

## I terrazzi marini del Pleistocene inferiore-medio della valle del Fiume Lao: considerazioni stratigrafiche ed implicazioni morfoevolutive

*The lower-middle Pleistocene marine terraces of the River Lao valley: stratigraphic considerations and morphoevolutive implications*

ROBUSTELLI G. (\*), MUTO F. (\*),  
SCARCIGLIA F. (\*), PULICE I. (\*), AIELLO M. (\*)

**RIASSUNTO** - È stato condotto uno studio integrato, stratigrafico e geomorfologico, lungo il tratto terminale della valle del Fiume Lao (Calabria tirrenica settentrionale). Nell'area in esame coesistono depositi continentali e depositi marini terrazzati attribuiti al Pleistocene inferiore-medio. I caratteri stratigrafici e i rapporti latero-verticali dei depositi hanno permesso di definire una nuova scansione delle fasi morfoevolutive che hanno accompagnato la graduale emersione di questo settore della catena appenninica. In particolare, una dettagliata analisi di facies ha consentito la definizione di tre differenti sistemi deposizionali le cui architetture deposizionali hanno permesso di definire variazioni di stile nell'ambito dei sistemi riconosciuti.

I depositi deltizi sono rappresentativi sia di ambienti di barra di foce nell'ambito di uno *shelf-type delta*, che di sistemi deltizi tipo *wave-influenced Gilbert*. Questi ultimi sono caratterizzati dalla giustapposizione e sovrapposizione di unità di *foreset* che suggeriscono un ambiente di sedimentazione fortemente subsidente.

I depositi fluviali mostrano, generalmente, una tendenza *F.U. (fining upward)*, interpretata come rappresentativa di una variazione verticale dello stile fluviale, verosimilmente correlata ad una fase di miglioramento climatico. Essa, successivamente, avrebbe portato al modellamento di una superficie di abrasione nei depositi alluvionali ed alla sedimentazione di ghiaie di spiaggia che rappresentano la quasi totalità delle facies costiere.

Sulla base dei dati ottenuti, il più antico ordine di terrazzi marini è stato re-interpretato e suddiviso in due superfici terrazzate sulla base dei rapporti latero-

verticali dei depositi sottesi. Inoltre, è stato sottolineato il comportamento tettonico di questo settore, caratterizzato da un'alternanza di fasi di sollevamento e di subsidenza che hanno interessato l'area di studio fino alla parte media del Pleistocene medio.

**PAROLE CHIAVE:** terrazzi marini; Pleistocene inferiore-medio; stratigrafia; evoluzione geomorfologica; Calabria.

**ABSTRACT** - An integrated stratigraphical and geomorphological study has been carried out in the Tyrrhenian coast of northern Calabria, along the coastal reach of Lao. In the study area Quaternary continental deposits coexist with marine terraces of Early-Middle Pleistocene age. The stratigraphic features and the lateral-vertical relationships of these deposits allowed to make up a new detailed reconstruction of the depositional-erosional events that gradually followed the emersion of this sector of the Apennine chain. In particular, a detailed facies analysis enabled us to distinguish three depositional systems whose lateral-vertical relationships and facies assemblage suggest also changes of evolutionary styles within the recognised systems.

Deltaic bodies consists of both mouth-bar deposits, characterised a shelf-type delta and a wave-influenced Gilbert-type delta system: the first one grades basinward into shelfal sandstone lobes; the second one is composed of two longitudinally stacked gravel-sandstone bodies of which, the distal one consists of vertical stacking foreset units, suggesting that deltas were

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria, 87036 Arcavacata di Rende (CS), Italy, tel. +39-(0)984-493546, fax: +39-(0)984-493554, robustelli@unical.it

developed in a subsiding basin.

As far as alluvial deposits are concerned, the vertical profile of some sections displays an overall F.U. (fining upward) trend, suggesting an upward change in fluvial styles from initial higher to final lower energy fluvial systems. It has been related to the gradual decrease in topographic slope and/or to climatic control (climate amelioration); the last hypothesis is supported by cross-cut relationships between alluvial deposits and marine terraces carved into alluvial facies. Coastal facies consists exclusively of gravel-beach progradational bodies.

On the basis of gathered data, the ancient most marine terrace has been re-interpreted; in fact lateral and vertical facies assemblage of the constituting deposits suggest that the first order marine terrace are representative of two different morphoevolutive stages. Also, the tectonic behaviour of this portion of the Tyrrhenian margin has been characterised; in particular we have recognised a succession of alternating uplift and subsidence events which have affected the study area till the middle Middle Pleistocene.

KEYWORDS: marine terraces; lower-middle Pleistocene; stratigraphy; geomorphological evolution; Calabria.

## 1. - INTRODUZIONE

I terrazzi marini in aree tettonicamente attive rappresentano il risultato dell'interazione tra sollevamento tettonico e variazioni glacio-eustatiche del livello del mare; essi sono generalmente caratterizzati da una superficie di abrasione su cui poggiano talora depositi marini localmente ricoperti da successioni continentali.

Terrazzi marini sollevati sono facilmente riconoscibili lungo la costa tirrenica della Calabria; in particolare tra gli abitati di Cetraro e Praia a Mare; queste forme sono state riconosciute e descritte da vari autori (CORTESE, 1886; DE FIORE, 1937; PATA, 1956; BRANCACCIO & VALLARIO, 1968; DAMIANI, 1970; DAMIANI & PANNUZI, 1979; CARBONI *et alii*, 1988; CAROBENE *et alii*, 1986; CAROBENE & DAI PRÀ, 1990; CAROBENE & FERRINI, 1991; 1993). Tra questi, CAROBENE & DAI PRÀ (1990) presentano una sintesi delle conoscenze dell'area che, integrata da nuovi dati stratigrafici e cronostatigrafici, ha consentito di definire una nuova scansione cronologica della gradinata di terrazzi marini; i dati ottenuti hanno inoltre permesso il confronto dei terrazzi marini con le curve paleoclimatiche e fornito indicazioni sui sollevamenti differenziali che hanno interessato l'area durante il Pleistocene. È importante notare il ruolo avuto dall'alternanza di fasi di sollevamento e subsidenza nella morfogenesi dell'area durante il Pleistocene inferiore (CAROBENE & DAI PRÀ,

1990), fasi che si sono estese fino al Pleistocene medio in aree poste poco più a Nord (ASCIONE & ROMANO, 1999).

In questa nota vengono riportati i risultati di uno studio integrato, stratigrafico e geomorfologico, di un'area che copre il tratto terminale della Valle del Fiume Lao; in particolare lo studio ha previsto un'analisi stratigrafica dei depositi marini e continentali attribuiti da CAROBENE & DAI PRÀ (1990) al Pleistocene inferiore-medio e rappresentativi dei primi due ordini di terrazzi marini (fig. 1). Lo scopo è stato quello di fornire un nuovo quadro stratigrafico dei depositi quaternari affioranti così da definire una nuova scansione degli eventi morfoevolativi che hanno interessato l'area durante il Pleistocene inferiore-medio.

## 2. - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area di studio è ubicata nel settore tirrenico della Calabria settentrionale (fig. 1) dove l'*Unità di Piattaforma Carbonatica* (sensu IETTO *et alii*, 1992) è in contatto tettonico con l'*Unità Ofolitica Inferiore* (Complesso Liguride in PILUSO *et alii*, 2000). Nell'arco di tempo compreso tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore, le suddette unità sono state interessate dal perdurare di un regime tettonico trascorrente che ha modificato i rapporti geometrici da queste acquisiti durante il Miocene (MONACO *et alii*, 1998); nel corso del Pleistocene inferiore-medio l'area tirrenica è stata soggetta ad un regime estensionale (TORTORICI *et alii*, 1995) che ha, localmente, riattivato strutture preesistenti con cinematiche differenti.

Nell'area in esame CAROBENE & DAI PRÀ (1990) hanno riconosciuto tre ordini di terrazzi marini, cartografati solo in destra orografica del Fiume Lao (fig. 2). Il 1° ordine di terrazzi marini è il più esteso e rappresenta, secondo questi autori, il risultato di una lunga fase di stazionamento del livello del mare, dovuta a fenomeni di subsidenza che avrebbero interessato l'area durante l'intervallo Emiliano-Siciliano (1,3-0,8 ma); il contenuto fossilifero dei depositi argillosi e sabbiosi, affioranti in destra del Fiume Lao, ha fornito i limiti inferiore e superiore del suo modellamento. Quest'ordine è compreso tra circa 80 m e 215 m s.l.m. e sottende una successione sedimentaria costituita da ghiaie e sabbie fluviali poggianti su depositi argilloso-sabbiosi marini (CAROBENE & DAI PRÀ, 1990). Nell'area di Fornace Mancini (fig. 2 in CAROBENE & DAI PRÀ, 1990) la successione è chiusa da argille la-

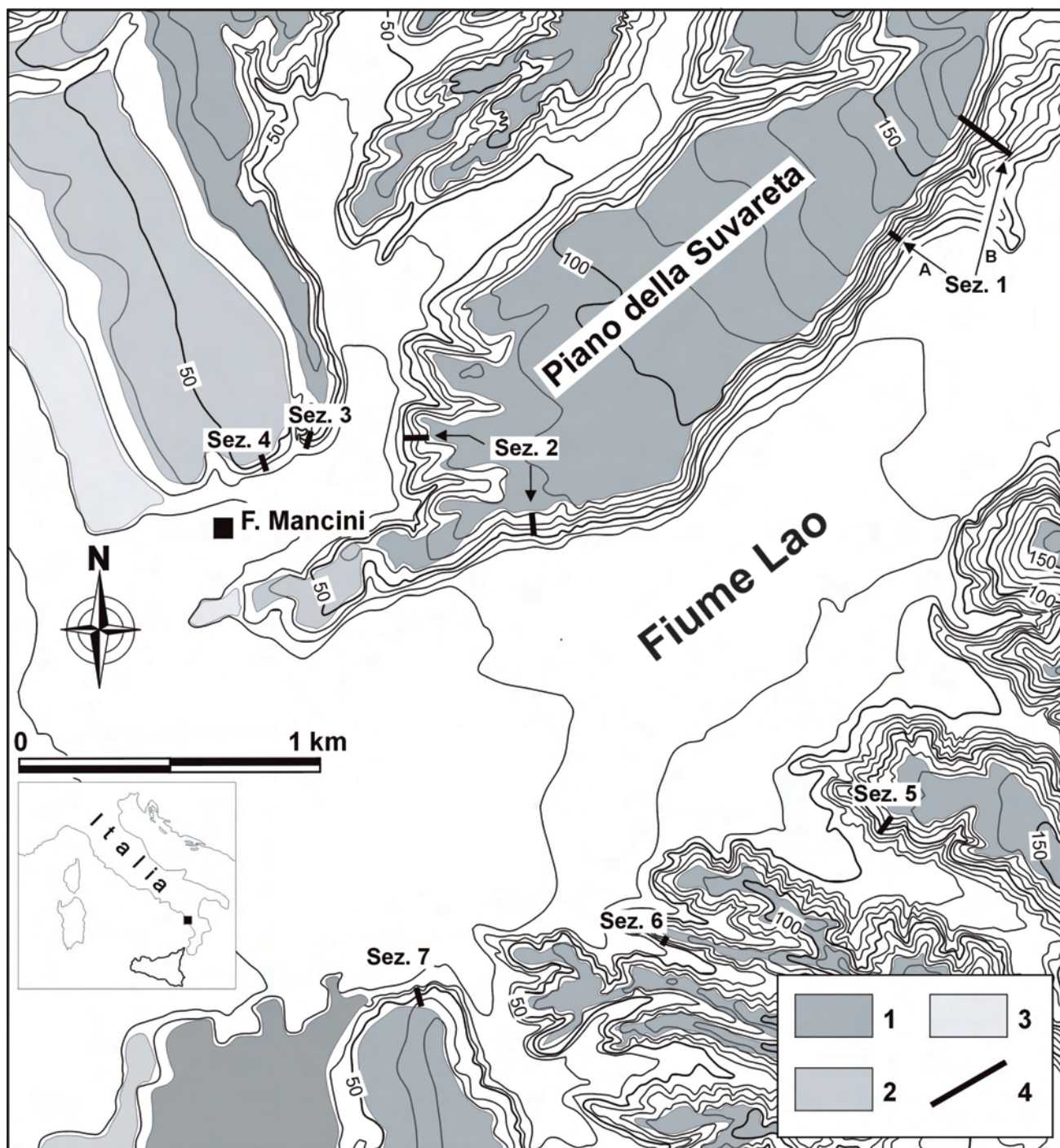


Fig. 1 - Schema geomorfologico dell'area in esame; 1) terrazzo di 1° ordine (Emiliano-Siciliano); 2) terrazzo di 2° ordine (Pleistocene inferiore-medio); 3) terrazzo di 3° ordine (Pleistocene medio); 4) Sezioni stratigrafiche.  
 - Geomorphological sketch map of the study area; 1) 1st order terrace (Emilian-Sicilian); 2) 2nd order terrace (Early-Middle Pleistocene); 3) 3rd order terrace (Middle Pleistocene); 4) Stratigraphic log.

custri. Il 2° ordine (Pleistocene medio iniziale; 0,8-0,65 ma) si estende tra 40 m e 60 m s.l.m.; esso è stato datato in virtù dei rapporti di intersezione con i depositi sottesi al 1° ordine. La successione sedimentaria che ricopre la superficie di abrasione marina è costituita da conglomerati e sabbie marine passanti, verso l'alto, a

depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi. Il 3° ordine (Pleistocene medio; 0,6-0,5 ma) è compreso tra circa 30 m e 40 m s.l.m.; la sua collocazione temporale emerge dal fatto che esso è compreso tra il 2° ordine e le linee di costa del tardo Pleistocene medio, oggetto di datazioni assolute (CAROBENE *et alii*, 1986).



