

I TERMINI DI CHIUSURA DEL BACINO PUGLIESE (AVANFOSSA SUDAPPENNINICA) NELL'AREA DI POGGIO IMPERIALE (FOGGIA): CARATTERI STRATIGRAFICI ED IMPLICAZIONI PALEOGEOGRAFICHE*

G. Robustelli[#] & P.P.C. Aucelli[°]

[#] Dip.to di Scienze della Terra, Università di Napoli "FEDERICO II", Napoli

[°] Facoltà di Scienze MM. FF. NN., Università del Molise, Isernia

RIASSUNTO - È stato condotto uno studio stratigrafico e sedimentologico dei depositi sabbiosi e conglomeratici che chiudono la successione quaternaria del margine pugliese dell'avanfossa appenninica (Fossa Bradanica).

I dati ottenuti hanno permesso di ricostruire parte degli eventi erosionali e deposizionali che hanno caratterizzato la porzione più alta dell'emiciclo regressivo del settore settentrionale del bacino pugliese.

L'analisi di facies ha consentito di distinguere una unità inferiore (UI) sulla quale poggia, con contatto erosivo, un'unità superiore (US), entrambe progradanti verso SE; localmente le due unità si ritrovano accostate lateralmente.

L'unità inferiore è costituita da depositi deltizi rappresentativi di un sistema tipo *Gilbert* influenzato dalla dinamica costiera. Due differenti sistemi deposizionali, invece, caratterizzano l'unità superiore; la sua porzione inferiore si caratterizza per la presenza di associazioni di facies indicative di un sistema costiero che passa, in alto e per alternanza, ad un sistema deltizio di piattaforma. Per quanto riguarda l'unità superiore è stato possibile ricostruire i rapporti laterali e verticali tra le associazioni di facies che la compongono.

Le relazioni laterali e verticali tra le associazioni di facies delle due unità riconosciute hanno consentito inoltre di ipotizzare che i sistemi deposizionali riconosciuti costituiscono parte di *system tracts* riferibili a quattro sequenze deposizionali, la cui deposizione riflette l'interazione tra la tettonica e le variazioni glacio-eustatiche.

ABSTRACT - This paper presents the results of a stratigraphical and sedimentological survey which was carried out in a area of the Quaternary Apenninic foredeep (Bradanic Through) where the regressive, final terms of the Apulian Basin crop out.

The gathered data allow for the reconstruction of some of the depositional and erosional events that accompanied the sedimentary filling-up of the northern sector of this Basin.

A detailed facies analysis enabled us to distinguish two depositional units (Lower Unit: UI and Upper Unit:US) which are both prograding toward SE. The Upper Unit erosively overlain the Lower one, in which it appears locally entrenched.

The Lower Unit consists of a Gilbert-type delta system the deposition of which was influenced by wave processes as suggested by facies analysis carried out in its topset and foreset beds.

The Upper Unit consists of a coarsening upward sequence due to a transition from offshore-lower shoreface deposition to deltaic accumulation. Upper Unit's lower part is characterised by facies associations which suggest a progradational nearshore system, influenced by fluvial processes. In particular C1 facies association represents the shelf-lower shoreface transition deposits; it consists of hummocky-cross stratified sandstones and pelitic beds alternating. Low angle cross-stratified sandstones and pebbly sandstones characterise C2 facies association which is representative of lower shoreface. C3 facies association consists of tabular cross stratified, cross stratified and plane bedded sandstones locally alternating with tabular conglomerate beds; such facies association represents upper shoreface deposition influenced by fluvial processes. Tabular, well sorted conglomerate beds made up of mainly disc-shaped clasts characterise C3 facies association (Beachface). The upper part of the same unit consists of facies associations which are consistent with a shelf-type delta system interpretation. DS1 and DS2 facies associations represent mouth-bar deposits which grade basinward into shelfal sandstone lobes (DS3 facies association); prodelta deposits (DS4 facies association) which grade upslope into shelfal sandstone lobes consist of tabular pelitic beds alternating with amalgamated hummocky cross-stratified sandstones. Different stages of the upper unit progradation have been also outlined.

The lateral and vertical relationships among the UI and US facies associations suggest that the two units can be interpreted as system tracts referring to four depositional sequences which reflect the interaction of uplift and glacio-eustatic sea level change occurred during the middle Pleistocene.

Parole chiave: Avanfossa appenninica quaternaria, depositi regressivi, analisi di facies, sistemi deposizionali costiero e deltizio, variazioni relative del livello del mare

Key words: Quaternary apenninic foredeep, regressive deposits, facies analysis, coastal and deltaic depositional systems, relative sea level changes

* Lavoro eseguito con il contributo C.N.R. n. CTB9900646CT05
(Responsabile nazionale Prof. E. Lupia Palmieri; responsabile locale Prof. A. Cinque)

INTRODUZIONE

L'area oggetto della presente nota si colloca nei pressi dell'abitato di Poggio Imperiale (FG) e ricade nell'area di quello che fu il bacino marino di avanfossa

plio-quaternario durante le ultime fasi di impilamento e traslazione verso NE dell'Appennino meridionale. Più esattamente, l'area indagata ricade nella porzione settentrionale (Fig. 1) di quello che in letteratura è stato definito come "bacino pugliese" (Casnedi *et al.*, 1981;

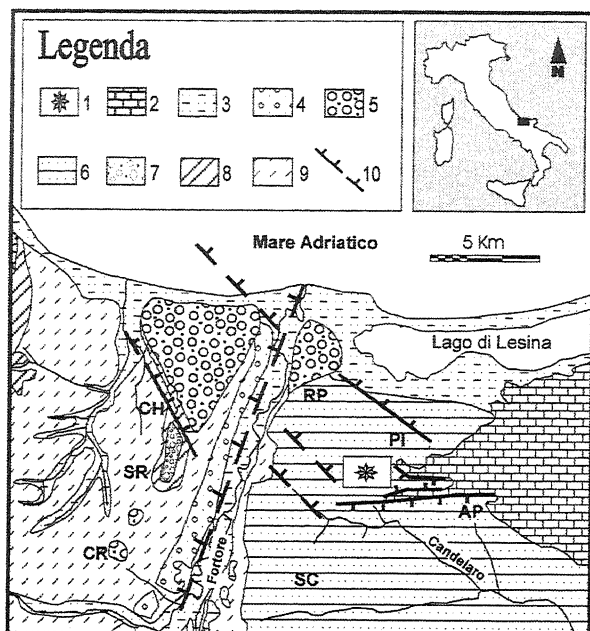


Fig. 1 - Carta geologica schematica dell'area del basso Fortore. In legenda: 1) Ubicazione dell'area esaminata; 2) Avampaese; 3) Depositi delle pianure alluvionali e costiere attuali (Post-Glaciale - Olocene); 4) Alluvioni terrazzate (Pleistocene medio-superiore); 5) Conglomerati di Chieuti (tardo Pleistocene medio); 6) Unità ghiaiose e sabbiose di ambiente marino e continentale indifferenziate (Pleistocene medio); 7) Conglomerati di Serracapriola (tardo Pleistocene inferiore?); 8) Sabbie di Serracapriola (Santerniano-Siciliano); 9) Argille di Montesecco (Pliocene medio-Pleistocene inferiore); 10) Faglie; AP - Apricena; SR - Serracapriola; PI - Poggio Imperiale; CH - Chieuti; RP - Ripalta; SC - S. Paolo di Civitate (modificata da Aucelli *et al.*, 1997a).

Fig. 1 - Geological sketch map of the lower reach of Fortore River. Legend: 1) Location map of the study area; 2) Foreland; 3) Clastic deposits of the present coastal and alluvial plains (Post-Glacial - Holocene); 4) Terraced alluvial deposits (Middle and Upper Pleistocene); 5) Chieuti Conglomerates (late Middle Pleistocene?); 6) Undifferentiated gravels and sands of marine and continental environment (Middle Pleistocene); 7) Serracapriola Conglomerates (late Lower Pleistocene?); 8) Serracapriola Sands (Santerniano-Siciliano); 9) Montesecco Clays (Middle Pliocene-Lower Pleistocene); 10) Faults; AP - Apricena; SR - Serracapriola; PI - Poggio Imperiale; CH - Chieuti; RP - Ripalta (modified after Aucelli *et al.*, 1997a).

Balduzzi *et al.*, 1982; Casnedi *et al.*, 1982); esso rappresenta uno dei depocentri che articolavano l'Avanfossa Bradanica.

Quando, nel Pleistocene medio, l'attenuarsi del *roll-back* della Placca Apula (Doglioni *et al.*, 1994) fece prevalere la aggradazione sulla subsidenza, si ebbe il colmamento finale di detto bacino con un emiciclo regressivo costituito da peliti di piattaforma (F.ne delle Argille di Montesecco; Plio-Calabrian in Boni *et al.*, 1969) passanti a depositi litorali sabbiosi (F.ne delle Sabbie di Serracapriola) ed, infine, a depositi conglomeratici fluvio-marini (F.ne dei Conglomerati di Campomarino) attribuiti ad un generico Pleistocene in Boni *et al.* (1969).

In termini di evoluzione paleogeografica, tanto Boni *et al.* (1969) che Boenzi *et al.* (1979) propongono un modello che vede una monotona migrazione verso ENE delle facies regressive ed il modellamento di una superficie di regressione diacronica ma unitaria. Questa ricostruzione coglie solo il motivo fondamentale

della tendenza evolutiva instauratasi nell'area nel corso del Quaternario.

La scarsità di punti di controllo cronologici e stratigrafico-sedimentologici non ha finora permesso di leggere, se non nei caratteri evolutivi generali (Aucelli *et al.*, 1997a), la reale articolazione spazio-temporale delle tappe evolutive.

