive-transgressive cycles from the Pliocene of the San Miniato area (Tuscany, Italy): paleoecology and sequence stratigraphy*. In: R. Matteucci *et al.* (eds.), *Studies on Ecology and Paleoecology of Benthic Communities*, *Boll. Soc. Pal. It., Spec. vol. 2*, 117-126.
- Dominici S., Mazzanti R. & Nencini C., 1994a, *Carta degli elementi geologico-morfologici e storici dei dintorni di San Miniato (Pisa)*. *Provincia di Pisa*. CNR (Centro studi per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa).
- Dominici S., Rook L., Benvenuti M. & Abbazzi L., 1994b - *Tapir remains in paralic deposits of Pliocene age in lower Valdarno (Tuscany, Italy): facies analysis and taphonomy*. *Giobios, Mem. Spec.* **18**, 131-135.
- Ficarelli G., 1984 - *The villafranchian cheetas from Tuscany and remarks on the dispersal and evolution of the genus Acinonyx*. *Palaeont. Ital.*, **73**, 94-103.
- Ficarelli G. & Torre D., 1979 - *Remarks on the taxonomy of hyaenids*. *Palaeont. It.*, **66**, 13-33.
- Flynn L.J., Tedford R.H. & Qiu Zh., 1991 - *Enrichment and stability in the Pliocene mammalian fauna of North China*. *Paleobiology*, **17**, 246-265.
- Forsyth Major C.I., 1875 - *Considerazioni sulla fauna dei mammiferi pliocenici e post-pliocenici della Toscana*. *Atti soc. Tosc. Sci. Nat.*, **1**, 7-40.
- Forsyth Major C.I., 1877 - *Considerazioni sulla fauna dei mammiferi pliocenici e post-pliocenici della Toscana*. *Atti soc. Tosc. Sci. Nat.*, **3**, 202-221.
- Forsyth Major C.I., 1885 - *On the mammalian fauna of the*

- Val d'Arno*. Quat. Journ. Geol. Soc., Abstract, 8 pp.
- Ghelardoni R., Giannini E. & Nardi R., 1968 - *Ricostruzione paleogeografica dei bacini neogenici e quaternari nella bassa valle dell'Arno sulla base dei sondaggi e dei rilievi sismici*. Mem. Soc. Geol. It., 7, 91-106.
- Giannelli L., Mazzanti R., Mazzei R., Menesini E. & Salvatorini G., 1981 - *Le cave di Poggibonsi e Castelfiorentino nel quadro del Pliocene della Val d'Elsa*. IX Conv. Soc. Pal. It., Guida alle escursioni, 175-194.
- Kormos T., 1931 - *Oberpliozäne Wohlmuse von Seneze (Haute Loire) und Val d'Arno (Toscana)*. Abh. Schweiz. Palaont. Gesell., 51, 1-14.
- Iaccarino S. & Salvatorini G., 1982 - *A framework of planktonic foraminiferal biostratigraphy for early Miocene to Late Pliocene Mediterranean area*. Paleont. Strat. ed. Evol., Quad., 2, 115-125.
- Lindsay E.H., 1990 - *The setting*, pp. 1-14. In: Lindsay E.H. & Mein P. (eds.) *European Neogene Mammal Chronology*. NATO ASI, A, 180.
- Lindsay E.H., Opdyke N.D. & Johnson N.M., 1980 - *Pliocene dispersal of the horse Equus and the late cenozoic mammalian dispersal events*. Nature, 287, 135-138.
- Lundelius E.J. jr., Downs T., Lindsay E.H., Semken H.A., Zakrzewski R.J., Churcher C.S., Harrington C.R., Schultz G.E. & Webb S.D., 1987 - *The North American Quaternary sequence*, pp. 211-235. In: Woodburne M.O. (ed.) *Cenozoic mammals of North America, Geochronology and Biostratigraphy*. University of California Press, Berkeley.
- Masini F., 1989 - *I bovini villafranchiani d'Italia*. Tesi di Dottorato di ricerca in Paleontologia, Università di Firenze.
- Masini F. & Torre D., 1990 - *Review of the Villafranchian Arvicolidids of Italy*. Geol. Romana, 26, 127-133.
- Marroni M., Mazzanti R. & Nencini C., 1990 - *Geologia e morfologia delle Colline Pisane*. Quad. Mus. St. Nat. Livorno, 11, suppl. 1, 1-40.
- Merla G., 1949 - *I Leptobos Rutim. italiani*. Palaeont. Ital., 46, 41-155.
- Mutti E., 1992 - *Relazioni tra stratigrafia sequenziale e tettonica*. Mem. Soc. Geol. It., 45 (1990), 627-655.
- Pareto L., 1865 - *Notes sur les subdivisions que l'on pourrait établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional*. Bull. Soc. Géol. France, 2(22), 610-667.
- Repenning C.A., 1987 - *Biochronology of the microtine rodents of United States*, pp. 236-238. In: Woodburne M.O. (ed.), *Cenozoic mammals of North America, Geochronology and Biostratigraphy*. University of California Press, Berkeley.
- Rio D., Sprovieri R. & Di Stefano E., 1994 - *The Gelasian: a proposal of a new chronostratigraphic unit of Pliocene series*. Riv. It. Paleont. Strat., 100, 103-124.
- Valleri G., Bertini A. & Bertoldi R., 1990 - *Studio delle associazioni a foraminiferi e a pollini del Pliocene di Ponte a Elsa (Valdarno Inferiore, Toscana)*. Boll. Soc. Paleont. It., 29(3), 321-333.
- Vislobokova I.V., Erbaeva M.A. & Sotnikova M.V., 1993 - *The early Villafranchian stage in the development of the Mammalian fauna of Northern Eurasia*. Stratigraphy and Geological Correlation, 1(5), 87-96.
- Weithofer K.A., 1889 - *Fossilien Hyänen des Arnethales*. Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss., 55, 337-360, Wien.
- Weithofer K.A., 1893, *Proboscidiiani fossili del Valdarno in Toscana*. Mem. Carta Geol. It., 4(2), 1-152.
- Williams H.S., 1901 - *Discrimination of time value in geology*. Jour. Geol., 9, 570-585.

Ms. ricevuto: Ottobre 1994  
 Testo definitivo ricevuto: Dicembre 1995

Ms. received: October, 1994  
 Final text received: December, 1995