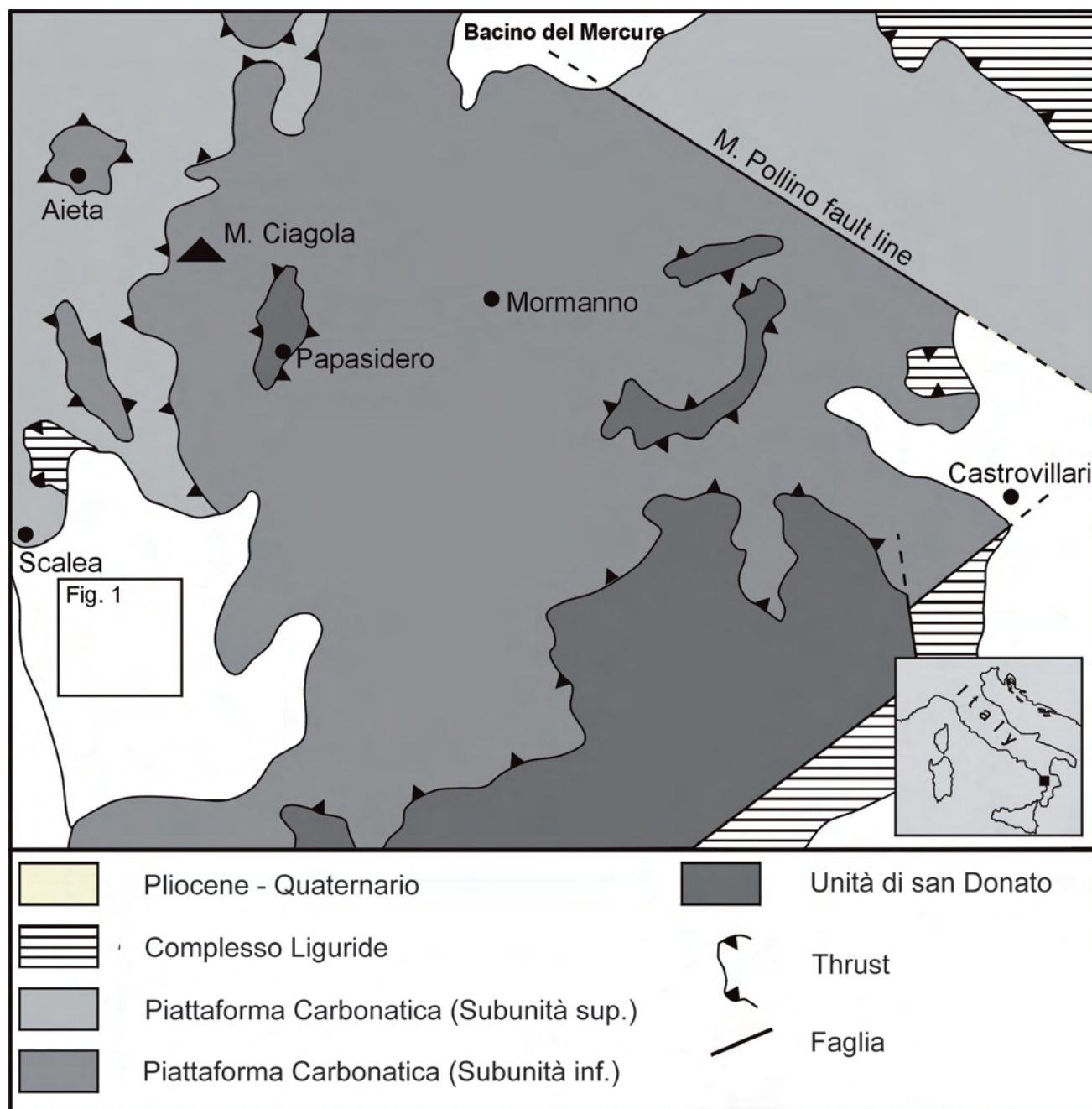


Fig. 2 - Schema geologico del settore tirrenico settentrionale della Calabria (da IETTO *et alii.*, 1992; modificato).  
 - Geological sketch map of the NW Calabria (modified after IETTO *et alii.*, 1992).

### 3. - STRATIGRAFIA

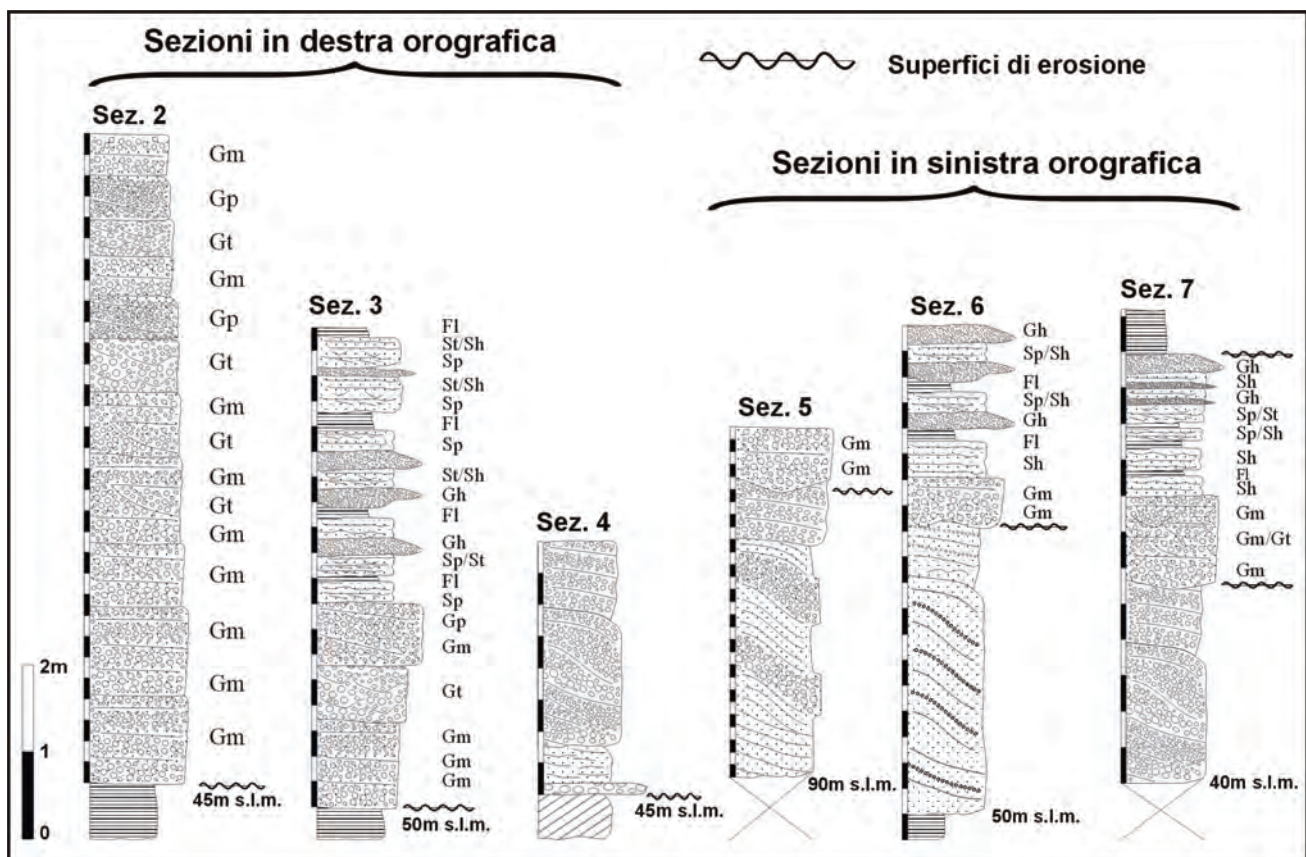
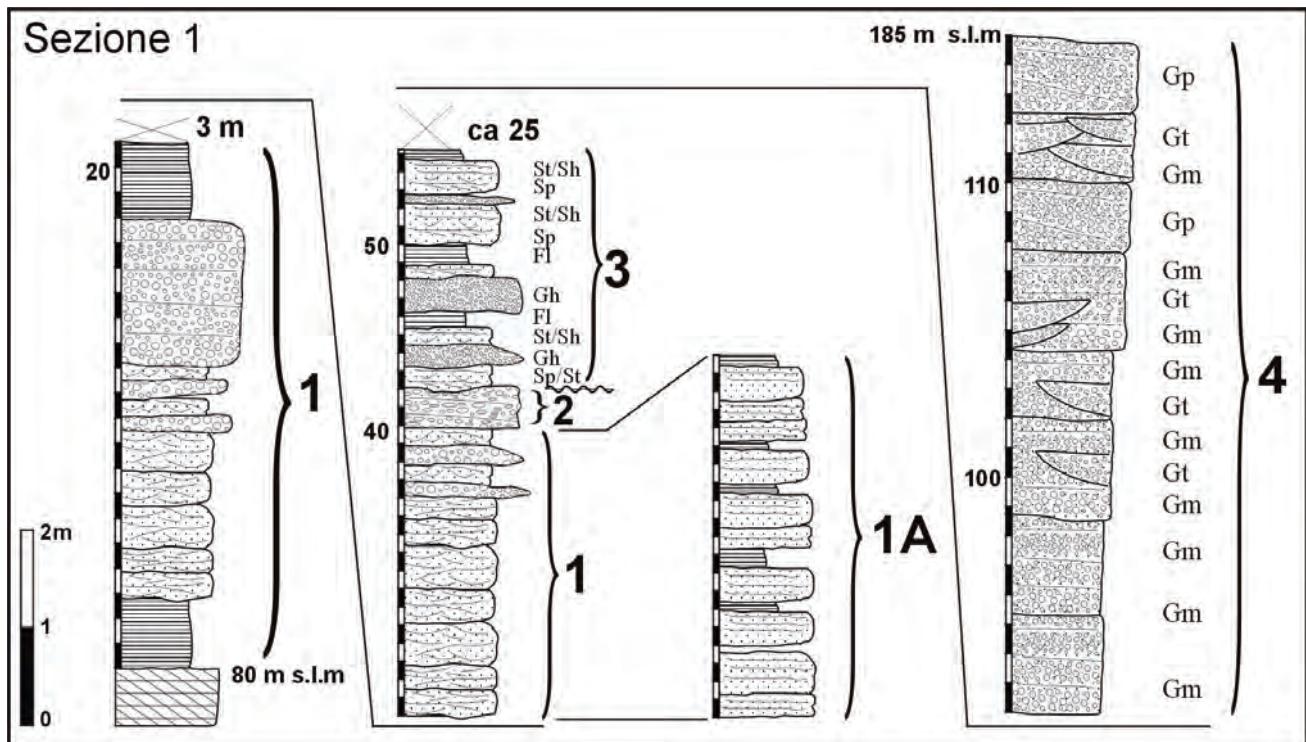
In questo paragrafo si riportano i risultati di uno studio stratigrafico condotto su depositi sottesi al 1° e 2° ordine di terrazzi marini riconosciuti nell'area.

Lungo la valle del Fiume Lao l'ampliamento di vecchie cave e l'apertura di nuove, per i lavori di costruzione dell'aeroporto di Scalea, hanno permesso di osservare spesse sezioni verticali, a luoghi estese anche lateralmente.

Di seguito saranno descritte le principali associazioni di facies che caratterizzano i depositi affioranti nell'area, al fine di definirne i relativi sistemi deposizionali e la loro organizzazione laterale e verticale.

Lo scopo è quello di fornire una migliore definizione degli scenari deposizionali che hanno caratterizzato questo settore. La descrizione delle sezioni stratigrafiche più significative rispetterà l'ordine dei terrazzi marini (figg. 3 e 4).





### 3.1. - TERRAZZO DI 1° ORDINE

Nel settore nord-orientale di Piano della Suvareta (fig. 2), l'ampliamento di una cava di inerti ha messo in evidenza una successione clastica poggiante in discordanza sul Complesso Liguride. La quota del contatto è posta a circa 80 m s.l.m., mentre la successione presenta uno spessore di circa 105 m e mostra evidenze di tettonica sinsedimentaria.

La sezione studiata (fig. 3) scaturisce da osservazioni, effettuate sia in cava (sezione 1A) che sui versanti esterni (sezione 1B), che hanno consentito di distinguere 4 associazioni di facies riferibili, dal basso verso l'alto, a sistemi deltizi, costieri e fluviali. Nel settore sud-occidentale di Piano della Suvareta è, invece, evidente una successione clastica poggiante su argille grigio-azzurre marine ed interpretabile come rappresentativa di un sistema fluviale (sezioni 2 e 3; fig. 4). In sinistra orografica del Fiume Lao, le sezioni descritte evidenziano la presenza di corpi deltizi del tipo *Gilbert* su cui poggiano, con contatto erosivo, ghiaie e sabbie fluviali (sezioni 5 e 6; fig. 4)

#### 3.1.1. - Sezione 1 (fig. 3)

##### 3.1.1.1. - Sistema deltizio (associazione di facies 1)

L'analisi di facies ha permesso di distinguere associazioni riferibili ad un sistema deltizio con evidenze di progradazione verso OSO; i depositi sono rappresentativi di un ambiente di barra di foce.

Descrizione: in contatto erosivo sui terreni del Complesso Liguride (fig. 5A) si osserva un'intervallo di circa 3m costituito da argille grigie fossilifere senza evidente laminazione. In successione poggiano, per uno spessore di circa 9m, sabbie medie e grossolane a laminazione incrociata a festoni con intercalazioni di sabbie a laminazione parallela; sono evidenti numerose superfici di erosione marcate da lag conchigliari e da clasti a luoghi pelitici (fig. 5B). Verso l'alto si intercalano, per poi prevalere, ghiaie clasto-sostenute organizzate in nastri ciottolo-

si a base erosiva sulle facies sabbiose (fig. 5C); detti strati tabulari, di spessore fino a 50 cm e senza evidente gradazione, si estendono lateralmente fino ed oltre i 10 m e presentano talora frammenti di malacofauna; i clasti, di dimensioni medie di 2,5 cm, sono arrotondati e poligenici. Con contatto netto ma non erosivo si passa ad un intervallo di circa 3m costituito da argille grigioverdastre poco fossilifere sulle quali si ipotizza il passaggio ad un'alternanza di sabbie, da fini a grossolane laminazione incrociata a festoni, incrociata tabulare e a laminazione parallela con evidenti superfici di erosione. Verso l'alto si intercalano, per uno spessore di circa 4m, ghiaie clasto-sostenute organizzate in nastri ciottolosi a base erosiva (fig. 5D); detti strati tabulari, di spessore fino a 10 cm, presentano terminazioni a cuneo verso ovest con evidente classazione sottocorrente e passaggio a strati di sabbie a laminazione piano-parallela ed incrociata. Le associazioni di facies appena decritte passano gradualmente e rapidamente, in direzione sottocorrente, ad una alternanza sabbioso-pelitica (associazione di facies 1A). L'associazione di facies è costituita da ripetute successioni decimetriche caratterizzate, dal basso verso l'alto, da strati di sabbie fini massive e/o gradate, a strati sabbiosi a laminazione piano-parallela che passano a livelli pelitici, talora laminati.