Una delle zone per le quali sono di recente emersi dati più dettagliati è quella del basso Fortore dove, sulla base di uno studio sedimentologico di dettaglio, Capuano *et al.* (1996) definiscono i processi e gli ambienti deposizionali che caratterizzano la porzione sabbiosa e quella conglomeratica dell'emiciclo regressivo. Gli stessi Autori ribadiscono i rapporti di sovrapposizione stratigrafica, con contatto talora erosivo, dei Conglomerati di Campomarino sulle Sabbie di Serracapriola; nell'area del alta valle del T. Candelaro, inoltre, nell'ambito dei Conglomerati viene riconosciuto un complesso deltizio ascrivito ad un delta ghiaioso tipo *Gilbert* (*fluvial dominated delta Gilbert sensu* Colella, 1988), incluso "litostratigraficamente" nell'Unità Superiore Conglomeratica, interpretata come un sistema fluviale a canali intrecciati.

Più recentemente Aucelli *et al.* (1997a; 1997b) reinterpretano i suddetti depositi ascrivendoli ad un delta tipo *Gilbert* influenzato dal moto ondoso (*wave-influenced Gilbert type delta sensu* Colella, 1988). Tali Autori, inoltre, ricostruiscono una più articolata evoluzione di questo settore di avanfossa; in particolare, integrando dati geologico-stratigrafici con osservazioni di carattere geomorfologico, gli Autori evidenziano il ruolo della tettonica nella migrazione spazio-temporale delle facies sabbiose e conglomeratiche, mostrando come essa abbia agito a più riprese, nel modificare la distribuzione delle aree sorgenti, delle direzioni di trasporto e dei depocentri.

Aucelli *et al.* (1998) riferiscono all'intervallo Santerniano-Siciliano (biozona NN 19) la base della F.ne delle Sabbie di Serracapriola per la presenza di *Leptocythere multipunctata*, *Leptocythere transiens* e *Mutilus (Cimbaurila)* tra gli ostracodi e di *Bulimina elegans marginata* tra i foraminiferi bentonici. Di conseguenza l'età dei terreni conglomeratici-sabbiosi in questione può essere considerata medio-pleistocenica in quanto sovrapposti alla suddetta formazione ad in virtù dei rapporti morfostratigrafici descritti in Aucelli *et al.* (1997a)

In questo articolo, che vuole essere un tassello della complessa evoluzione quaternaria di questo settore di Avanfossa sudappenninica, si riportano i risultati di uno studio sedimentologico di dettaglio condotto su lembi di depositi di chiusura del ciclo di avanfossa affioranti a SSW di Poggio Imperiale (FG). Nei pressi del centro abitato i tagli effettuati per i lavori di costruzione della nuova linea ferroviaria Foggia-Pescara, hanno permesso di osservare sezioni di modesto spessore ma lateralmente estese in quanto, a causa della morfologia a basso rilievo dell'area in esame, le sezioni naturali sono rare e molto limitate.

Vengono, quindi, descritte le facies osservate ed interpretate le associazioni di facies in termini di elementi e sistemi deposizionali (Tab.1), ciò al fine di una migliore definizione degli scenari deposizionali che hanno caratterizzato questo limitato settore di avanfossa durante la deposizione dei termini regressivi del suo riempimento.

ETA'	UNITA'	SISTEMI DEPOSIZIONALI	ASSOCIAZIONI DI FACIES
Pleistocene medio	SN	SISTEMA DELTIZIO (SHELF-TYPE)	<i>Ds4</i> - Prodelta <i>Ds3</i> - Lobi sabbiosi di piattaforma <i>Ds1 e Ds2</i> - Barre di foce <i>C3</i> - Avanspiaggia <i>Cd</i> - Spiaggia sommersa superiore <i>C2</i> - Spiaggia sommersa inferiore <i>C1</i> - limite piattaforma-spiaggia sommersa
	IU	SISTEMA DELTIZIO (GILBERT-TYPE)	<i>DG1</i> - topset beds <i>DGf</i> - foreset beds <i>DGb</i> - bottomset beds

Tab. 1 - Sistemi deposizionali ed associazioni di facies desunte dall'analisi di facies condotta sui depositi affioranti nell'area in esame. L'unità superiore (US) poggia con contatto erosivo sull'unità inferiore (UI); localmente le due unità sono lateralmente accostate.

Tab. 1 - Depositional systems and facies associations inferred by facies analysis of the clastic deposits outcropping in the study area. The upper unit (US) rests erosively on the lower unit; locally the former one is entrenched in the latter one.

medio pleistocenica e giacciono in continuità stratigrafica sulla F.ne delle Argille di Montesecco passante alla F.ne delle Sabbie di Serracapriola. Le sezioni esaminate (Figg. 2 e 3) presentano buone esposizioni longitudinali ma spessori limitati.

Di seguito vengono descritte le principali associazioni di facies che caratterizzano i depositi affioranti nell'area in esame, al fine di definirne i relativi sistemi deposizionali e, successivamente, la loro organizzazione laterale e verticale. In particolare sono state distinte due unità stratigrafiche in contatto erosivo. L'unità inferiore (UI) è rappresentata da depositi ghiaiosi riferibili ad un sistema deltizio tipo *Gilbert*. L'unità superiore (US), invece, si compone di due porzioni; quella inferiore è costituita da termini prevalentemente sabbiosi riferibili ad sistema costiero (*progradational sand-gravel beach sensu* Massari & Parea, 1988) e passa verso l'alto a depositi conglomeratici-sabbiosi, eteropici a termini sabbioso-argillosi, riferibili ad un sistema deltizio tipo *shelf-type sensu* Ethridge & Wescott (1984). Riguardo l'unità superiore, a causa dell'alternanza, in successione verticale, delle associazioni di facies riferibili al sistema costiero e del passaggio, per alternanza, a quello deltizio, verranno descritte ed interpretate dapprima le facies che caratterizzano il sistema costiero e poi quelle riferibili al sistema deltizio; nel paragrafo finale saranno poi chiariti i rapporti laterali e verticali tra i sistemi deposizionali dell'unità superiore e le relazioni tra quest'ultima e l'unità inferiore.

UNITÀ INFERIORE GHIAIOSA

A SW dell' abitato di Poggio Imperiale il fronte di una cava (sezione 1) ha esposto un corpo clastico a geometria sigmoidale (Fig. 4A) che presenta caratteri di facies e geometrie interne degli elementi deposizionali riferibili 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 al., 1987; Colella, 1988) e nella porzione

STRATIGRAFIA

I dati descritti in seguito hanno consentito di definire i caratteri stratigrafico-sedimentologici dei depositi clastici affioranti presso lo spartiacque tra il bacino del Torrente Candellaro ed il Lago di Lesina, tali depositi sono stati inclusi da Aucelli et al. (1997a) nelle "Unità ghiaiose e sabbiose indifferenziate" (Fig. 1) di età

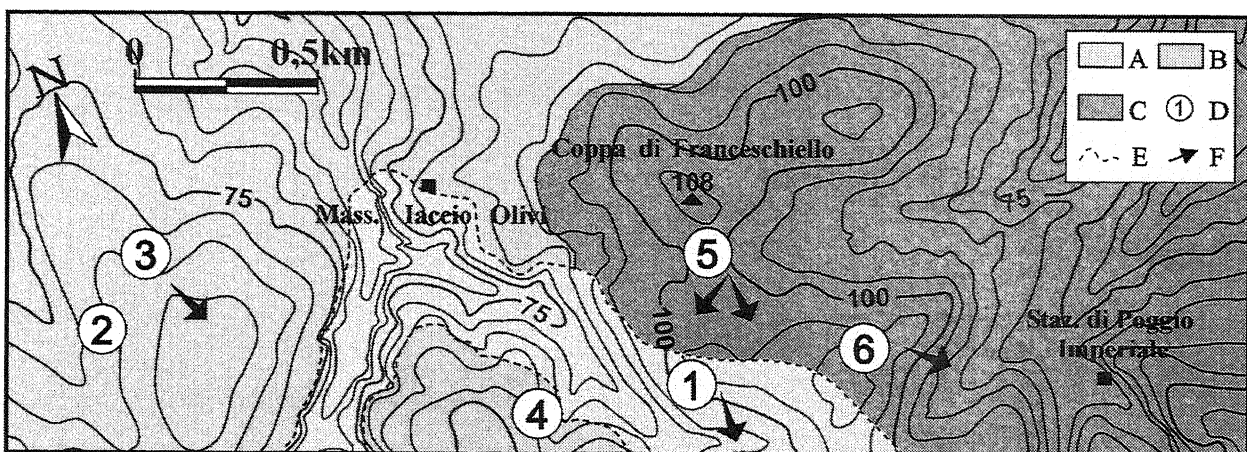


Fig. 2 - Carta geologica semplificata dell'area in esame: A) Unità inferiore (sistema deltizio tipo *Gilbert*); B) Unità superiore (sistema costiero); C) Unità superiore (sistema deltizio di piattaforma); D) Ubicazione delle sezioni esaminate (vedi Fig. 3); E) Contatto erosivo; F) Direzione delle paleocorrenti.

Fig. 2 - Simplified geological sketch map of the study area. A) Lower unit (*Gilbert-type delta system*); B) Upper unit (*nearshore system*); C) Upper unit (*shelf-type delta system*); D) Location of the measured stratigraphic sections (see Fig. 3) E) Erosive boundary; F) Paleocurrent directions.