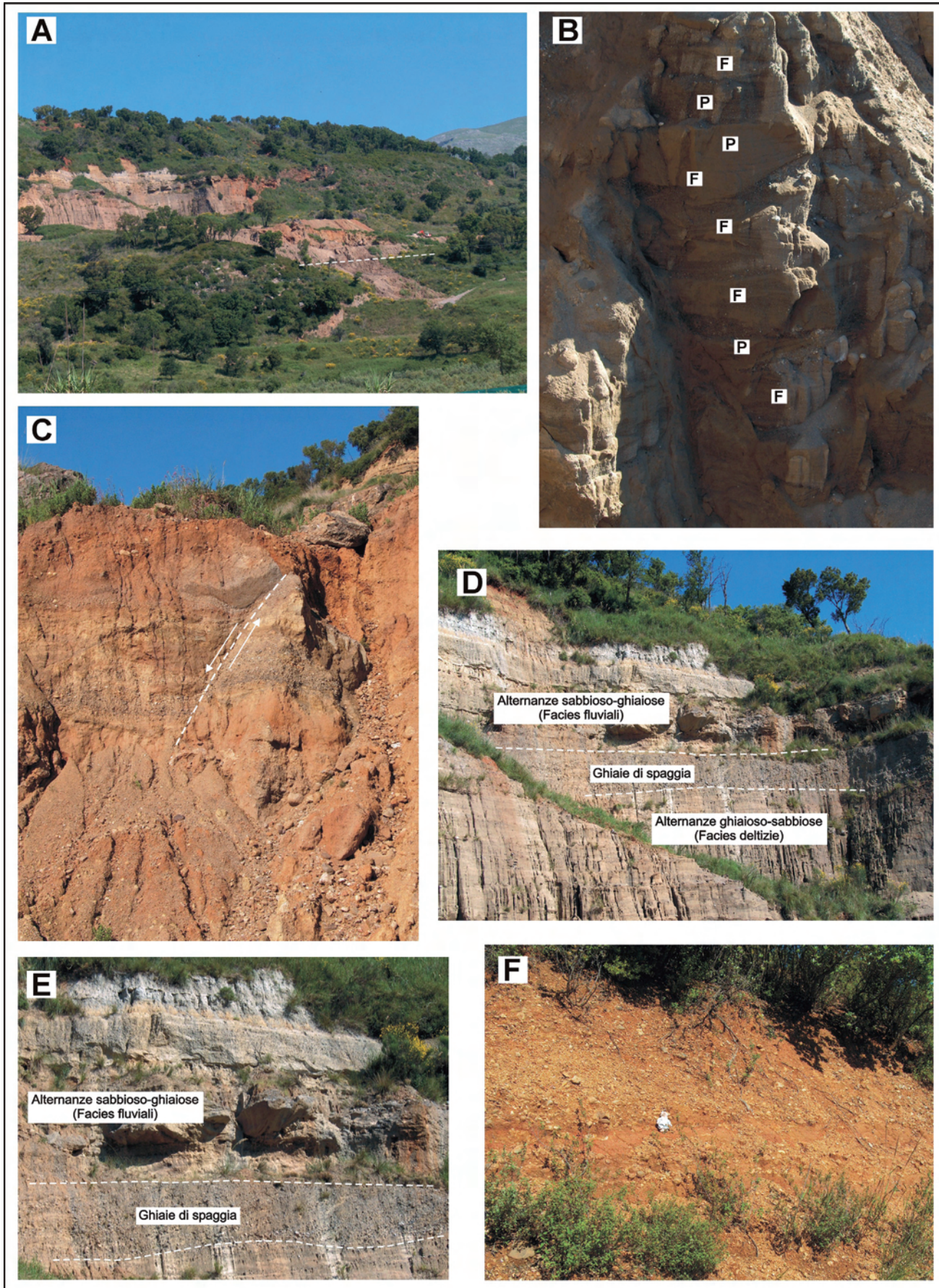
Interpretazione: nel complesso la successione esaminata presenta caratteri di facies ed architetture riferibili ad un'ambiente di barra di foce nell'ambito di uno *shelf-type delta* (*sensu* ETHRIDGE & WESCOTT, 1984); in particolare le facies sabbiose sono correlabili a sistemi di barra di foce prossimale (GHIBAUDO, 1975) mentre le facies ghiaiose sono rappresentative di eventi di piene fluviali che, sottocorrente, sono caratterizzate da una progressiva trasformazione dei flussi di piena in ambiente marino e dei rispettivi processi deposizionali (MUTTI *et alii*, 1996).

L'alternanza sabbioso-pelitica (associazione 1A) è rappresentativa di lobi sabbiosi di piattaforma (*sensu* MUTTI *et alii*, 1996) cui corrispondono, sopracorrente, le litofacies ghiaiose e sabbiose grossolane. Questa interpretazione è giustificata dal fatto che si riesce a riconosce-

Fig. 5 – Panoramica e particolari delle associazioni di facies che caratterizzano la sezione 1, A) la linea a tratti indica il contatto tra i terreni del Complesso Liguride e i depositi pleistocenici, B) sabbie a stratificazione incrociata a festoni (F) con intercalazioni di sabbie a laminazione piano-parallela (P); C) alternanza di livelli ghiaiosi e sabbiosi interessati da faglie sinsedimentarie; D) passaggio tra le facies deltizie e quelle alluvionali attraverso l'interposizione di ghiaie di battigia; E) particolare di D); F) particolare delle facies Gm rappresentate da ghiaie organizzate in strati centimetrici e decimetrici a geometria tabulare e a base, talora, erosiva.

– Overviews and details of facies associations characterising log 1; A) dashed line indicates the boundary between Liguride Complex and Pleistocene deposits; B) trough-cross stratified sandstones (F) with plane-parallel sandstones interlayered; C) alternating gravel and sandstone layers affected by sin-sedimentary faults; D) alluvial facies resting erosively of beachface gravel overlying deltaic; E) detail of D); F) Gm facies represented by cm- to dm-thick, sheet conglomerates, locally erosive-based.







re anche le singole unità prodotte dagli eventi di piena fluviale, e quindi la continuità fisica tra le litofacies ghiaiose e quelle sabbioso-pelliche; detta continuità riflette la progressiva trasformazione dei flussi di piena in ambiente marino e dei rispettivi processi deposizionali.

### 3.1.1.2. - Sistema costiero (associazione di facies 2)

L'analisi di facies ha permesso di distinguere associazioni riferibili ad un sistema costiero con evidenze di progradazione verso ovest; l'ambiente di sedimentazione è quello di battigia.

Descrizione: in successione rispetto alle facies di barra di foce si osservano ghiaie a stratificazione incrociata tabulare, inclinati fino a 16° verso OSO. Le facies che caratterizzano questa associazione sono rappresentate da strati centimetrici ghiaiosi con geometrie tangenziali che descrivono una relazione angolare tipo *downlap* (figg. 5D e 5E).

In particolare si riconoscono strati ghiaiosi a struttura massiva, localmente gradata; i clasti di dimensioni maggiori sono prevalentemente di forma discoidale. A luoghi, invece, si osservano strati ghiaiosi grossolani che, procedendo verso il basso lungo le superfici di stratificazione, presentano talora un progressivo aumento di granulometria e, localmente, degli angoli di embriciatura. Localmente si osservano livelli costituiti da ghiaie prevalentemente fini e ben selezionate, con forme discoidali.

Interpretazione: la presenza di strati ghiaiosi a geometria *downlap*, talora ben selezionati, e con evidenze di trasporto lungo un pendio rappresenta uno dei criteri per identificare la presenza di ghiaie di battigia. In generale questa associazione di facies presenta caratteri geometrici e tessiturali ampiamente descritti in letteratura (BLUCK, 1967; CLIFTON, 1973; KUMAR & SANDERS, 1976; BOURGEOIS & LEITHOLD, 1984; MASSARI & PAREA, 1988) e riferibili alla parte alta di sequenze di spiaggia progradanti (*beachface sensu* MASSARI & PAREA, 1988). In particolare la porzione di sezione esaminata è rappresentativa della porzione inferiore dell'avanspiaggia; l'aumento progressivo di granulometria e degli angoli di embriciamento che caratterizza alcuni strati ghiaiosi può essere interpretato, in accordo con MASSARI *et alii* (1987), come risultato di meccanismo di trasporto in massa lungo il pendio di una spiaggia ghiaiosa (*lower beachface sensu* MASSARI & PAREA, 1988).

### 3.1.1.3. - Sistema fluviale (associazione di facies 3 e 4)

L'analisi di facies ha permesso di distinguere associazioni riferibili ad un sistema fluviale; esso è caratterizzato, dal basso verso l'alto, da evidenti variazioni di facies che suggeriscono una modificazione delle associazioni e delle architetture deposizionali. Le facies fluviali sono state distinte sulla base delle strutture sedimentarie e delle geometrie. I codici utilizzati si basano sui codici descritti in MIAL (1996). È opportuno sottolineare che in sinistra del Fiume Lao affiorano in sparuti lembi solo i depositi appartenenti all'associazione di facies 4.

Descrizione (associazione di facies 3): in contatto erosivo con le ghiaie di *beachface* inferiore, affiora una successione sabbioso-ghiaiosa *F.U.* (*fining upward*); essa è costituita prevalentemente da facies sabbiose con intercalazioni di strati tabulari ghiaiosi, alla base, e livelli limo-argillosi. In particolare, per uno spessore di circa 20 m, si osserva un'alternanza di ghiaie, sabbie e limi argillosi (fig. 5E); verso l'alto si osserva una diminuzione dei livelli ghiaiosi sia come spessore che come granulometria.

Le facies ghiaiose sono costituite da ghiaie, moderatamente selezionate e, talora, gradate con intercalazioni di lenti sabbiose; esse sono organizzate in unità tabulari (*facies Gh*) a base erosiva, spesse fino a circa 2m ed estese lateralmente fino alla scala dell'affioramento. La facies sabbiose sono costituite da sabbie a stratificazione incrociata concava (*facies St*), a laminazione piano-parallela (*facies Sh*) e a laminazione planare (*facies Sp*). Le intercalazioni fini sono costituite da limi argillosi grigiastri, a luoghi grigio-nerastri, a laminazione piano parallela (*facies Fl*); sono altresì presenti sottili intercalazioni di livelli sabbiosi fini a laminazione piano parallela. In genere le facies descritte formano delle unità *F.U.* caratterizzate da transizione verticale della facies del tipo  $Gh \rightarrow Sp \rightarrow St \rightarrow Sh \rightarrow Fl$ .

Interpretazione: questa associazione di facies è correlabile ad ambienti deposizionali fluviali tipo *braided* (MIAL, 1977; 1996). Le facies ghiaiose possono essere indicative di trasporto di fondo ad alta concentrazione di sedimenti (TODD, 1989) oppure, nel caso dei livelli più sottili, rappresentare depositi residuali al fondo dei canali (NEMEC & POSTMA, 1993). In generale l'associazione descritta si può interpretare come rappresentativa di canali e barre fluviali; in particolare, in accordo con la classificazione proposta da TODD (1996), le facies sabbiose a laminazione planare (*Sp*) sono rappresentative

della migrazione di barre mentre le facies *St* ed *Sh* sono interpretate come il prodotto di flussi trattivi ad elevata velocità efficaci alla sommità delle barre.

Descrizione (associazione di facies 4): il passaggio con l'associazione sottostante non è visibile. Questa porzione di successione è caratterizzata prevalentemente da facies ghiaiose (fig. 5F). In particolare la parte basale è costituita da ghiaie a matrice sabbiosa, da moderatamente a scarsamente selezionate e a tessitura clasto-sostenuta. Le ghiaie sono organizzate in strati centimetrici e decimetrici tabulari a base, talora, erosiva ed estesi lateralmente fino alla scala dell'affioramento (*facies Gm*). L'embriciamento è localmente ben evidente e del tipo *a(t)b(i)*. Alla facies appena descritta si intercalano, verso l'alto, ghiaie a stratificazione incrociata concava (*facies Gt*) e a stratificazione incrociata planare (*facies Gp*). La *facies Gt* ricorre dapprima come lenti singole estese fino a 4m e profonde fino a 0,9m; le superfici di erosione basale interessano sia le facies ghiaiose che le sparse intercalazioni sabbiose a laminazione piano-parallela e incrociata. Verso l'alto le *facies Gt* sono caratterizzate da più unità canalizzate con dimensione minori rispetto a quanto precedentemente descritto. Le *facies Gp* sono caratterizzate da ghiaie moderatamente selezionate a tessitura clasto-sostenuta; esse si presentano organizzate in strati tabulari costituiti da un'alternanza di livelli a granulometria differente inclinati fino a 15°. I contatti basali sono netti ma non erosivi mentre la superficie sommitale presenta talora un'andamento convesso. A varie altezze i livelli limo-argillosi risultano pedogenizzati e, localmente, sia nelle facies ghiaiose che in quelle sabbiose sono stati rinvenuti pedorelitti.

Interpretazione: le variazioni verticali di facies, la granulometria grossolana e le strutture sedimentarie suggeriscono che detta associazione sia interpretabile come il risultato della deposizione di processi trattivi ad elevata energia. In particolare la prevalenza di ghiaie organizzate in strati tabulari è da imputare alla deposizione e migrazione di barre ghiaiose nell'ambito di un sistema fluviale ad alta energia di tipo *braided* (MIAL, 1977; RUST, 1978; COLLINSON, 1986; MIAL, 1996). Altre evidenze sono rappresentate dall'embriciamento, dalla tessitura clasto-sostenuta e, soprattutto, dalla presenza di facies canalizzate. I rapporti di intersezione tra le facies *Gm* e *Gt* possono essere rappresentativi di superfici di erosione che interessano la sommità delle barre e/o il loro fronte durante le fasi calanti degli eventi di piena. Verso l'alto, le

intercalazioni della *facies Gp* sono interpretate come il prodotto dell'accrescimento laterale e frontale di barre ghiaiose; in particolare detta facies sarebbe indicativa di barre ghiaiose a maggiore elevazione in ambienti fluviali *braided* più profondi (MIAL, 1996).

### 3.1.2. - Sezione 2 (fig. 4)

#### 3.1.2.1. - Sistema fluviale

L'analisi di facies ha permesso di definire un'associazione riferibile ad un sistema fluviale; dal basso verso l'alto si osservano variazioni di facies imputabili a modificazione degli ambienti deposizionali. La sezione esaminata (fig. 6A) poggia in discordanza su argille grigio-azzurre marine; la base è a circa 45 m s.l.m. mentre il tetto è posto a circa 80 m s.l.m.; questi depositi sono stati rinvenuti fino a circa 110 m s.l.m.

Descrizione: in contatto erosivo con le argille marine, affiora una successione ghiaiosa *F.U.*; essa è costituita prevalentemente da facies ghiaiose costituite, per uno spessore di circa 12m, da ghiaie, moderatamente selezionate e, talora, gradate a tessitura clasto-sostenuta; esse sono organizzate in unità tabulari (*facies Gm*) a base erosiva, spesse fino a circa 1,2m ed estese lateralmente fino alla scala dell'affioramento. L'embriciamento è ben evidente e del tipo *a(t)b(i)*. Alla facies appena descritta si intercalano, verso l'alto, ghiaie a stratificazione incrociata concava (*facies Gt*) e a stratificazione incrociata planare (*facies Gp*). La *facies Gt* è rappresentata da lenti singole estese fino a 7m e profonde fino a 1,5 m con evidenti superfici di erosione basale. Verso l'alto la *facies Gt* è caratterizzata da più unità canalizzate sovrapposte ampie fino a 2m e profonde fino a 0,7m. Le *facies Gp* sono caratterizzate da ghiaie da moderatamente a ben selezionate, a tessitura clastosostenuta; esse si presentano organizzate in strati tabulari costituiti da un'alternanza di livelli inclinati fino a 13°. I contatti basali, benché siano netti, non sono erosivi.

Interpretazione: come già detto per l'associazione di facies 4 della sezione 1, la prevalenza di ghiaie organizzate in strati tabulari è da imputare alla deposizione e migrazione di barre ghiaiose nell'ambito di un sistema fluviale ad alta energia di tipo *braided* (MIAL, 1977; RUST, 1978; COLLINSON, 1986; MIAL, 1996). Le relazioni latero-verticali tra le facies *Gm* e *Gt* sono interpretate come rappresentative di superfici di erosione che interessano la sommità delle barre e/o il loro fronte durante le fasi calanti degli eventi di piena. La *facies Gp* è interpretata come



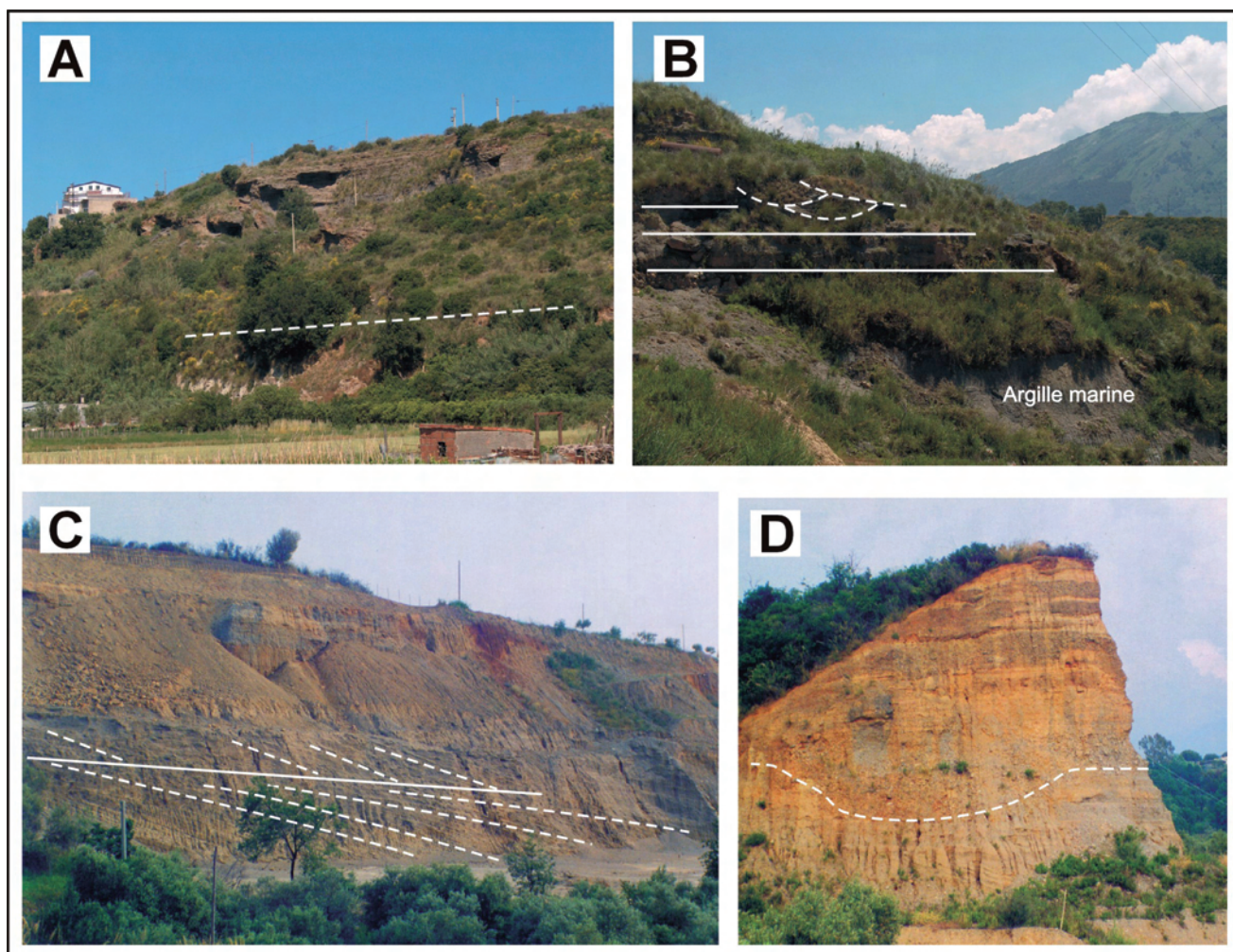


Fig. 6 – Le foto si riferiscono ad alcune delle associazioni di facies che caratterizzano le sezioni di fig. 4, A) la linea a tratti indica il passaggio tra le argille marine grigio-azzurre e le soprastanti facies alluvionali; B) in contatto erosivo su Argille grigio-azzurre marine poggiano i depositi ghiaiosi alluvionali caratterizzati da facies Gm (linea continua) e facies Gt (linea a tratti); C) particolare dei corpi deltizi sabbiosi di tipo Gilbert; la linea continua marca una superficie di discordanza tra due unità in foreset (linee a tratti); D) contatto erosivo (linea a tratti) tra le facies deltizie e fluviali in corrispondenza della sezione 6.

– Views refer to some of the facies associations characterising logs of fig. 4, A) dashed line indicates alluvial deposits resting erosively on marine clays; B) alluvial facies, overlying marine clays, are characterised by Gm facies (dashed line) and Gt facies (solid line); C) detail of sandy Gilbert-type deltaic bodies; solid line indicates an unconformity between two foreset units (dashed line); D) erosion surface (dashed line) between deltaic and alluvial deposit (log. 6).

il prodotto dell'accrescimento laterale e frontale di barre ghiaiose; in particolare detta facies sarebbe indicativa di barre ghiaiose a maggiore elevazione in ambienti fluviali *braided* più profondi (MIAL, 1996). Nella parte alta si riconoscono sottili livelli limo-argillosi pedogenizzati e, localmente, sono presenti pedorelitti nelle facies ghiaiose.

### 3.1.3. - Sezione 3 (fig. 4)

#### 3.1.3.1. - Sistema fluviale

L'analisi di facies ha permesso di definire un'associazione riferibile ad un sistema flu-

viale; in particolare, dal basso verso l'alto, si osserva il passaggio tra sistemi fluviali di tipo *braided* ma con caratteristiche differenti. La sezione esaminata poggia in discordanza su argille grigio-azzurre marine (fig. 6A); la base è a circa 50 m s.l.m.. Essa corrisponde alla sezione di fig.1 in CAROBENE & DAI PRÀ (1990).

Descrizione: la successione clastica esaminata in sezione 3 poggia con contatto erosivo sulle argille grigio azzurre marine. In particolare la parte basale è costituita da ghiaie a matrice sabbiosa, da moderatamente a scarsamente selezionate e a tessitura clasto-sostenuta. Le ghiaie sono organizzate in strati centimetrici tabulari a base erosiva ed estesi lateralmente



fino alla scala dell'affioramento (*facies Gm*). La *facies* appena descritta passa, verso l'alto e lateralmente, a ghiaie a stratificazione incrociata concava (fig. 6B; *facies Gt*) e a stratificazione incrociata planare (*facies Gp*). La *facies Gt* è caratterizzata da più unità canalizzate con ampiezza fino a 1,5 m e profondità fino a 0,6 m. Le *facies Gp* sono caratterizzate da ghiaie moderatamente selezionate a tessitura clasto-sostenuta, organizzate in strati tabulari costituiti da un'alternanza di livelli a granulometria differente inclinati fino a 15°.

I contatti basali sono netti ma non erosivi. Rapidamente si passa ad una successione sabbioso-ghiaiosa *F.U.*; essa è costituita prevalentemente da un'alternanza di *facies* sabbiose, strati tabulari ghiaiosi e livelli limo-argillosi, per uno spessore di circa 10 m. Le *facies* ghiaiose sono costituite da ghiaie, moderatamente selezionate organizzate in unità tabulari (*facies Gh*) a base erosiva, spesse fino a circa 1 m ed estese lateralmente fino alla scala dell'affioramento. Le *facies* sabbiose sono costituite da sabbie a stratificazione incrociata concava (*facies St*), a laminazione piano-parallela (*facies Sh*) e a laminazione planare (*facies Sp*). Le intercalazioni fini sono costituite da limi argillosi grigio giallastri, a laminazione piano parallela (*facies Fl*).

Interpretazione: anche in questo caso le *facies* ghiaiose sono rappresentative della deposizione e migrazione di barre ghiaiose nell'ambito di un sistema fluviale ad alta energia di tipo *braided* (MIAL, 1977; RUST, 1978; COLLINSON, 1986; MIAL, 1996). Analogamente le *facies* sabbioso-ghiaiose sono correlabili a sistemi fluviali sabbiosi tipo *braided* (MIAL, 1977; 1996).

Le *facies* ghiaiose rappresentano il prodotto del trasporto ad opera di flussi ad alta concentrazione di sedimenti (TODD, 1989). Le *facies* sabbiose si possono interpretare come rappresentative di canali e barre fluviali, in particolare le *facies* sabbiose a laminazione planare (*Sp*) sono rappresentative della migrazione di barre mentre le *facies St* ed *Sh* sono interpretate come il prodotto di flussi trattivi ad elevata velocità efficaci alla sommità delle barre (TODD, 1996).

#### 3.1.4. - Sezione 5 (fig. 4)

##### 3.1.4.1. - Sistema deltizio

In sinistra del Fiume Lao, scarpate naturali e fronti di scavo, hanno esposto un corpo clastico, di cui non è visibile il contatto basale; esso

presenta una geometria sigmoidale che, per caratteri di *facies* e geometrie interne degli elementi deposizionali, consente la correlazione ad un *wave-influenced Gilbert-type gravel* (*sensu* COLELLA, 1988). Corpi deltizi di questo tipo sono stati ampiamente descritti nella valle del F. Crati (COLELLA *et alii*, 1987; COLELLA, 1988) e nella porzione lucana della Fossa Bradanica (MASSARI & PAREA, 1990; MASSARI 1997) e sono caratterizzati da un'alimentazione areale (linea di costa) piuttosto che puntuale (sistema dei canali distributori della piana deltizia). In contatto erosivo sul sistema deltizio poggiano, per uno spessore di circa 4 m, ghiaie a matrice sabbiosa, da moderatamente a scarsamente selezionate e a tessitura clasto-sostenuta; detto intervallo sutura strutture tettoniche visibili nei depositi deltizi. Le ghiaie sono organizzate in strati da centimetrici a decimetrici tabulari e, localmente, a base erosiva ed estesi lateralmente fino alla scala dell'affioramento (*facies Gm*); esse sono interpretate come il prodotto della migrazione di barre ghiaiose nell'ambito di un sistema fluviale di tipo *braided* (MIAL, 1996).

Descrizione (*topset beds*) - Questa associazione di *facies* è caratterizzata da una stratificazione da suborizzontale a poco inclinata verso SO e dal passaggio graduale e transizionale, localmente erosivo, a quella sottostante (geometria sigmoidale e obliqua *sensu* COLELLA, 1988). La parte alta è costituita da ghiaie prevalentemente fini e ben selezionate caratterizzate da una stratificazione sottile e regolare; i clasti costituenti a luoghi sono di forma discoidale e presentano un embriciamento netto con angolo di immersione diretto verso OSO. Localmente si rinvennero resti di macrofossili.

Interpretazione (*topset beds*) - I caratteri descritti unitamente alla presenza di frammenti di macrofossili rappresentano elementi a favore dell'ipotesi che ghiaie fluviali, in prossimità della foce, siano state rimaneggiate dal moto ondoso che rappresenta, quindi, il principale processo deposizionale (*wave-worked topset beds*, *sensu* MASSARI & PAREA, 1990).