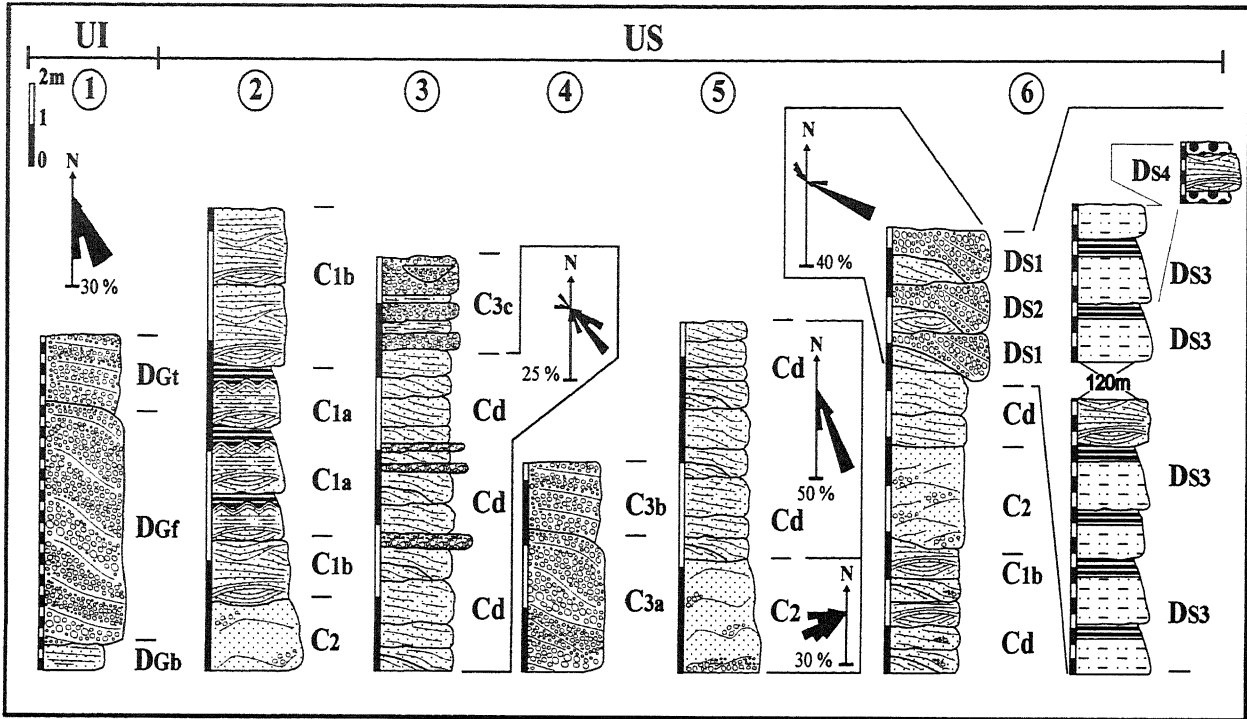


Fig. 3 – Sezioni stratigrafiche esaminate nell'area in esame (vedi Fig. 2 per l'ubicazione) e diagrammi azimutali che mostrano le immersioni dei foreset ed i dati delle paleocorrenti. Le lettere D_{Gt} , ..., C_1 , ..., D_{S1} , ... indicano le associazioni di facies (vedi il testo per chiarimenti).

Fig. 3 – Measured stratigraphic sections (see Fig. 2 for location) and azimuthal roses showing the dip of foreset beds and paleocurrent data. The letters D_{Gt} , ..., C_1 , ..., D_{S1} , ... indicate the facies associations (D_G - Gilbert type delta system; C - nearshore system; D_S - Shelf type delta system).



Fig. 4 –Delta tipo Gilbert influenzato dalla dinamica costiera (Unità inferiore - UI): (A) parte del sistema deltizio è ben esposta in una cava a SE di Mass. laccio Olivi indicata dalla freccia. I depositi costieri e deltizi dell'Unità superiore (US) affiorano alle spalle della collina in primo piano (B) il passaggio topset-foreset presenta una geometria sigmoidale.

Fig. 4 – Wave-influenced Gilbert-type delta (lower Unit - UI): (A) part of the clastic wedge is well exposed in a quarry south-eastward of Mass. laccio Olivi indicated by arrow. Nearshore and deltaic deposits (upper Unit - US) outcrop just beyond the hill in the foreground; (B) the topset-foreset transition consists in a sigmoidal geometry.

lucana della Fossa Bradanica (Massari & Parea, 1990; Massari 1999) e sono caratterizzati da un'alimentazione areale (linea di costa) piuttosto che puntuale (sistema dei canali distributori della piana deltizia).

Topset beds (D_{Gt}): descrizione - Questa associazione di facies è caratterizzata da una stratificazione da suborizzontale a poco inclinata verso SE e dal passaggio graduale e transizionale (Fig. 4B) a quella sottostante (geometria sigmoidale *sensu* Colella, 1988). Essa si caratterizza per una alternanza ed interdigitazione di due principali facies ghiaiose. La prima è costituita da ghiaie prevalentemente fini e ben selezionate caratterizzate da una stratificazione sottile e regolare; lo spessore degli strati varia da 10 a 25 cm. I clasti costituenti a luoghi sono di forma discoidale e presentano un'embriciamento netto con angolo di immersione diretto verso ESE. Questa facies passa gradualmente per eteropia, nel senso dell'immersione, a strati ghiaiosi grossolani a matrice sabbiosa, talora a struttura *openwork*, di spessore variabile da 20cm a 35cm; le ghiaie, localmente ben selezionate, abbondano di forme discoidali e mostrano un'embriciamento variabile con una prevalente immersione verso SSE.

Interpretazione - I caratteri descritti unitamente agli indici morfoscopici (sfericità=0,57; indice oblateprolate = -1,9) ed alla presenza di resti di bivalvi,

talora integri, rappresentano tutti elementi a favore dell'ipotesi che ghiaie fluviali, in prossimità della foce, siano state rimaneggiate dal moto ondoso; quest'ultimo rappresenta, quindi, il principale processo deposizionale (*wave-worked topset beds*) mentre Capuano *et al.* (1996) descrivono questi depositi come "*fluvial topset beds*".

Foreset (D_{gr}): descrizione - Gli strati dell'unità in foreset presentano principalmente una geometria sigmoidale con un'inclinazione massima di 32° ed immersione verso i quadranti sud-orientali. Gli strati sono a tessitura ghiaiosa; i clasti si presentano moderatamente selezionati e ricchi di forme discoidali. Gli strati costituiti da ghiaie poco selezionate si presentano variamente gradati, raramente massivi; inoltre è possibile osservare variazioni laterali tra un tipo e l'altro.

Localmente si osservano intercalazioni di conglomerati organizzati in strati con superfici basali erosive ed a geometria concava verso l'alto; la stratificazione interna è data da un'alternanza di livelli ghiaiosi e sabbiosi: i ciottoli, ben arrotondati, sono spesso di forma discoidale con embriamento opposto all'immersione dei foreset.

Interpretazione - Gli strati costituiti da ghiaie ben selezionate sono rappresentativi, in accordo con Masari & Parea (1990), di una selezione granulometrica indotta dal moto ondoso in prossimità della fronte delizia prima della rideposizione sul pendio in occasione di eventi ad elevata energia.

I differenti caratteri tessiturali e strutturali degli strati ghiaiosi non selezionati vengono interpretati come il prodotto di differenti regimi dei flussi deposizionali ("*mass-flows*" subacquei *sensu* Nemeč & Steel, 1984), mentre le variazioni laterali di facies riflettono la progressiva trasformazione dei flussi lungo la scarpata delizia.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa a base erosiva è comparabile per caratteri geometrici e tessiturali ai "*backset beds*" descritti in letteratura da vari autori tra cui Postma (1984), Colella *et al.* (1987) e Masari & Parea (1990).

Bottomset beds (D_{gb}): descrizione - I foreset *beds* presentano una progressiva riduzione dell'angolo di inclinazione ed un'evidente discordanza geometrica (geometria *downlap*) al passaggio con un'alternanza di depositi pelitico-sabbiosi che costituisce i *bottomset beds* (spessore 5m). Questi depositi presentano una debole inclinazione verso SW.

Gli strati sabbiosi, di spessore centimetrico, sono costituiti da sabbie fini a laminazione piano-parallela e ondulata; la frequenza e lo spessore degli strati sabbiosi aumenta verso l'alto.

A questi si alternano strati pelitici talora laminati, di spessore variabile fino a 20cm e localmente bioturbati; questi ultimi, inoltre, presentano localmente resti integri e/o frammenti di lamellibranchi.

Interpretazione - I caratteri stratigrafici e tessiturali dei depositi di sopra descritti suggeriscono, in accordo con Capuano *et al.* (1996) un ambiente di sedimentazione prossimo al livello di base delle onde di tempesta. La presenza delle intercalazioni sabbiose e, in particolare, l'aumento del loro spessore e della loro frequenza, suggerisce una progressiva diminuzione di profondità che può essere messa in relazione

alla progradazione del sistema deliziale. In particolare gli intervalli sabbiosi possono essere rappresentativi degli effetti distali degli eventi di tempesta, mentre gli intervalli pelitici sono indicativi di fasi di sedimentazione intercorrenti tra eventi di tempesta. Nel complesso l'associazione di facies descritta è rappresentativa della porzione interna dell'ambiente di piattaforma.

UNITÀ SUPERIORE SABBIOSO-GHIAIOSA

L'unità superiore giace in contatto erosivo su quella inferiore. Sono state distinte associazioni di facies riferibili ad un sistema costiero (*progradational sand-gravel beach sensu* Masari & Parea, 1988) passanti verso l'alto per alternanza ad associazioni di facies riferibili ad un sistema deliziale di piattaforma (*shelf-type coarse grained delta sensu* Ethridge & Wescott, 1984), entrambi progradanti verso SE. Il passaggio è graduale e per alternanza

SISTEMA COSTIERO

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

Associazione di facies C_1 (Limite piattaforma-spiaggia sommersa) - Alternanza di strati di sabbie a laminazione incrociata tipo "gibbosa", a laminazione piano-parallela ed incrociata alla scala dei ripples e di sottili strati argillosi (sezioni 2 e 6)

Descrizione - La porzione inferiore di questa associazione è costituita da sabbie fini e medie ben stratificate con intercalazioni di livelli pelitici. In particolare si osservano successioni decimetriche di strati sabbiosi ed argillosi, lateralmente estesi e di spessore abbastanza uniforme; esse presentano sempre una

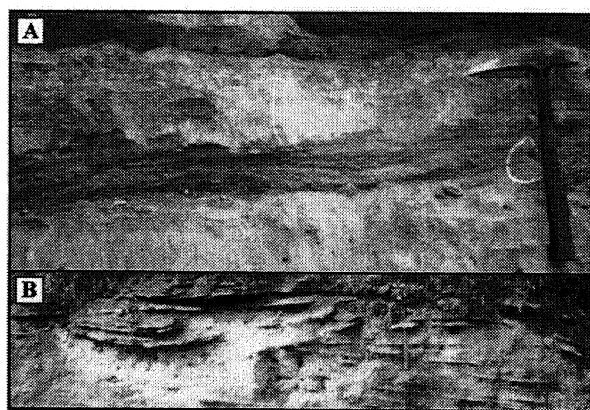


Fig. 5 - Sezione 2: (A) Sabbie a stratificazione "gibbosa" sovrastanti e sottostanti a livelli pelitici bioturbati; La foto mostra una sequenza di tempesta; (B) stratificazione "gibbosa" amalgamata.