Descrizione (*foreset beds*) - Gli strati dell'unità in *foreset* presentano principalmente una geometria sigmoidale con un'inclinazione massima di 23° ed immersione verso i quadranti sud-occidentali. Essi sono costituiti prevalentemente da livelli sabbiosi con intercalazioni metriche di intervalli ghiaiosi. I *foreset* sabbiosi sono costituiti da sabbie medio-grossolane, localmente da granuli, organizzate in lamine fino a 3 cm di spessore; la porzione superiore

dei *foreset* è costituita da livelli sabbiosi spesso organizzati in piccole sequenze che, dal basso verso l'alto, sono costituite prevalentemente da sabbie massive e/o grossolanamente gradate e da sabbie a laminazione piano-parallela e incrociata; in direzione sottocorrente si nota una diminuzione di spessore degli intervalli sabbiosi caratterizzati prevalentemente da una laminazione piano-parallela con rare intercalazioni di sabbie a laminazione incrociata. Spesso l'intera sequenza è caratterizzata da superfici di erosione, estese fino a 10 m, che conferiscono una generale stratificazione incrociata a grande scala; localmente questi corpi canalizzati sono costituiti da ghiaie sabbiose. Gli strati, a tessitura ghiaiosa, sono caratterizzati da livelli da moderatamente a ben selezionati e, talora, ricchi di forme discoidali; essi si presentano variamente gradati, raramente massivi; inoltre è possibile osservare variazioni laterali tra un tipo e l'altro.

Interpretazione (*foreset beds*) - Gli strati costituiti da ghiaie ben selezionate sono rappresentativi, in accordo con MASSARI & PAREA (1990), di una selezione granulometrica indotta dal moto ondoso in prossimità del fronte deltizio prima della rideposizione sul pendio in occasione di eventi ad elevata energia; le differenze osservate dei livelli ghiaiosi sono interpretate come il prodotto di differenti regimi dei flussi deposizionali (*mass-flows* subacquei *sensu* NEMEC & STEEL, 1984). Analogamente le facies sabbiose sono controllate da correnti ad alta densità ed in particolare dalla loro progressiva trasformazione lungo il pendio (MASSARI & PAREA, 1990). La stratificazione incrociata a grande scala riflette probabilmente eventi progradazionali multipli.

### 3.1.5. - Sezione 6 (fig. 4)

#### 3.1.5.1. - Sistema deltizio-fluviale

In sinistra del Fiume Lao, l'apertura di nuove cave, ha esposto un corpo clastico sabbioso poggiante su argille grigio-azzurre e caratterizzato da evidenti faglie sinsedimentarie; anch'esso presenta una geometria sigmoidale (fig. 6C) che, per caratteri di facies e geometrie interne degli elementi deposizionali, consente la correlazione ad un *wave-influenced Gilbert-type gravel* (*sensu* COLELLA, 1988). In contatto erosivo sul sistema deltizio poggia, per uno spessore di circa 8m, una successione ghiaioso-sabbiosa di ambiente fluviale caratterizzata

da una rapida variazione verticale di facies che suggerisce un passaggio rapido da un sistema fluviale *braided* ad elevata energia ad un sistema fluviale a canali più stabili (MIAL, 1996).

Descrizione (*topset beds*) - L'intervallo considerato è costituito, per uno spessore variabile fino a 3m, da sabbie medie e grossolane, localmente fossilifere, a laminazione piano parallela ed incrociata alla scala dei *ripples*. Raramente si osservano sottili livelli di ghiaie fini allineati secondo le lamine sabbiose.

Interpretazione (*topset beds*) - I caratteri descritti e la presenza di macrofossili suggeriscono un ambiente di spiaggia che, pertanto, è interpretabile, in accordo con MASSARI & PAREA (1990) come *wave-worked topset beds*.

Descrizione (*foreset beds*) - Gli strati dell'unità in *foreset* presentano principalmente una geometria sigmoidale con un'inclinazione massima di 19° ed immersione verso i quadranti sud-occidentali. Essi sono costituiti da livelli sabbiosi organizzati in *foreset* costituiti da sabbie da fini a medio-grossolane. A grande scala si osserva una sovrapposizione di almeno due corpi sabbiosi (fig. 6C); i *foreset* costituenti mostrano una graduale diminuzione di spessore in direzione sottocorrente. Analogamente alla sezione 5, si osserva sia una stratificazione incrociata a grande scala che, a livello di sequenze di facies, una loro variazione in direzione sottocorrente. Localmente si intercalano livelli limoso-argillosi sia continui che in lenti; in quest'ultimo caso sono evidenti superfici di erosione alla base dei soprastanti livelli sabbiosi che presentano anche frammenti dei livelli erosi.

Interpretazione (*foreset beds*) - Questo intervallo presenta caratteri simili ai livelli sabbiosi che costituiscono l'unità in *foreset* della sezione 5. Pertanto le variazioni di facies sono controllate dalla loro progressiva trasformazione lungo il pendio di correnti ad alta densità (MASSARI & PAREA, 1990).

Descrizione (sistema fluviale) - La successione clastica esaminata in sezione 6 (fig. 6D) è costituita, alla base, da ghiaie a matrice sabbiosa, scarsamente selezionate e a tessitura clasto-sostenuta. Le ghiaie sono grossolanamente stratificate (*facies Gm*). La facies appena descritta passa, verso l'alto, ad un'alternanza di ghiaie e sabbie, costituita prevalentemente da un'alternanza di facies sabbiose, strati tabulari ghiaiosi e livelli limo-argillosi, per uno spessore di circa 6m. Le facies ghiaiose sono costituite da ghiaie, moderatamente selezionate, organizzate in unità tabulari (*facies Gh*) a base erosiva,



spesse fino a circa 0,7m ed estese lateralmente fino alla scala dell'affioramento. La facies sabbiose sono costituite da sabbie a laminazione piano-parallela (*facies Sh*) e a laminazione planare (*facies Sp*). Le intercalazioni fini sono costituite da limi argillosi grigio giallastri, a laminazione piano parallela (*facies Fl*).

Interpretazione (sistema fluviale) – Le facies ghiaiose basali sono interpretate come il prodotto della migrazione di barre ghiaiose nell'ambito di un sistema fluviale ad alta energia di tipo *braided* (MIALL, 1977; RUST, 1978; COLLINSON, 1986; MIALL, 1996). Le facies sabbioso-ghiaiose sono correlabili a sistemi fluviali sabbiosi tipo *braided* (MIALL, 1977; 1996) e rappresentano il prodotto di flussi canalizzati ad alta concentrazione di sedimenti (*facies Gh*; TODD, 1989), mentre le facies sabbiose sono interpretate come il prodotto di flussi trattivi ad elevata velocità efficaci alla sommità delle barre a basso rilievo.

### 3.2. - TERRAZZO DI 2° ORDINE

#### 3.2.1. - Sezione 4 (fig. 4)

##### 3.2.1.1. - Sistema costiero

L'analisi di facies ha permesso di distinguere associazioni riferibili ad un sistema costiero con evidenze di progradazione verso SE; gli ambienti di sedimentazione riconosciuti vanno dalla spiaggia sommersa superiore all'avanspiaggia.

Descrizione – In contatto erosivo sia su biocalcareni che su argille inclinate verso ovest, poggia una successione clastica spessa circa 8m (fig. 7A). Alla base affiora un livello di ghiaie di diametro variabile fino a valori superiori a 20cm e caratterizzate a luoghi da fori di lito-domi; in successione si rinvengono, per uno spessore di circa 1m, sabbie a laminazione piano-parallela con sottili intercalazioni di sabbie a laminazione incrociata tabulare. Verso l'alto si passa ad una successione ghiaiosa, spessa circa 7m, che presenta una geometria sigmoidale a grande scala. Nella porzione inferiore, caratterizzata da strati inclinati fino a 13° (fig. 7A), si riconoscono livelli centimetrici ghiaiosi a geometria tangenziale con relazione di tipo *downlap* sulle sottostanti sabbie. I livelli ghiaie presentano una struttura massiva, localmente gradata. In alternanza agli strati ghiaiosi grossolani si osservano strati di ghiaie fini ben arrotondate e classate. Essi presentano talora delle geometrie cuneiformi a causa delle superfici

di erosione, più o meno marcate, che segnano il passaggio alle facies ghiaiose grossolane. Il passaggio con la soprastante associazione è graduale e caratterizzato da una tendenza degli

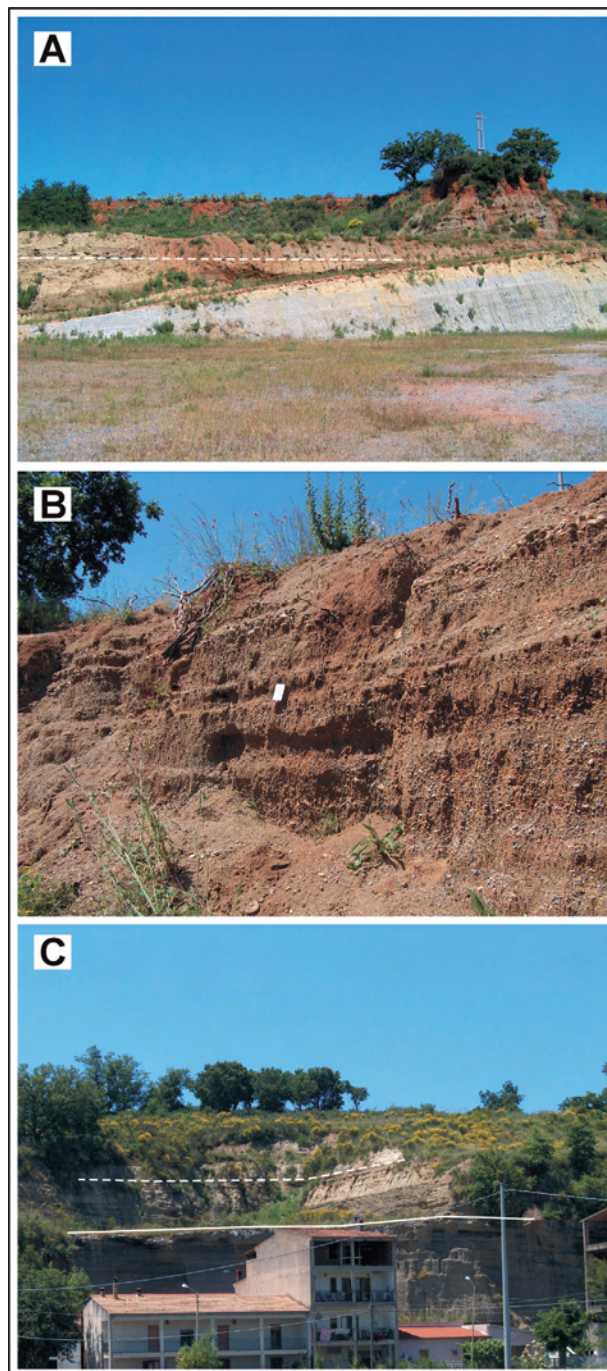


Fig. 7 – Terrazzo di 2° ordine; A) contatto erosivo discordante tra le argille e calcareniti marine ed i depositi di spiaggia progradante che caratterizzano la sezione 4; B) particolare delle ghiaie fini e ben selezionate che caratterizzano la parte alta della sequenza di spiaggia; C) panoramica della sezione 7; la linea continua segna il contatto erosivo tra le facies di spiaggia e quelle fluviali mentre quella a tratti segna il passaggio dai depositi fluviali alle argille marine.

– 2nd order terrace; A) log 4; progradational gravel beach deposits resting erosively on marine clays and biocalcarenes; B) detail of well-sorted, fine gravel characterising the upper portion of the beach sequence; C) overviews of log 7; marine clays overlying fluvial deposits (dashed line) resting erosively on beach conglomerates (solid line).



strati ghiaiosi alla chiusura a cuneo. In successione affiorano ghiaie prevalentemente fini e ben selezionate organizzate in strati sottili e regolari, con inclinazione dell'ordine di pochi gradi (fig. 7B). Gli intervalli caratterizzati da clasti discoidali presentano un embriciamento netto con angolo di immersione diretto verso OSO. Altresì sono stati rinvenuti sparuti frammenti di malacofauna.

Interpretazione – Le ghiaie con fori di litodomi, presenti alla base della successione, rappresentano la base della trasgressione che ha originato la superficie di erosione impostata su depositi calcarenitici ed argillosi tiltati verso ovest. Il successivo intervallo di sabbie rappresenta il prodotto della migrazione di forme di fondo (barre sommerse) migranti verso la costa che risalgono il pendio della spiaggia rappresentato dalla successione ghiaiosa soprastante. Quest'ultima è costituita, alla base, da depositi rappresentativi della porzione inferiore dell'avanspiaggia (*lower beachface sensu* MASSARI & PAREA, 1988); questa interpretazione scaturisce soprattutto dai rapporti con la porzione superiore della successione ghiaiosa, dove la presenza di strati ghiaiosi ben selezionati estesi lateralmente e costituiti da ciottoli discoidali ben embriciati rappresenta il miglior criterio per identificare la presenza di ghiaie di battigia. In generale questa associazione di facies presenta caratteri geometrici e tessiturali ampiamente descritti in letteratura (BLUCK, 1967; CLIFTON, 1973; KUMAR & SANDERS, 1976; BOURGEOIS & LEITHOLD, 1984; MASSARI & PAREA, 1988) e riferibili alla parte alta di sequenze di spiaggia progradanti (*upper beachface sensu* MASSARI & PAREA, 1988). Il passaggio tra i depositi di *upper beachface* e *lower beachface* è graduale ma localmente è caratterizzato da superfici di erosione che rappresentano il ristabilirsi del pendio di una spiaggia dopo eventi di tempesta.

### 3.2.2. – Sezione 7 (fig. 4)

In sinistra del Fiume Lao, in prossimità del ponte sull'omonimo fiume, affiora una successione, di cui non è visibile il contatto basale. La porzione basale presenta caratteri di facies ascrivibili ad un sistema costiero con evidenze di progradazione verso ovest; in contatto erosivo poggia una successione ghiaioso-sabbiosa di ambiente fluviale, caratterizzata da una rapida variazione verticale di facies, sulla quale affiorano argille grigio-azzurre marine (fig. 7C).