Fig. 5 - Section 2: (A) Hummocky cross-stratified sandstone bed which is capped and overlies bioturbated pelitic layers. It is an example of an hummocky unit; (B) Amalgamated hummocky stratification.

tipica successione di facies che, dal basso verso l'alto, è costituita da strati di sabbie a laminazione incrociata a basso angolo e ondulata, strati di sabbie a laminazione incrociata alla scala dei ripples e livelli pelitici più o meno continui che a luoghi rendono ben evidenti (*mud buried ripples*) le forme di fondo (Fig. 5A). Le strutture di fondo non sempre sono visibili a causa della bioturbazione. Questa associazione di facies (sub-associazione C_{1a}) si ripete ritmicamente per uno spessore di circa 2m ed è limitata da superfici erosive poco evidenti.

In successione e con contatto debolmente erosivo, si osservano strati sabbiosi (Fig. 5B) di spessore variabile, la cui strutturazione interna si compone di sabbie fini e medie caratterizzati da una laminazione incrociata a basso e medio angolo "gibbosa", talora passanti verso l'alto a sabbie fini a laminazione piano-parallela e/o ondulata (sub-associazione C_{1b} - spessore di circa 120cm). Le superfici di erosione che limitano gli strati sabbiosi presentano generalmente inclinazioni variabili fino a 15° così come le lamine; localmente si osservano angoli di inclinazione superiori in corrispondenza di superfici di erosione molto inclinate. A luoghi gli strati sabbiosi presentano alla base concentrazioni di ghiaie fini, resti di molluschi e clasti pelitici.

Interpretazione - L'associazione di facies C_{1a} è tipica, in accordo con Dott & Bourgeois (1982), del record sedimentario prodotto da eventi di tempesta così come descritte in esempi fossili di ambienti di transizione piattaforma-spiaggia sommersa oppure negli ambienti di spiaggia sommersa attuali (Kumar & Sanders, 1976; Hunter & Clifton, 1982; McCrory & Walker, 1986; DeCelles, 1987; Massari & Parea, 1988).

Gli strati sabbiosi a laminazione incrociata che costituiscono prevalentemente l'associazione C_{1b} presentano una tipica stratificazione "gibbosa" amalgamata (*amalgamated hummocky cross stratification*) che, in accordo con quanto proposto da Dott & Bourgeois (1982), viene interpretata come dovuta al succedersi di eventi di tempesta che hanno determinato l'erosione totale o, più raramente, parziale di quanto deposto durante la fase declinante dell'evento precedente.

Nel complesso l'insieme delle associazioni di facies descritte è rappresentativo di ambienti di transi-

zione piattaforma-spiaggia sommersa.

Associazione di facies C_2 (Spiaggia sommersa inferiore) - Sabbie e ghiaie a stratificazione incrociata a basso angolo e a grande scala (sezioni 2, 5 e 6)

Descrizione - Questa associazione di facies di spessore variabile tra 70 cm a 2m (Fig. 6) è costituita dall'alternanza ed interdigitazione di intervalli ghiaiosi e sabbiosi; la natura dei contatti non è erosiva.

Gli strati ghiaiosi, laddove sono discontinui, costituiscono delle lenti interdigitate agli strati sabbiosi e caratterizzate da classazione inversa nel senso dell'inclinazione; ciò si osserva sul lato inclinato verso terra rispetto al probabile andamento della linea di costa desunto dall'analisi delle paleocorrenti delle soprastanti associazioni di facies di avanspiaggia e deltizie. Gli strati e le lenti ghiaiose sono costituiti da clasti di diametro medio di circa 0.7 cm e da frammenti di gusci di molluschi spesso allineati lungo le lamine inclinate; i clasti costituenti, inoltre, mostrano un'embriciamento variabile a causa della loro elevata sfericità. In un solo punto (vedi Sc in Fig. 6) è stata osservata una depressione erosiva di forma concava disposta in direzione circa NNW-SSE.

Gli strati sabbiosi, lateralmente più estesi di quelli ghiaiosi, sono costituiti da sabbie medie ben stratificate e presentano, parimenti agli strati ghiaiosi, una stratificazione incrociata a basso angolo e a grande scala.

Gli strati sabbiosi e ghiaiosi descrivono, in generale, delle forme migranti di lunghezza d'onda talora superiore a 5m e con il lato rivolto verso WNW leggermente più inclinato rispetto a quello rivolto verso ESE. Queste strutture a grande scala a luoghi sono troncate da superfici erosive orientate nella stessa direzione.

Interpretazione - La geometria a grande scala che caratterizza questa associazione di facies consente di interpretarla come il prodotto della deposizione di barre migranti verso terra (Bourgeois & Leithold, 1984; Leithold & Bourgeois, 1984), e/o lungo costa (Massari & Parea, 1988) di basso rilievo (1-2m) e di lunghezza d'onda, talora superiore a 10m, in un ambiente di spiaggia sommersa inferiore; la seconda ipotesi troverebbe maggiore conferma dalle indicazioni suggerite dalle paleocorrenti (Fig. 3; sez. 5). La frazione più grossolana di queste macroforme rappresenta il prodotto dell'erosione dalla parte superiore

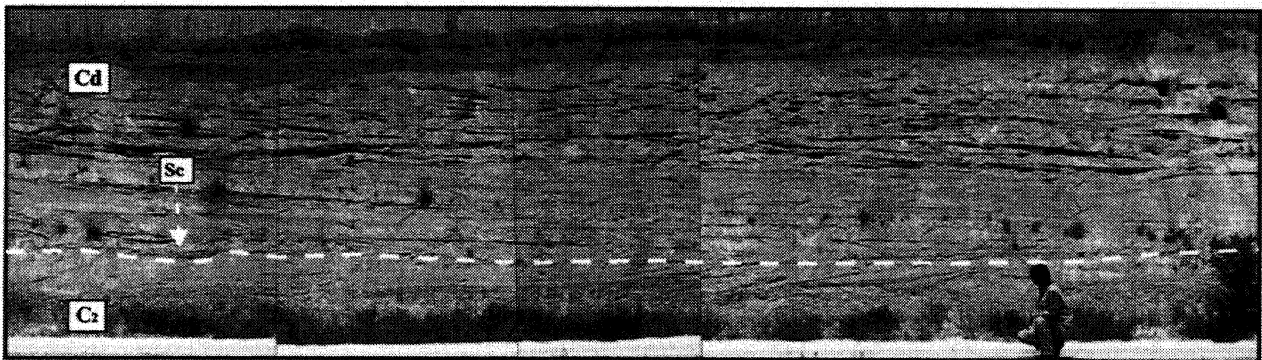


Fig. 6 - Sezione 5: associazione di facies C_2 passante verso l'alto all'associazione di facies Cd ; è possibile notare una depressione erosiva (Sc) interpretata come un *rip-channel*.

Fig. 6 - Section 5: C_2 facies association (lower shoreface) overlain by Cd facies association (upper shoreface influenced by fluvial processes); it also can be noted a channel scour (Sc) interpreted as *rip-channel*.

della spiaggia durante gli eventi di tempesta la cui deposizione nella spiaggia sommersa inferiore è imputabile all'azione di correnti di ritorno (*rip currents*) responsabili del modellamento della depressione erosiva che incide il corpo della barra; (Sc in Fig. 6; *high-angle scours sensu* Leithold & Bourgeois, 1984). La scarsa presenza di unità ghiaiose lenticolari e tabulari, intercalate in questa associazione, testimonia la totale ridistribuzione delle ghiaie ad opera del moto ondoso.

Associazione di facies Cd (Spiaggia sommersa superiore) – Strati di sabbie a laminazione incrociata tabulare, a festoni e piano-parallela con locali intercalazioni di strati e lenti ghiaiose (sezioni 3, 5 e 6)

Descrizione - In successione rispetto all'associazione di facies C_2 (Fig. 6; sezioni 5 e 6 ed alla base della sezione 3) si osservano sabbie medie e grossolane in strati di spessore variabile da 10 a 50 cm. Gli strati sabbiosi presentano, talora, una geometria esterna cuneiforme con graduale riduzione del loro spessore in direzione ESE; inoltre la loro continuità laterale è spesso interrotta da numerose superfici di erosione e di riattivazione marcate da *lag* conchigliari e da clasti a luoghi pelitici.

Le facies che caratterizzano questa associazione sono rappresentate da strati sabbiosi a laminazione incrociata planare o a festoni, con geometria delle lamine tangenziali, e da strati sabbiosi a laminazione piano-parallela e/o inclinata a basso angolo rispetto

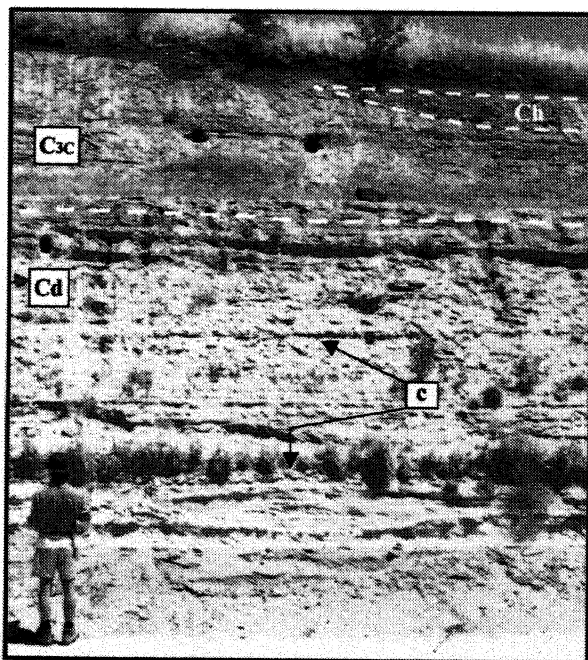


Fig. 7 – Sezione 3: associazione di facies Cd , con intercalazioni di strati conglomeratici (c), passante bruscamente verso l'alto all'associazione di facies C_{3c} . Verso l'alto è visibile un corpo canalizzato (Ch) interpretato come il riempimento di un canale fluviale della piana deltica inciso sui depositi di avanspiaggia.

Fig. 7 – Section 3: Cd facies association, with conglomerate tabular beds interbedded (c), grade abruptly upward into C_{3c} facies association (upper beachface). It also can be noted a channel-like bedform (Ch) interpreted as the filling of a fluvial paleochannel of the deltaic plain, dissecting beachface deposits.

alla superficie di stratificazione; raramente si osservano strati di sabbie a laminazione incrociata alla scala dei *ripples* e livelli pelitici. Le facies descritte, inoltre, non si alternano in maniera ritmica e spesso la tipologia del contatto tra le facies è di tipo erosivo. In generale questa associazione, progradante verso SE, risulta geometricamente discordante rispetto all'associazione di facies C_2 , descrivendo una relazione angolare tipo *downlap* (sezione 5, Fig. 6); a luoghi il contatto risulta erosivo.

Localmente si intercalano ghiaie clasto-sostenute (sezione 3; Fig. 7) organizzate in nastri ciottolosi a base erosiva sulle facies sabbiose; detti strati tabulari, di spessore fino a 30 cm e senza evidente gradazione, si estendono lateralmente fino ed oltre i 20m e presentano una ricca malacofauna (ostreidi e pettinidi); i clasti, di dimensioni medie di 2,5 cm, sono arrotondati ed a luoghi ben classati.

Interpretazione - La presenza di intercalazioni ghiaiose in questa associazione di facies, analogamente alla Facies 6 di Capuano *et al.* (1996) descritta nei dintorni di S. Paolo di Civitate, testimonia sicuramente un'elevata energia dell'ambiente di sedimentazione, mentre l'estensione laterale degli strati conglomeratici suggerisce l'esistenza di un agente di trasporto che ha agito su una vasta area come descritto in altre aree da Clifton (1981), Leithold & Bourgeois (1984) e Massari & Parea (1988); i livelli ghiaiosi vengono pertanto interpretati come il prodotto della ridistribuzione di ghiaie fluviali lungo costa. I rapporti laterali e verticali con le altre associazioni di facies e, quindi, tenendo conto della presunta orientazione della linea di costa suggeriscono che questa associazione sia indicativa di una prevalenza di flussi diretti verso il mare; essa è rappresentativa, quindi, dei processi di trasporto e sedimentazione legati a correnti di ritorno (*rip currents*) la cui energia può essere intensificata dagli eventi di tempesta (Massari & Parea, 1988) o rappresentare il prodotto di vere e proprie piene fluviali (Clifton, 1981; De Celles 1987) nell'ambito della spiaggia sommersa.

Le superfici di erosione presenti in questo intervallo possono rappresentare la registrazione di eventi ad elevata energia, erosione che può interessare, in accordo con Elliott (1986), la spiaggia sommersa superiore che rappresenta l'ambiente di sedimentazione ipotizzato.

Associazione di facies C_3 (avanspiaggia) - Strati ghiaiosi tabulari ed inclinati con rare intercalazioni di sabbie a laminazione piano-parallela (sezioni 3 e 4)

Descrizione - In sezione 4, a partire dal basso si osservano ghiaie stratificate (C_{3a}), organizzate in livelli di spessore variabile tra 10 e 50cm, inclinati fino a 15° verso SSE. Le facies che caratterizzano questa associazione differiscono sia dal punto di vista tessiturale che strutturale.

Si riconoscono, infatti, strati ghiaiosi a granulometria grossolana. estesi lateralmente fino alla scala dell'affioramento; le ghiaie presentano una 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

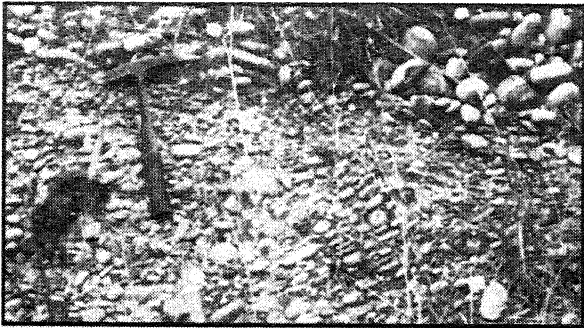


Fig. 8 – Sezione 4: associazione di facies C_{3a} ; è ben osservabile il progressivo aumento dell'angolo di embriciamento delle ghiaie.

Fig. 8 – Section 4: C_{3a} facies association (lower beachface); it is worthy to note the increase of imbrication dip angles.

embriciatura (Fig. 8). In alternanza agli strati ghiaiosi grossolani si osservano strati di ghiaie fini ben arrotondate e classate (Fig. 8). 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 strati ghiaiosi alla chiusura a cuneo.

In successione all'associazione di facies appena descritta, affiorano ghiaie prevalentemente fini e ben selezionate (subassociazione C_{3b}) organizzate in strati sottili e regolari, con inclinazione dell'ordine di pochi gradi. Gli intervalli caratterizzati da clasti discoidali presentano un embriciamento netto con angolo di immersione diretto verso ESE.

In corrispondenza della parte alta della sezione 3, invece, si osserva un intervallo ghiaioso-sabbioso (sub-associazione C_{3c} ; Fig. 7), costituito da una alternanza di sabbie a laminazione piano-parallela ed incrociata a basso angolo subordinata a strati a tessitura ghiaiosa e costituiti da ghiaie fini, ben selezionate, a matrice sabbiosa; gli strati ghiaiosi sono caratterizzati da una stratificazione sottile e regolare nella parte inferiore dell'intervallo, con inclinazione degli strati inferiore a 2° ; i clasti, prevalentemente di forma discoidale, presentano un embriciamento netto con angolo di immersione verso ESE.

Nella parte superiore della sezione 3 si osservano lenti ghiaiose che definiscono dei corpi canalizzati con asse circa trasversale all'embriciamento che caratterizza gli strati ghiaiosi. I clasti presentano comunque una forma prevalentemente discoidale ma con direzioni degli angoli di embriciamento variabili.

Interpretazione - La presenza di strati ghiaiosi ben selezionati (associazione C_{3b}), 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).

L'associazione C_{3a} , invece è rappresentativa della

porzione inferiore dell'avanspiaggia; in particolare l'aumento progressivo di granulometria e degli angoli di embriciamento che caratterizza alcuni strati ghiaiosi può essere interpretato, in accordo con Massari et al. (1987), come risultato di meccanismo di trasporto in massa lungo il pendio di una spiaggia ghiaiosa (*Lower beachface* sensu Massari & Parea, 1988)

L'associazione di facies C_{3c} non presenta la classica strutturazione sopra descritta, presumibilmente per la morfologia poco acclive del profilo della spiaggia. In particolare la facies ghiaiose a matrice sabbiosa rappresentano il risultato del mescolamento di differenti popolazioni granulometriche per il quale sono stati ipotizzati differenti processi di deposizione (Bluck, 1967; Sonu, 1972) nell'ambito della parte inferiore del profilo superiore della avanspiaggia. Le lenti ghiaiose presenti nell'ambito di questa associazione rappresentano il riempimento di depressioni erosive disposte circa trasversali alla linea di costa che rappresentano l'estensione del sistema dei canali distributori della piana deltizia. In particolare il riempimento che caratterizza dette depressioni deriva dall'erosione e rideposizione delle stesse ghiaie di battigia.

SISTEMA DELTIZIO

Nei pressi della stazione di Poggio Imperiale i fronti della trincea ferroviaria (sezione 6) hanno esposto un corpo clastico (Fig. 9) che presenta caratteri di facies ed architetture degli elementi deposizionali riferibili ad uno *shelf-type coarse grained delta* sensu Ethridge & Wescott (1984). In particolare le associazioni di facies riconosciute sono correlabili a sistemi fluvio-deltizi caratterizzati da piene catastrofiche così come definiti in Mutti et al. (1996).

Shelf-type delta (D_s) - Conglomerati a stratificazione sub-orizzontale e incrociata tabulare; subordinatamente sabbie a laminazione piano-parallela ed incrociata a basso angolo "gibbosa". Lateralmente e gradualmente si passa ad un'alternanza sabbioso-pellica (sezione 6)

Descrizione - L'analisi di facies condotta su tagli circa longitudinali alla direzione di progradazione ha consentito di distinguere associazioni di facies riferibili ad elementi deposizionali caratteristici di un sistema deltizio influenzato da un sistema fluviale, quest'ultimo non testimoniato da depositi affioranti.

In successione e con contatto erosivo rispetto all'associazione Cd (sezione 6), si può osservare una prima associazione di facies (D_{s1}) in cui è possibile distinguere due principali litofacies. La prima è costituita da strati ghiaiosi sub-orizzontali spesso amalgamati, di spessore fino ad 1,5m e lateralmente estesi. Essi sono costituiti da ghiaie scarsamente selezionate, massive con matrice sabbiosa più o meno abbondante che gradualmente, in direzione sottocorrente, mostrano una diffusa stratificazione. Localmente detti strati ghiaiosi presentano un'abbondante malacofauna ed una estensione fino ed oltre 20m. Sia verso l'alto che in direzione sottocorrente gli strati ghiaiosi passano a strati di sabbie a laminazione piano-parallela ed incrociata a basso angolo "gibbosa". Altresì risulta evidente la presenza di superfici di erosione alla base delle facies ghiaiose.