#### 3.2.2.1. - Sistema costiero

Descrizione – In affioramento si nota una successione ghiaiosa, spesso circa 6m, caratterizzata da una evidente geometria sigmoidale a grande scala. Nella porzione inferiore, caratterizzata da strati inclinati fino a 15°, si riconoscono livelli centimetrici e decimetrici di ghiaie sabbiose a struttura massiva, localmente gradata. In alternanza agli strati ghiaiosi grossolani si osservano strati di ghiaie fini ben classate. Questo intervallo passa in direzione sopracorrente, e con continuità, a ghiaie prevalentemente fini, ben classate con intercalazioni di sabbie ghiaiose organizzate in strati sottili e regolari, con inclinazione dell'ordine di pochi gradi. Laddove sono stati osservati clasti di forma discoidale, l'embriciamento presenta angoli di immersione verso ovest.

Interpretazione – La successione ghiaiosa è costituita, alla base, da depositi rappresentativi di una spiaggia ghiaiosa progradante (MASSARI & PAREA, 1988); in particolare la presenza di strati ghiaiosi ben selezionati ed estesi lateralmente costituiscono un evidente indizio della presenza di ghiaie di battigia. In generale questa associazione di facies presenta caratteri geometrici e tessiturali tipici della porzione superiore di sequenze di spiaggia progradanti (*beachface sensu* MASSARI & PAREA, 1988).

#### 3.2.2.2. - Sistema fluviale

Descrizione – L'intervallo di sezione esaminato poggia con contatto erosivo sulle ghiaie di *beachface*. In particolare la parte basale è costituita da ghiaie a matrice sabbiosa, da moderatamente a scarsamente selezionate e a tessitura clasto-sostenuta. Le ghiaie sono organizzate in strati centimetrici tabulari, a base talora erosiva, ed estesi lateralmente fino alla scala dell'affioramento (*facies Gm*). A queste si intercalano ghiaie a stratificazione incrociata concava (*facies Gt*) caratterizzate da più unità canalizzate con ampiezza fino a 1m e profondità fino a 0,3m. Con contatto netto, ma non erosivo, si passa ad una successione sabbioso-ghiaiosa C.U. (*coarsening upward*); essa è costituita, alla base, da un'alternanza facies sabbiose e limo-argillose che passa ad un'alternanza sabbioso-ghiaiosa, per uno spessore di circa 4m. Le facies sabbiose sono costituite prevalentemente da sabbie a laminazione piano-parallela (*facies Sh*) con intercalazioni di sabbie a stratificazione incrociata concava (*facies St*) e a laminazione planare (*facies Sp*). Le intercalazioni fini sono

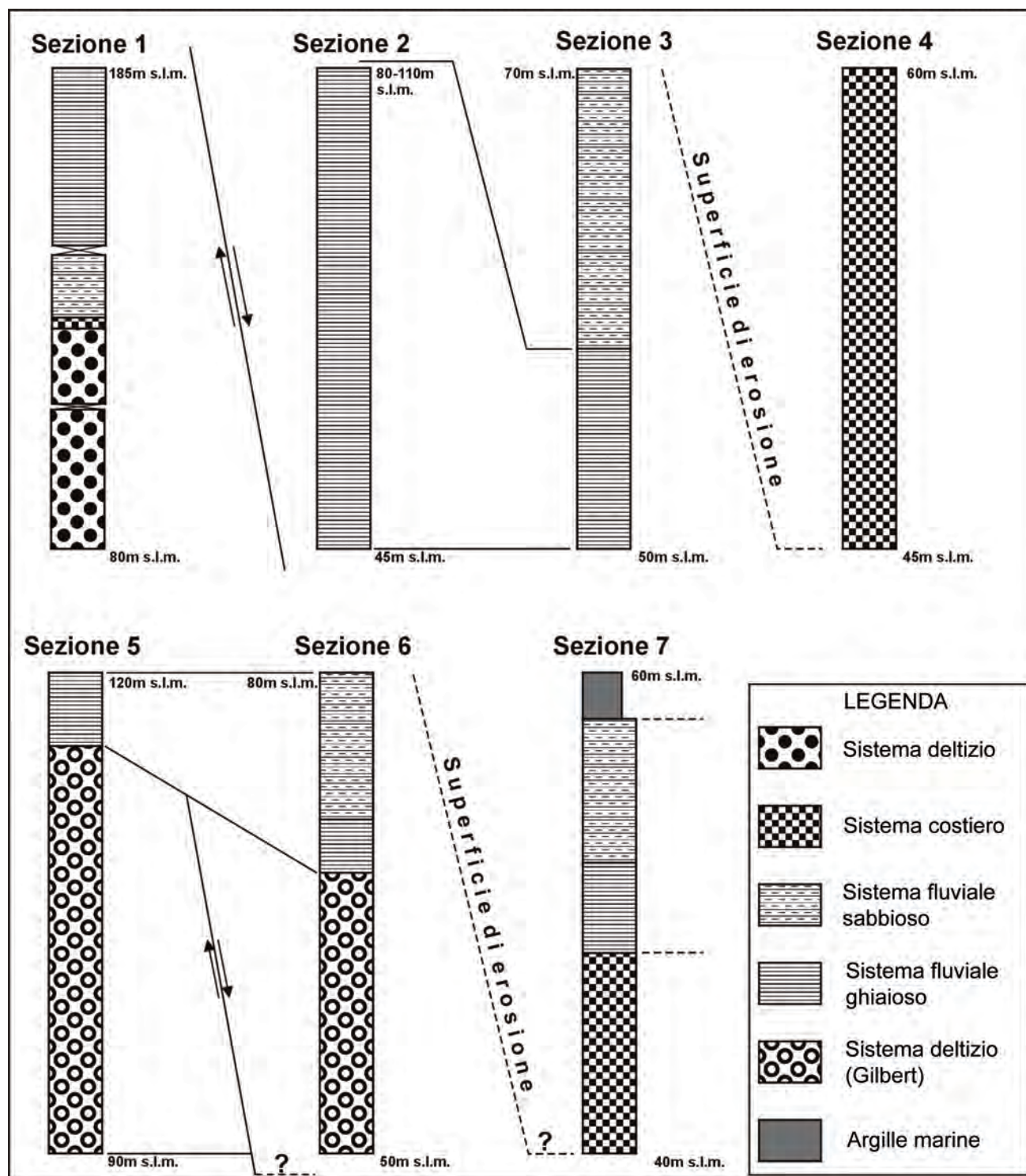


Fig. 8 - Sezioni schematiche dell'area di studio.  
- Simplified logs of the study area.

costituire da limi argillosi grigio giallastri (*facies Fl*). Le facies ghiaiose sono costituite da ghiaie, moderatamente selezionate organizzate in unità tabulari (*facies Gh*) a base erosiva, spesse fino a circa 0,5 m ed estese lateralmente fino

alla scala dell'affioramento.

**Interpretazione** – I caratteri di facies delle ghiaie basali suggeriscono un ambiente *braided* ad elevata energia caratterizzata dalla migrazione di barre ghiaiose (COLLINSON, 1986; MIAL, 1996).

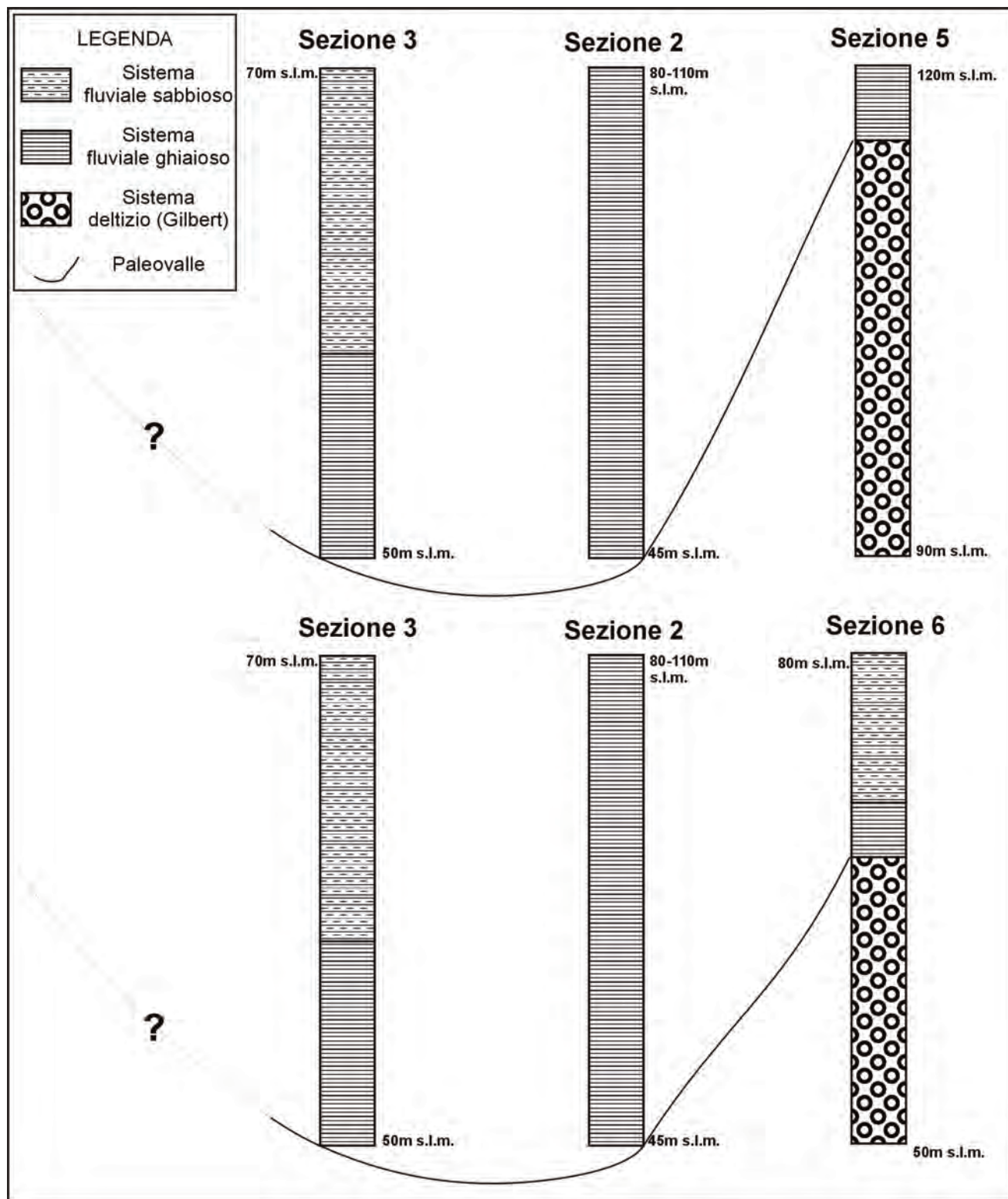


Fig. 9 – Sezioni schematiche utili a delineare la presenza di una paleovalle nell’area di studio.  
– Useful logs to detect the occurrence of a paleovalley in the study area.

Le facies sabbiose suggeriscono un trasporto ad opera di flussi di regime superiore (*facies Sh*) nell’ambito di un sistema fluviale in cui le forme migranti (*facies Sp* e *St*) erano caratterizzate da

scarso rilievo che, invece, aumenta verso l’alto con l’individuazione di canali più stabili sede di trasporto e sedimentazione ad opera di flussi ad alta concentrazione di sedimenti (*facies Gh*).



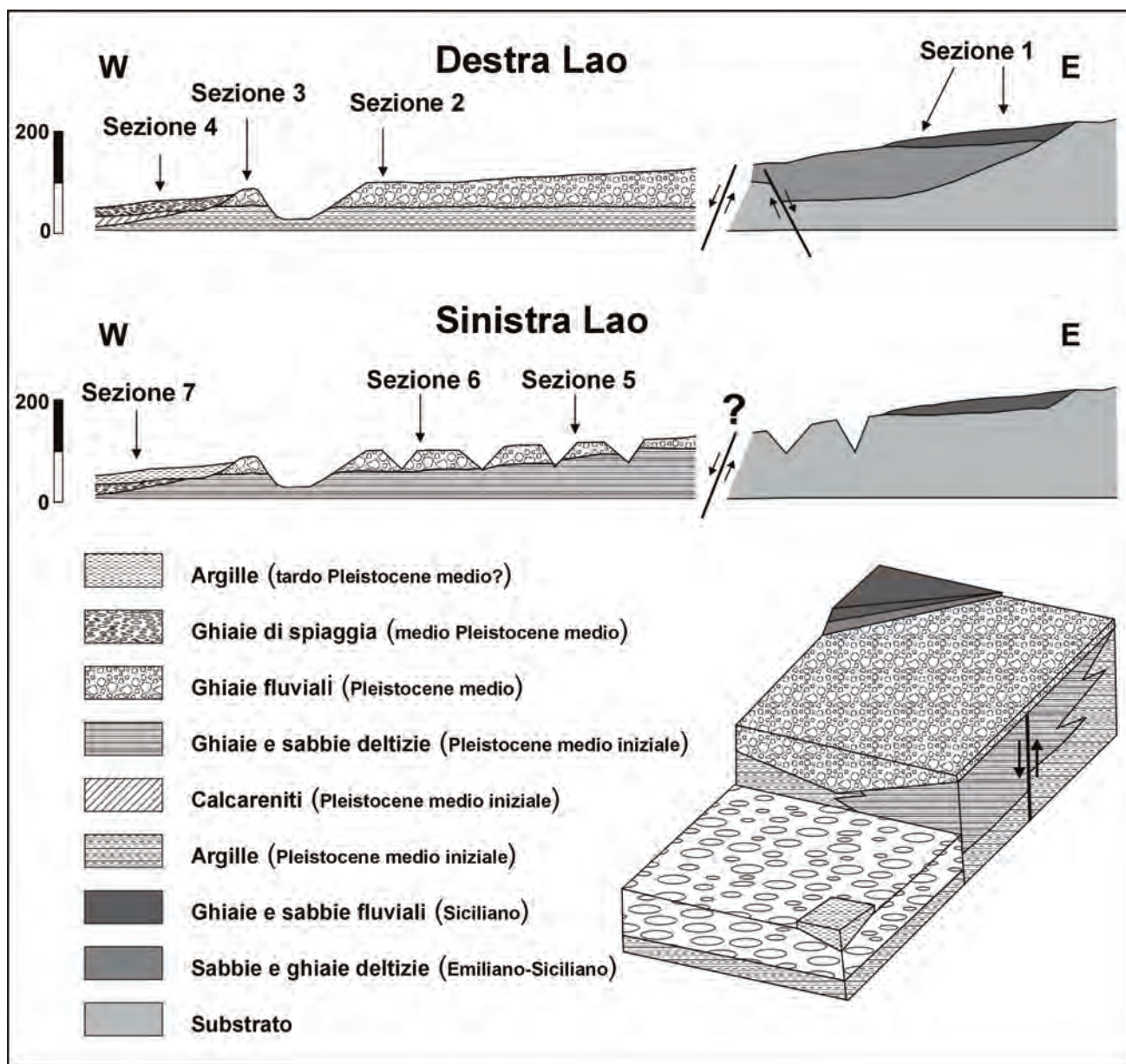


Fig. 10 - Schema stratigrafico dell'area di studio.  
- Stratigraphic scheme of the study area.