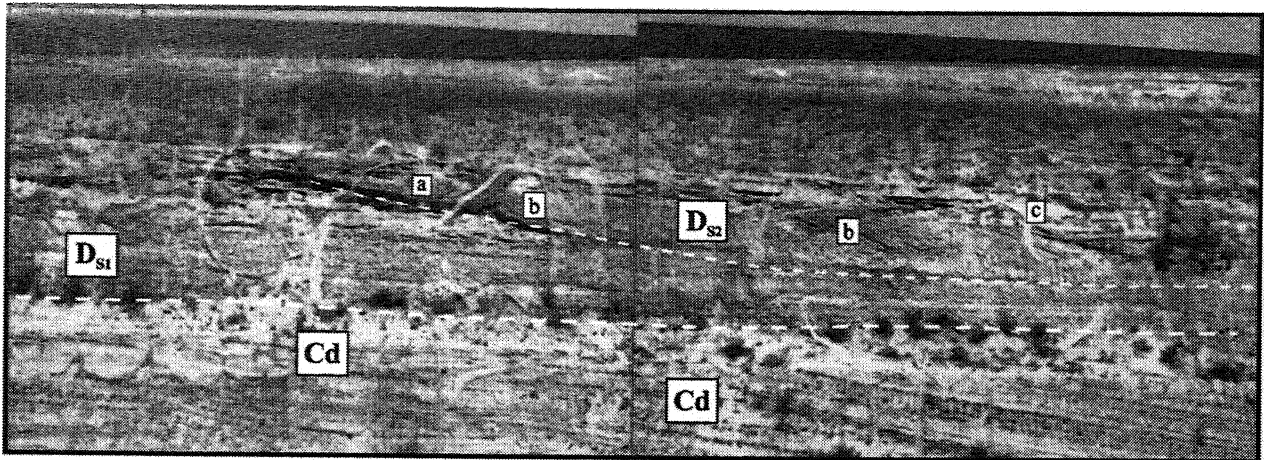


Fig. 9 – Associazioni di facies del sistema deltizio di piattaforma (D_{S1} e D_{S2}) progredente sulle associazioni di facies del sistema costiero (Cd); a, b e c indicano le facies caratteristiche dell'associazione D_{S2} (vedi il testo per chiarimenti).

Fig. 9 – Facies associations of the shelf-type delta (D_{S1} and D_{S2} ; mouth-bar deposits) prograding over the nearshore facies associations (Cd). a) massive conglomerate; b) tabular cross-stratified conglomerates; c) low angle hummocky-cross stratified and plane bedded sandstones alternating.

L'associazione D_{S2} giace in contatto erosivo sull'associazione D_{S1} , ed è anch'essa caratterizzata da facies ghiaiose e sabbiose; essa mostra una progressiva riduzione degli spessori sia sopracorrente che sottocorrente (Fig.9); in particolare gli intervalli più francamente ghiaiosi mostrano, in direzione sottocorrente, le seguente variazioni di facies:

1) conglomerati clasto-sostenuti, in strati a base erosiva, costituiti da ghiaie massive (a in Fig. 9)

2) ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose a stratificazione incrociata tabulare; la geometria delle lamine è tangenziale con una progressiva riduzione dell'angolo di inclinazione in direzione sottocorrente (b in Fig.9)

Lateralmente ed in successione si osserva un'alternanza non ritmica di strati di sabbie a laminazione piano-parallela e di sabbie a laminazione incrociata a basso angolo "gibbosa" (c in Fig. 9).

Le associazioni di facies appena descritte si alter-

nano senza un trend sistematico e con contatti erosivi; esse passano gradualmente e rapidamente, in direzione sottocorrente ad una alternanza sabbioso-pelittica (associazione di facies D_{S3}). L'associazione di facies D_{S3} è costituita da ripetute successioni decimetriche (Fig. 10A) caratterizzate, dal basso verso l'alto, da strati di sabbie massive e/o grossolanamente gradate, a strati sabbiosi a laminazione piano-parallela e incrociata ed infine osservano livelli pelittici, talora laminati, lateralmente estesi e con millimetriche intercalazioni di sabbie fini. Localmente si osservano intercalazioni decimetriche di strati di sabbie fini a laminazione incrociata a basso angolo "gibbosa".

Nei pressi della stazione di Poggio Imperiale, dove affiorano le porzioni più distali del sistema deltizio dell'US, si possono osservare alternanze di depositi clastici argillosi e strati sabbiosi (associazione di facies D_{S4} ; Fig. 10B). I primi costituiscono strati di spessore variabile, mediamente inferiore a 50cm ed

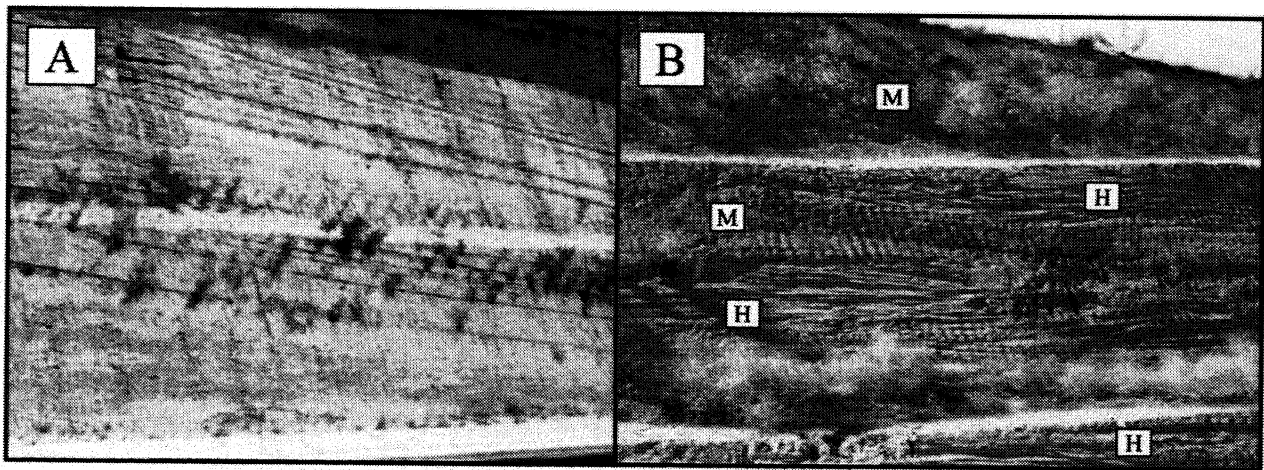


Fig. 10 - Parte distale del sistema deltizio di piattaforma. A) associazione di facies D_{S3} passante sopracorrente alle associazioni di facies D_{S1} and D_{S2} ; B) associazione di facies D_{S4} costituita da sabbie a stratificazione "gibbosa" (H) alternate a livelli clastici (M) i cui componenti sono costituiti da frammenti pelittici.

Fig. 10 - Distal part of the shelf-type delta. A) D_{S3} facies association (shelfal sandstone lobes) which grades upslope into D_{S1} and D_{S2} facies associations; B) D_{S4} facies association (prodelta deposits) consists of hummocky cross-stratified sandstones (H) alternating with clastic beds (M) made up of mud-clasts.

estesi lateralmente fino alla scala dell'affioramento. Essi sono caratterizzati da una struttura massiva ed, altresì, presentano una tessitura clastica grossolana; i clasti costituenti, di dimensioni centimetriche, si presentano in prevalenza subangolosi.

Alla litofacies appena descritta si alternano strati sabbiosi di spessore decimetrico, caratterizzati da sabbie fini e medie a laminazione incrociata a basso e medio angolo "gibbosa" e di sabbie fini a laminazione piano-parallela e/o ondulata; nell'insieme l'intervallo sabbioso in questione presenta gli stessi caratteri della sub-associazione C_{1b} .

Le superfici di erosione raramente visibili all'interno degli strati sabbiosi presentano generalmente inclinazioni variabili fino a 20° così come le stesse lamine degli strati soprastanti. Localmente sono state osservate concentrazioni basali a resti di molluschi e, soprattutto, clasti pelitici. Il contatto tra le facies clastiche argillose e quelle sabbiose è netto ma non erosivo.

Interpretazione - L'associazione D_{S2} è correlabile, per caratteri geometrici e tessiturali, a quella osservata e descritta da Mutti *et al.* (1996) nell'ambito di sistemi deltizi dominati da piene fluviali, ed in particolare di sistemi del tipo *shelf-type* (Ethridge & Wescott, 1984). Gli strati ghiaiosi a geometria interna planare presentano gli caratteri analoghi alle barre di foci sigmoidali. Per quanto concerne l'associazione D_{S1} (ghiaie massive a geometria tabulare), essa può essere interpretata, sempre in accordo con Mutti *et al.* (1996), quale una variazione di facies delle barre di foce sigmoidali; le osservazioni effettuate consentono di imputare questa differenza alla minore inclinazione della superficie basale di erosione che caratterizza l'associazione D_{S1} .

L'alternanza sabbioso-pelitica (associazione D_{S3}) è rappresentativa di lobi sabbiosi di piattaforma (*sensu* Mutti *et al.*, 1996) cui corrispondono, sopraccorrente, le litofacies ghiaiose. Questa interpretazione è giustificata dal fatto che si riesce a riconoscere anche le singole unità prodotte dagli eventi di piena fluviale, e quindi la continuità fisica tra le litofacies ghiaiose e quelle sabbioso-pelitiche, continuità che riflette la progressiva trasformazione dei flussi di piena in ambiente marino e dei rispettivi processi deposizionali.

L'associazione D_{S4} è da riferire a scivolamenti lungo la scarpata deltizia in aree solo occasionalmente perturbate dagli eventi di piena fluviale. La mobilitazione dei livelli argillosi è, probabilmente, da imputare alla perturbazione indotta dall'estensione subacquea degli eventi di più elevata energia sotto forma di flussi iperpicniali e correnti di torbida (Mutti *et al.*, 1996). Detti processi sono inoltre responsabili della deposizione di sabbie fini a laminazione incrociata a basso angolo "gibbosa" (*amalgamated hummocky cross stratification*) nell'ambito dell'area di prodelta (*sensu* Mutti *et al.*, 1996).

CONCLUSIONI

I depositi affioranti nell'area di Poggio Imperiale, di età medio-pleistocenica e dei quali nel precedente paragrafo sono stati descritti i principali caratteri delle facies, possono essere riferiti a due unità, una inferiore (UI) ed una superiore (US).

L'unità superiore poggia sull'unità inferiore tramite

un contatto erosivo osservabile presso Mass. Iaccio Olivi; qui sull'unità in *foreset* (26°-28° di inclinazione verso SE) del sistema deltizio tipo *Gilbert* dell'UI poggiano in netta discordanza associazioni di facies costiere dell'Unità superiore, caratterizzate da una geometria tabulare con leggera inclinazione verso ESE. Inoltre, a SSE di Coppa di Franceschiello, è stato possibile osservare, nei tagli della stradina di servizio al cantiere della trincea, un brusco accostamento laterale del sistema deltizio dell'UI (D_G) con il sistema deltizio dell'US (D_S).

In generale i rapporti latero-verticali tra le associazioni di facies, e tra i relativi sistemi deposizionali, evidenziano la presenza di corpi clastici accresciutisi con un *trend* progradazionale da verso SE. I dati delle paleocorrenti suggeriscono una dispersione verso SSE sia per le associazioni di facies di avanspiaggia che per quelle deltizie; l'associazione di facies C_2 , invece, è indicativa di una direzione media di trasporto verso W.

L'unità inferiore UI è costituita da un sistema deltizio non ricostruibile nella sua interezza a causa della scarsità di affioramenti. Ciononostante, la presenza di tagli artificiali ha consentito di osservarne la porzione sudoccidentale, caratterizzata da un graduale assottigliamento verso SE dei sedimenti deltizi che la costituiscono. Detto complesso deltizio è riferibile ad un *wave-influenced Gilbert-type delta* (*sensu* Colella; 1988). Esso è costituito da una unità in *topset* (D_{Gt}), con caratteri di avanspiaggia, caratterizzata da stratificazione sottile e regolare e dal passaggio graduale all'unità in *foreset* (D_{Gf}); infine risulta ben visibile il contatto in *downlap* sull'unità in *bottomset* (D_{Gb}).

L'unità superiore US consiste di due sistemi deposizionali, uno costiero ed uno deltizio. Il sistema costiero è costituito, dal basso, da:

1) associazioni di facies sabbioso-pelitiche di transizione piattaforma/spiaggia sommersa caratterizzata principalmente da sabbie a stratificazione *hummocky* (C_1);

2) associazioni di facies sabbiose, subordinatamente ghiaiose, di spiaggia sommersa (associazione C_2) caratterizzata da strutture trattive da moto ondoso, ma anche da strutture interpretate come il risultato della possibile combinazione di processi marini e fluviali (associazione Cd).

3) associazioni di facies ghiaiose di avanspiaggia, localmente costituenti corpi progradanti verso SSE (associazione C_3).

La sequenza di spiaggia non è mai completa alla scala dell'affioramento; resta pertanto incerta la correlazione tra le associazioni di facies tipiche di spiagge in progradazione (sub-associazioni C_{3a} e C_{3b}), di cui non è visibile la porzione di spiaggia sommersa, con le facies di avanspiaggia (sub-associazione C_{3c}) (sezz. 3 e 4). Le prime potrebbero rappresentare un momento in cui una vicina foce riforniva il settore costiero in oggetto di ghiaie che venivano successivamente ridistribuite dal moto ondoso. Pertanto essa potrebbe essere correlabile alle associazioni di facies di pertinenza deltizia D_{S1} e D_{S2} .

Anche il sistema deltizio dell'unità superiore non è ricostruibile nella sua interezza; ciononostante i tagli artificiali della nuova trincea ferroviaria hanno consentito di osservare la continuità fisica tra le litofacies ghiaiose e quelle sabbioso-pelitiche in direzione sotto-

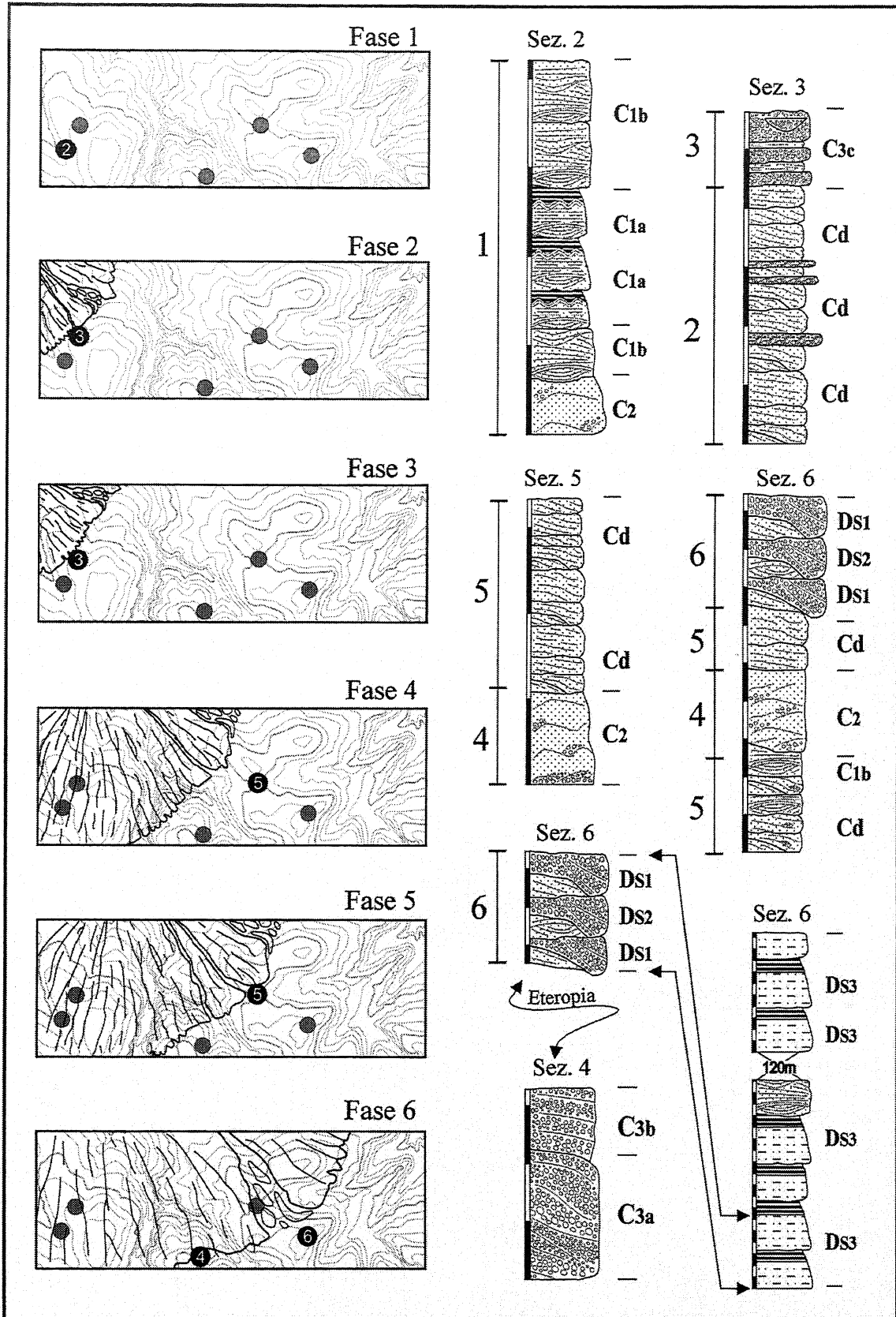


Fig. 11 - Evoluzione del sistema deltizio di piattaforma durante la deposizione dell'unità superiore (US); le fasi 1-6 negli schemi in pianta corrispondono alle fasi 1-6 nelle sezioni stratigrafiche. Negli schemi in pianta, la numerazione delle sezioni segue la progredazione spazio-temporale del sistema deltizio.

Fig. 11 - Shelf-type delta evolution during the deposition of the upper unit (US); phases 1-6 in the plan views correspond to phases 1-6 in the stratigraphic sections. In plan views the numbering of the stratigraphic sections follows the space and time shelf-type delta progredation.

corrente. L'analisi di facies ha consentito di distinguere tre elementi deposizionali riferibili alla parte subacquea di un sistema fluvio-deltizio dominato da piene fluviali.

Per quanto concerne l'unità superiore, i rapporti latero-verticali delle associazioni di facies dell'Unità Superiore hanno consentito di ipotizzare il seguente schema evolutivo (Fig. 11):

Fase 1: il record stratigrafico (sez. 2) è caratterizzato dalla sedimentazione di depositi sabbiosi e sabbioso-pelitici interpretati come rappresentativi di un ambiente di transizione piattaforma-spiaggia sommersa.

Fase 2: le variazioni di facies verticali (2 di sez. 3); riflettono i primi effetti dovuti alla progradazione del sistema deltizio; ciò determina una marcata influenza sulla sedimentazione costiera come suggeriscono le associazioni di facies *Cd*;

Fase 3: il passaggio alle associazioni di facies di avanspiaggia (*C_{3c}*; 3 di sez. 3) è indicativo di una regressione. Essa può essere imputabile alla progradazione del sistema deltizio come testimoniato dalla presenza di corpi ghiaiosi canalizzati disposti circa parallelamente alla linea di costa che giacciono in contatto erosivo sui depositi di avanspiaggia che sono interpretabili come la rielaborazione ad opera del moto ondoso degli apporti clastici del sistema dei canali distributori secondari che caratterizzavano la piana deltizia;

Fase 4: in questa fase continua la progradazione del sistema deltizio, mentre in aree più distali rispetto alla linea di costa il record stratigrafico è caratterizzato

dalla sedimentazione di depositi sabbioso-ghiaiosi in facies di spiaggia sommersa inferiore (associazione *C₂* - 4 di sez. 5),

Fase 5: in questa fase si ha il brusco passaggio verticale dall'associazione di facies *C₂* a quella *Cd* (5 di sez. 5); il passaggio è marcato da una discordanza geometrica (geometria *downlap*). Le variazioni di facies verticali riflettono gli effetti dovuti alla progradazione del sistema deltizio che determina una marcata influenza sulla sedimentazione costiera come suggeriscono le associazioni di facies *Cd*;

Fase 6: un primo momento vede una alternanza di condizioni paleoambientali tipo fase 4 e 5 cioè la sedimentazione è caratterizzata da una alternanza tra le associazioni di facies *C₂* e *Cd* (porzione inferiore della sez. 6); successivamente il principale canale del sistema distributivo della piana deltizia si attesta in corrispondenza dell'area di sedimentazione relativa alla sez. 6 (associazioni di facies *D_{s1}* e *D_{s2}*; 6 di sez.6); nelle aree più distali si ha, invece, la deposizione dei lobi sabbiosi di piattaforma (associazione *D_{s3}*) mentre in aree ancora più distali si registra la sedimentazione dei depositi sabbioso-argillosi dell'associazione *D_{s4}*.