#### 4. - DISCUSSIONE

Il quadro stratigrafico proposto da CAROBENE & DAI PRÀ (1990) prevede, in destra orografica del Fiume Lao, una successione costituita alla base da argille (Emiliano) che passano a biocalcareniti e sabbie (Siciliano) su cui poggiano ghiaie alluvionali; la sedimentazione di questa successione sarebbe avvenuta in un intervallo di tempo dapprima caratterizzato da una fase di subsidenza seguita, poi, da una fase di sollevamento il cui risultato è rappresentato dal modellamento del terrazzo di 1° ordine.

I dati stratigrafici emersi nel corso del ri-

levamento, soprattutto quelli che riguardano la sinistra del Fiume Lao, suggeriscono una nuova scansione degli eventi morfoevolutivi che hanno caratterizzato l'area nel corso del Pleistocene inferiore-medio; essa emerge dai rapporti di intersezione e sovrapposizione tra i depositi fluviali (sezioni 2 e 3, parte alta delle sezioni 5 e 6) ed i depositi deltizi e di spiaggia (fig. 8). In particolare il rilevamento effettuato in destra del Fiume Lao consentirebbe una correlazione tra le sezioni 1 e 2, nel senso che i depositi argillosi costituenti la base della sezione 2 potrebbero rappresentare la controparte distale dei depositi deltizi della sezione 1. Allo

stesso modo si potrebbero correlare le porzioni sommitali delle due sezioni rappresentate da depositi fluviali.

Tuttavia l'altezza sul livello del mare della base dei depositi fluviali <sup>(1)</sup> e, soprattutto, l'architettura di questi ultimi suggeriscono una differente interpretazione. I depositi fluviali della sezione 1 sono infatti indicativi di una variazione verticale da sistemi fluviali sabbiosi a sistemi ghiaiosi, situazione che si inverte sia nella sezione 2 che nelle porzioni sommitali delle sezioni 3 e 6. Va inoltre sottolineata la presenza di faglie, anche sinsedimentarie, che caratterizzano i depositi affioranti nella sezione 1 ma non interessano i depositi alluvionali delle sezioni 2,3,5 e 6. Alla luce di queste considerazioni riteniamo che esistano dei rapporti di intersezione tra le successioni descritte, probabilmente da imputare alla tettonica.

I depositi fluviali relativi alle sezioni 2 e 3, correlabili a quelli delle sezioni 5 e 6 in sinistra del Fiume Lao, sono indicativi di un sistema fluviale. In virtù dell'altezza sul livello del mare della base dei depositi, viene ipotizzata la presenza nella porzione sudorientale di una paleovalle (fig. 9); essa si sarebbe modellata a spese dei depositi deltizi e dei depositi argillosi, affioranti rispettivamente in sinistra e in destra del Fiume Lao, che riteniamo essere in eteropia laterale. Questa ipotesi può essere supportata dai dati paleoambientali (di profondità) di COMPAGNONI *et alii*. (1969) che si riferiscono alle argille affioranti presso Fornace Mancini. Per quanto concerne i depositi deltizi del tipo *Gilbert*, essi vengono generalmente indicati come rappresentativi di ambienti di sedimentazione controllati dalla tettonica (COLELLA *et alii*, 1987; COLELLA, 1988; MASSARI & PAREA, 1990); nell'area in esame i rapporti di giustapposizione tra i corpi deltizi delle sezioni 4 e 5, la quota (fig. 4) delle facies di *topset* (rappresentative di ambienti di spiaggia) unitamente alla presenza di faglie sinsedimentarie ed alla sovrapposizione di corpi deltizi del tipo *Gilbert* rappresentano tutti elementi a favore dell'ipotesi di vari eventi di progradazione in una porzione del bacino fortemente subsidente. I rapporti di intersezione tra i depositi delle sezioni 4 e 7 rispettivamente con le sezioni 3 e 6 (fig. 8) sono ben evidenti ed ascrivibili ad una fase di erosione (abrasione marina) avvenuta a spese dei depositi calcarenitici-argillosi e dei

depositi deltizi affioranti, rispettivamente, in destra ed in sinistra orografica del Fiume Lao. In particolare i depositi affioranti in sezione 7 evidenziano una superficie di erosione tra le ghiaie di spiaggia ed i sovrastanti depositi fluviali, a loro volta ricoperti da pochi metri di argille marine.

Alla luce dei dati esposti e di quanto appena discusso emerge un quadro stratigrafico piuttosto complesso che vede la sovrapposizione e la giustapposizione di diversi sistemi deposizionali, per i quali viene proposto un nuovo schema stratigrafico (fig. 10) ed evolutivo (fig. 11). Innanzitutto, in accordo con CAROBENE & DAI PRÀ (1990), riteniamo che i depositi della sezione 1 siano da attribuire all'intervallo Emiliano-Siciliano, periodo in cui ad una subsidenza generalizzata è seguita una fase di sollevamento. Pertanto riteniamo che i depositi deltizi della sezione 1, evidenziando la sovrapposizione di due successioni *C.U.*, sono indicativi di una migrazione dei canali distributori della piana deltizia in una fase di generale subsidenza che ha interessato l'area durante il Pleistocene inferiore (fig. 11A); i depositi fluviali soprastanti, invece, sono indicativi della successiva fase di sollevamento ed emersione dell'area di sedimentazione deltizia (fig. 11B). Il ruolo della tettonica è ben evidenziato dalla presenza di faglie sinsedimentarie ribassanti, in genere, verso il Mar Tirreno. Una forte ripresa dell'attività tettonica, al passaggio Pleistocene inferiore - Pleistocene medio, avrebbe determinato una fase di ingressione marina creando le condizioni - forte subsidenza del depocentro del bacino di sedimentazione - per la giustapposizione e sovrapposizioni di corpi deltizi tipo *Gilbert* (fig. 11C). Durante la parte iniziale del Pleistocene medio, la riduzione dell'attività tettonica, in concomitanza al primo e maggiore periodo di raffreddamento climatico (CAROBENE & DAI PRÀ, 1990), avrebbe determinato il modellamento di una paleovalle e lo sviluppo di un sistema alluvionale (fig. 11D). La fase di aggradazione connessa avrebbe infine prodotto il graduale mascheramento della scarpata - di faglia? - creatasi all'inizio di questa fase di morfogenesi (figg. 11E e 11F). Le variazioni verticali di facies dei depositi alluvionali sono indicative di una variazione degli ambienti di sedimentazione da configurazioni caratterizzate da una maggiore migrazione laterale dei canali a configurazioni contraddistinte

(1) La quota differente potrebbe essere indicativa di una dislocazione tettonica della successione; in tal senso il terrazzo di 1° ordine sarebbe da considerare un terrazzo duplicato.



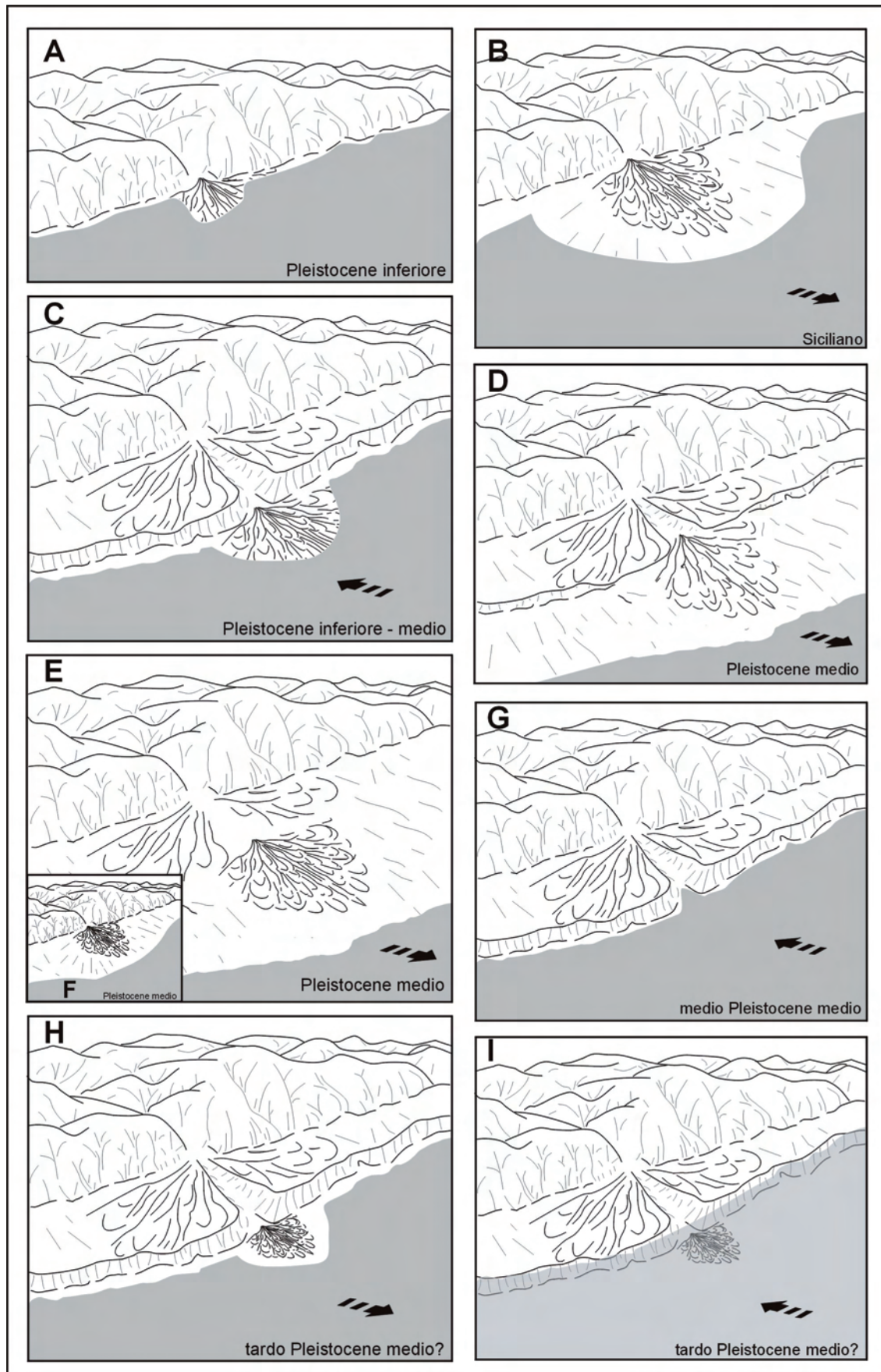


Fig. 11 – Schema evolutivo dell'area in esame nel corso del Pleistocene inferiore-medio (vedi il testo per approfondimenti).  
 – Sketches of the study area from Early to late Middle Pleistocene (see text for details).



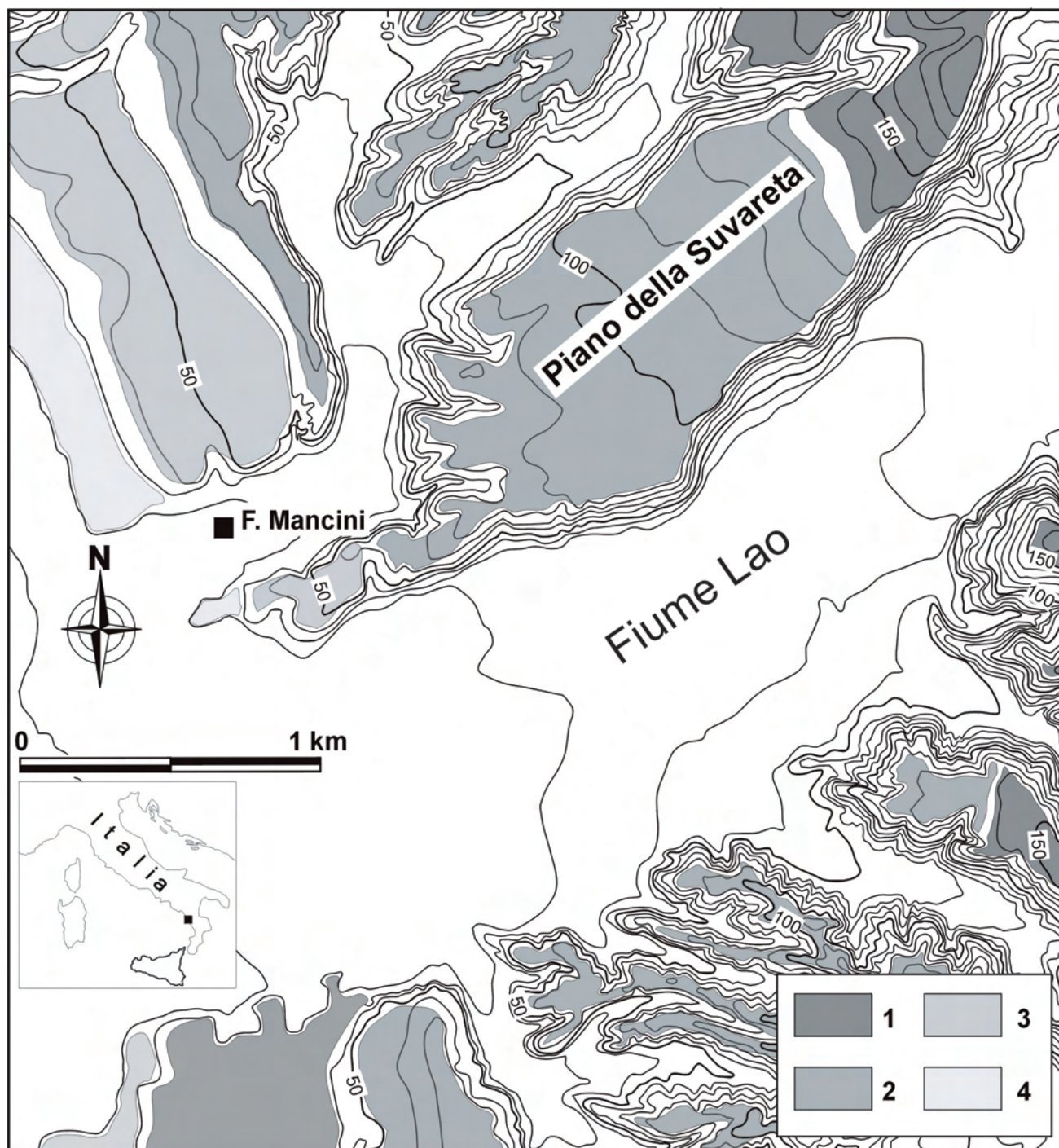


Fig. 12 – Schema geomorfologico dell'area in esame; 1) terrazzo di 1° ordine (Emiliano-Siciliano); 2) terrazzo di 2° ordine (Pleistocene medio); 3) terrazzo di 3° ordine (parte media del Pleistocene medio); 4) terrazzo di 4° ordine (tardo Pleistocene medio).  
 – Geomorphological sketch map of the study area; 1) 1st order terrace (Emilian-Sicilian); 2) 2nd order terrace (early Middle Pleistocene); 3) 3rd order terrace (intermediate Middle Pleistocene); 4) 4th order terrace (late Middle Pleistocene).

da canali più stabili. Nell'ipotesi che i depositi alluvionali possano rappresentare lembi di conoidi non più riconoscibili morfologicamente, le variazioni verticali di facies potrebbero altresì essere rappresentative di due sistemi di conoidi incastrate a cannocchiale. Comunque sia, i depositi alluvionali testimoniano un periodo

sicuramente caratterizzato da una riduzione di apporti solidi che potrebbero testimoniare una fase di miglioramento climatico. Tale ipotesi è avvalorata dal modellamento della superficie di abrasione alla base delle sezioni 4 e 7 che, quindi, indicherebbero una fase trasgressiva connessa ad un miglioramento climatico e, quindi, ad

una risalita eustatica (fig. 11G). La successiva caduta del livello del mare determina il modellamento di una superficie di erosione subaerea (sezione 7) e la deposizione di ghiaie e sabbie alluvionali (fig. 11H).

Quanto descritto suggerisce che durante parte del Pleistocene medio il controllo sull'evoluzione dell'area è dettato sia dalla riduzione dell'attività tettonica che dal maggior controllo operato dall'eustatismo. La presenza di argille marine sui depositi alluvionali della sezione 7 suggerisce una nuova ripresa dell'attività tettonica (forte subsidenza) che sicuramente ha determinato un rimodellamento della morfologia preesistente di cui, però, non è stata rinvenuta alcuna evidenza (fig. 11I). Successivamente a questa fase l'area in esame è caratterizzata da un generale sollevamento e dal modellamento dei terrazzi marini del tardo Pleistocene medio e del Pleistocene superiore (CAROBENE & DAI PRÀ, 1990).

## 5. - CONCLUSIONI

L'analisi stratigrafica dei depositi sottesi ai terrazzi marini ubicati lungo il tratto terminale della valle del Fiume Lao ha permesso di descrivere depositi appartenenti a tre distinti sistemi deposizionali. In particolare l'analisi di facies e le architetture deposizionali suggeriscono, inoltre, una variazione di facies latero-verticale tale che i depositi deltizi sono stati attribuiti ad un'ambiente di barra di foce nell'ambito di uno *shelf-type delta* (sensu ETHRIDGE & WESCOTT, 1984) e ad un *wave-influenced Gilbert-type gravel* (sensu COLELLA, 1988); in entrambi i casi emerge il ruolo dell'attività tettonica nello sviluppo delle architetture deposizionali.

Le variazioni di facies all'interno delle successioni alluvionali sono, invece, indicativi di una variazione del sistema fluviale da configurazioni indicanti una maggiore migrazione laterale dei canali a configurazioni a canali più stabili (COLLINSON, 1986; TODD, 1989; MIAL, 1996); detta modificazione viene interpretata come dovuta ad una riduzione di apporti solidi in seguito ad una fase di miglioramento climatico e/o ad regolarizzazione dei versanti del bacino alimentatore.

I depositi di spiaggia costituiscono sia le facies di *topset* dei corpi deltizi tipo *Gilbert*, che le sequenze sedimentarie sottese ai terrazzi marini della parte media del Pleistocene medio.

Alla luce dei dati esposti emerge che il ter-

razzo di 1° ordine di CAROBENE & DAI PRÀ (1990) è distinto in due superfici terrazzate (fig. 12) il cui significato, comunque, non identifica veri e propri terrazzi marini ma sembra suggerire fasi di aggradazione fluviale in prossimità della linea di costa. Inoltre, per quanto concerne l'attività tettonica, dai dati emerge un'alternanza di periodi di sollevamento e di subsidenza che hanno perdurato almeno fino alla parte media del Pleistocene medio; in parte ciò è in accordo con CAROBENE & DAI PRÀ (1990) per i quali questa alternanza era limitata al Pleistocene inferiore, ma sembra ben corrispondere con quanto avvenuto in aree poste più a nord (ASCIONE & ROMANO, 1999). Inoltre i dati suggeriscono un'alternanza di fasi di aumento e decremento dell'attività tettonica che, insieme alle variazioni climatiche del Pleistocene medio, hanno consentito una migliore scansione delle fasi di morfogenesi che hanno caratterizzato l'area di studio.

## BIBLIOGRAFIA

- ASCIONE A. & ROMANO P. (1999) - *Vertical movements on the eastern margin of the Tyrrhenian extensional basin. New data from Mt. Bulgheria (Southern Apennines, Italy)*. Tectonophysics, 315: 337-356.
- BLUCK B.J. (1967) - *Sedimentation of beach gravels: examples from south Wales*. J. Sedim. Petrol., 37: 128-156.
- BOURGEOIS J. & LEITHOLD E.L. (1984) - *Wave-worked conglomerates - depositional processes and criteria for recognition*. In: E. H. KOSTER & R. J. STEEL (Eds.): "Sedimentology of gravels and conglomerates". Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 10: 331 - 343.
- BRANCACCIO L. & VALLARIO A. (1968) - *Osservazioni geomorfologiche nel tratto di costa compreso tra le foci dei fiumi Noce-Castrocucco e Lao*. Boll. Soc. Nat., 77: 303-325, Napoli.
- CARBONI M. G., MALATESTA A. & ZARLENGA F. (1988) - *Il Quaternario di Praia a Mare e Scalea (Calabria settentrionale)*. Atti 74° Congr. Soc. Geol. It., p. B: pp. 80-85.
- CAROBENE L., DAI PRÀ G. & GEWELT M. (1986) - *Niveaux marins du Pleistocene moyen-superieur de la cote tyrrhenienne de la Calabre (Italie meridionale). Datations  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  et tectonique recente*. Z. Geomorph., Suppl. Bd. 62: 141-158.
- CAROBENE L. & DAI PRÀ G. (1990) - *Genesis, chronology and tectonics of the Quaternary marine terraces of the tyrrhenian coast of northern Calabria (Italy). Their correlation with climatic variations*. Il Quaternario, 3: 75-94.
- CAROBENE L. & FERRINI G. (1991) - *The lower Pleistocene Monte Carpinoso terrace (Tyrrhenian coast of Calabria, southern Italy)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14: 209-219.
- CAROBENE L. & FERRINI G. (1993) - *Morphological, sedimentological and tectonic features of Diamante-Mt. Carpinoso marine terrace flight (Tyrrhenian coast of the northern Calabria, Italy)*. Earth Surface Processes Landforms, 18: 225-230.



- CLIFTON H.E. (1973) - *Pebble segretation and bed lenticularity in wave-worked versus alluvial gravel*. *Sedimentology*, **20**: 173-187.
- COLELLA A. (1988) - *Pliocene-Holocene fan-deltas and braid deltas in the Crati Basin, southern Italy: a consequence of varying tectonic condition*. In: W. Nemec & R. J. Steel (Eds.): "Fan deltas: sedimentology and tectonics settings": pp. 103-122, Blackie and Son.
- COLELLA A., DE BOER P.L. & NIO S.D. (1987) - *Sedimentology of a marine intermontane Pleistocene Gilbert-type fan-delta complex in the Crati basin, Calabria, southern Italy*. *Sedimentology*, **34**: 721-736.
- COLLINSON J.D. (1986) - *Alluvial sediments*. In: H.G. Reading (Ed.): "Sedimentary environment and facies", pp. 20-62, Blackwell Sci. Publ., Oxford.
- COMPAGNONI B., CONATO V., FORIERI M. & MALATESTA A. (1969) - *Il Calabriano di Scalea*. *Quaternaria*, **10**: 95-124.
- CORTESE E. (1886) - *Osservazioni sopra i terrazzi quaternari del litorale tirrenico della Calabria*. *Boll. R. Com. Geol. It.*, **17**: 480-487.
- DAMIANI A.V. (1970) - *Terrazzi marini e sollevamenti differenziali fra i bacini del Lao e del Corvino (Calabria settentrionale)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **89**: 145-158.
- DAMIANI A.V. & PANNUZI L. (1979) - *Terrazzi marini e neotettonica pleistocenica della costa tirrenica calabro-lucana tra Maratea e Cetraro*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **19**: 597-604.
- DE FIORE O. (1937) - *La regione dei terrazzi quaternari ed il Paleolitico di Scalea (Calabria)*. Istituto di Geologia e Paleontologia, Univ. Catania, pubbl. 3: pp. 54.
- ETHRIDGE F.G. & WESCOTT W.A. (1984) - *Tectonic setting recognition and hydrocarbon reservoir potential of fan-delta deposits*. In: E. H. KOSTER AND R. J. STEEL (Eds.): "Sedimentology of gravels and conglomerates". *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, **10**: 217-235.
- GHIBAUDO G. (1975) - *Depositi di barra di foce nel Paleogene della valle di Ager (provincia di Lerida, Spagna)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **94**: 2131-2154.
- IETTO A., BARILARO A.M., CALLIGARO G. & MANCUSO C. (1992) - *Elementi per una revisione dei rapporti Appennino-Arco Calabro*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **111**: 193-215.
- KUMAR N. & SANDERS J.E. (1976) - *Characteristics of shore-face storm deposits: modern and ancient examples*. *J. Sedim. Petrol.*, **46** (1): 145-162.
- MASSARI F. (1997) - *High-frequency cycles within Pleistocene forced-regressive conglomerate wedges (Bradanic area, southern Italy) filling collapse scars*. *Sedimentology*, **44**: 939-958.
- MASSARI F. & PAREA G.C. (1988) - *Progradational gravel beach sequences in a moderate-to high energy, microtidal marine environment*. *Sedimentology*, **35**: 881-913.
- MASSARI F. & PAREA G.C. (1990) - *Wave-dominated Gilbert-type gravel deltas in the hinterland of the Gulf of Taranto (Pleistocene, southern Italy)*. In: A. COLELLA & G.B. PRIOR (Eds.): "Coarse-grained deltas". *I.A.S. Spec. Publ. n. 10*: pp. 311-331.
- MASSARI F., PAREA G.C., RAINONE M.L., VEDOVATO L. & VIVALDA P. (1987) - *Elementi di sedimentologia delle paleospagge pleistoceniche marchigiane*. Atti della Riunione- escursione del Gruppo di Sedimentologia del C.N.R. sul Pleistocene marchigiano: pp. 81-103.
- MIALL A.D. (1977) - *A review of the braided river depositional environment*. *Earth Sci. Rev.*, **13**: 1-62.
- MIALL A.D. (1996) - *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*, pp.582, Springer, New York.
- MUTTI E., DAVOLI G., TINTERI R. & ZAVALA C. (1996) - *The importance of ancient fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonically active basins*. *Mem. Sc. Geol. Padova*, **48**: 233-291.
- NEMEC W. & POSTMA G. (1993) - *Quaternary alluvial fans in southwestern Crete: sedimentation processes and geomorphic evolution*. In: M. MARZO & C. PUGDEFABREGAS (Eds.): "Alluvial sedimentation". *I.A.S. Spec. Publ.*, **17**: 235-276.
- NEMEC W. & STEEL R.J. (1984) - *Alluvial and coastal conglomerates: their significance features and some comments on gravelly mass-flow deposits*. In: E.H. KOSTER & R.J. STEEL (Eds.): "Sedimentology of gravels and conglomerates". *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **10**: 1-31.
- PATA O. (1956) - *I terrazzi quaternari adiacenti alla foce del Fiume Lao (Cosenza)*. *Attes IV Congr. INQUA, Roma-Pisa*: pp. 970-975.
- PILUSO E., CIRINCIONE R. & MORTEN L. (2000) - *Ophiolites of the Calabrian Peloritan Arc and their relationships with the crystalline basement (Catena Costiera and Sila Piccola, Calabria, Southern Italy)*. *Ofoliti*, **25** (2): 117-140.
- RUST B.R. (1978) - *Depositional models for braided alluvium*. In: A.D. MIALL (Ed.): "Fluvial sedimentology". *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**: 605-625.
- TODD S.P. (1989) - *Stream-driven, high-density gravelly traction carpets: possible deposits in the Trabeg Conglomerates formation, SW Ireland and some theoretical considerations of their origin*. *Sedimentology*, **36**: 513-530.
- TODD S.P. (1996) - *Process deduction from fluvial sedimentary structures*. In: P.A. CARLING & M.R. DAWSON (Eds.): "Advances in fluvial dynamics and stratigraphy": pp. 299-350, J. Wiley & Sons, Chichester.
- TORTORICI L., MONACO C., TANSI C. & COCINA O. (1995) - *Recent and active tectonics in the Calabrian Arc (Southern Italy)*. *Tectonophysics*, **243**: 37-55.