I rapporti laterali e verticali tra i sistemi deposizionali relativi alle due unità riconosciute nell'area di studio, suggeriscono una evoluzione paleogeografia che può essere tentativamente spiegata attraverso l'influenza delle oscillazioni del livello del mare (Fig. 12).

Infatti l'unità inferiore (sistema deltizio di tipo *Gil-*

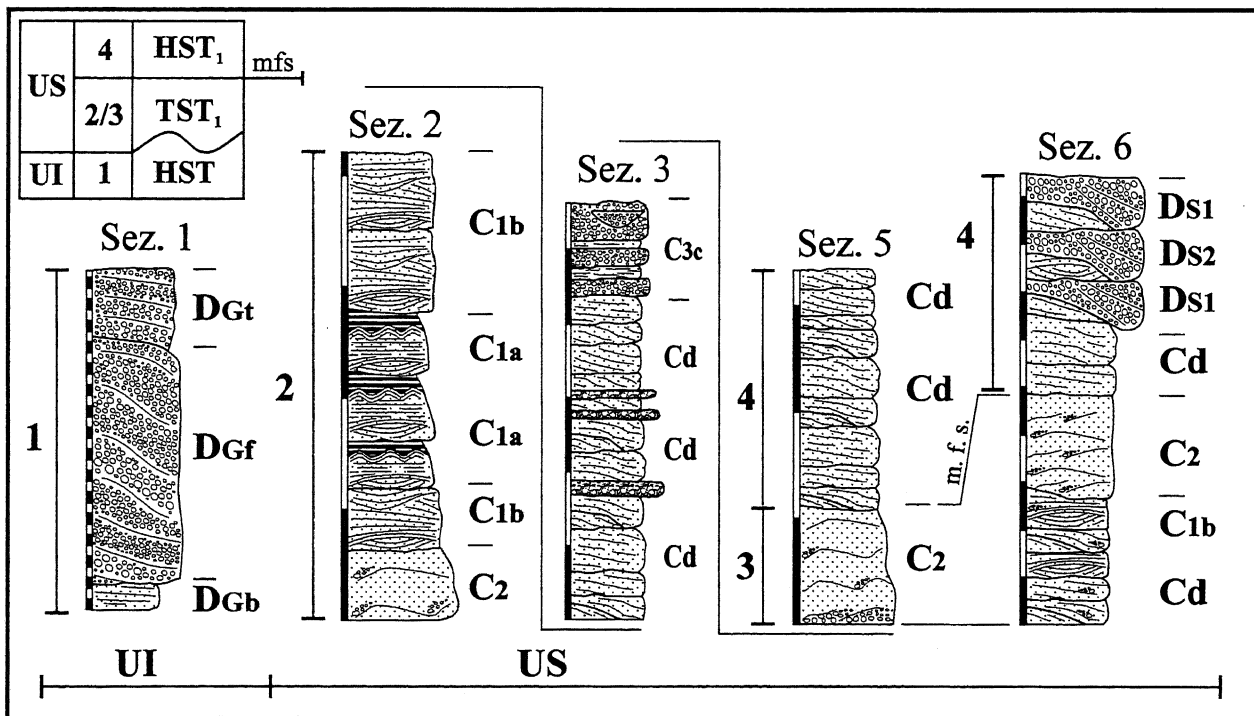


Fig.12 - Interpretazione dei rapporti tra i sistemi deposizionali riconosciuti in termini di stratigrafia sequenziale. 1) Sequenza di stazionamento alto (Sistema deltizio tipo *Gilbert*); 2) Prima sequenza trasgressiva (Sezioni 2 e 3; sistema costiero); 3) seconda sequenza trasgressiva (Parte bassa delle sezioni 5 e 6; sistema costiero); m.f.s.) Superficie di massima ingressione (*downlap surface*, vedi Fig. 6); 4) Sequenza di stazionamento alto (Sistema deltizio di piattaforma).

Fig.12 - Sequence-stratigraphic model on the basis of stratigraphic architecture of depositional systems recognized; 1) Highstand system tract (*Gilbert-type delta system*); 2) Transgressive system tract (Sections 2 and 3; nearshore depositional system); 3) Transgressive system tract (Lower part of sections 5 and 6; nearshore depositional system); m.f.s.) Maximum flooding surface (*downlap surface*, see Fig. 6); 4) Highstand system tract (*Shelf-type delta system*).

berti) è quasi certamente da attribuire ad un sistema di stazionamento alto (HST) di una prima sequenza deposizionale.

Una caduta del livello del mare al di sotto del margine esterno del sistema deltizio deve essere invocata per spiegare la sua dissezione e, quindi, il modellamento di una superficie di erosione subaerea.

A ciò dovette seguire una risalita del livello del mare con la quale la superficie di erosione venne dapprima rimodellata da *shoreface erosion* per poi essere sepolta dai sistemi costieri trasgressivi dell'unità superiore (TST₁). Detti sistemi si sono depositi in una fase che vedeva, per eccesso di imput fluviali sulla costa, la coesistenza del sollevamento del livello del mare e la progradazione del sistema deltizio dell'unità superiore.

La fase di massima risalita del livello del mare è espresso dalla superficie di *downlap* tra l'associazione di facies C₂ e l'associazione Cd (sez. 5; Fig 6).

Una fase di stazionamento alto del livello del mare è infine testimoniata dal massimo sviluppo della progradazione del sistema deltizio dell'unità superiore (HST₁).

Circa le cause delle citate variazioni del livello del mare, non vi sono dati per discriminare gli effetti dovuti alla tettonica ed all'eustatismo. Tuttavia l'ipotesi più logica è quella che la tettonica ha certamente influito sia nel determinare il trend generale del sollevamento (Doglioni *et al.*, 1994), ma le oscillazioni glacio-eustatiche, sovrapponendosi al generale trend di sollevamento, possono aver causato la descritta alternanza di fasi trasgressive e regressive.

In conclusione i rapporti tra le due unità riconosciute non sono di semplice sovrapposizione stratigrafica ma di incastro e di accostamento laterale; ciò testimonia, quindi, la policiclicità della sedimentazione dei depositi regressivi di questo settore dell'ex avanfossa sudappenninica nell'area del F. Fortore. Lo studio effettuato consente di confermare, seppur a piccola scala, l'ipotesi sostenuta in Aucelli *et al.* (1997a) circa la poligenicità e polifasicità della superficie di regressione, il cui modellamento, è avvenuto durante fasi deposizionali ed erosionali che a partire dal tardo Pleistocene inferiore hanno operato con differenti livelli di base a causa dell'azione congiunta della tettonica e dell'eustatismo.

BIBLIOGRAFIA

- Aucelli P.P.C., Cinque A. & Robustelli G. - 1997a - *Evoluzione quaternaria del tratto di avanfossa appenninica compreso tra Larino (Campobasso) e Apricena (Foggia). Dati preliminari*. Il Quaternario, **10**(2), 453-460.
- Aucelli P.P.C., Cinque A. & Robustelli G. - 1997b - *I termini di chiusura del bacino di avanfossa sul fianco W del Gargano (Appennino meridionale): implicazioni paleogeografiche e tettoniche*. FIST-GEOITALIA, 1° Forum Italiano di scienze della Terra, Riassunti, Fasc. 2, 135-137.
- Aucelli P.P.C., Cinque A., Robustelli G. & Staiti D. - 1998 - *Evoluzione del tratto perigarganico dell'ultima avanfossa appenninica: nuovi vincoli biostratigrafici, sedimentologici e geomorfologici*. Atti del 79° Congr. Soc. Geol. It., Vol. A, 107-109.
- Balduzzi A, Casnedi R., Crescenti U. & Tonna M. - 1982 - *Il plio-pleistocene del sottosuolo del bacino pugliese (avanfossa appenninica)*. Geologica Romana, **21**, (1-28).
- Bluck B. J. - 1967 - *Sedimentation of beach gravels: examples from south Wales*. J. Sedim. Petrol., **37**, 128-156.
- Boenzi F., Ciaranfi N., Iannone A., Maggiore M., Pieri P., Rapisardi L. & Walsh N. - 1979 - *Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 155 "S. Severo", 163 "Lucera", 189 "Altamura" e 200 "Tricarico"*. Pubbl. 251 P. F. Geodinamica, 37-71.
- Boni A., Casnedi R., Centamore E., Colantoni P., Cremonini P., Elmi C., Monesi A., Selli R. & Valletta M. - 1969 - *Note illustrative della Carta geologica di Italia*. Foglio 155 S. Severo.
- Bourgeois J. & Leithold E. L. - 1984 - *Wave-worked conglomerates - depositional processes and criteria for recognition*. In: "Sedimentology of Gravels and Conglomerates", E. H. Koster and R. J. Steel (Eds.), Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., **10**, 331-343.
- Capuano N., Pappafico G. & Augelli G. -1996- *Ricostruzione dei sistemi deposizionali plio-pleistocenici del margine settentrionale dell'avanfossa pugliese*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 273-292.
- Casnedi R., Crescenti U., D'Amato C., Mostardini F. & Rossi U. -1981- *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo molisano*. Geologica Romana, **20**, 1-42.
- Casnedi R., Crescenti U. & Tonna M. -1982- *Evoluzione della avanfossa adriatica meridionale nel plio-pleistocene, sulla base di dati di sottosuolo*. Mem. Soc. Geol. It., **24** 243-260.
- Clifton H. E. - 1973 - *Pebble segregation and bed lenticularity in wave-worked versus alluvial gravel*. Sedimentology, **20**, 173-187.
- Clifton H. E. - 1981 - *Progradational sequences in Miocene shoreline deposits, southeastern Caliente Range, California*. J. Sedim. Petrol., **51**, 165-184.
- Colella A. - 1988 - *Pliocene-Holocene fan-deltas and braid deltas in the Crati Basin, southern Italy: a consequence of varying tectonic condition*. In "Fan Deltas: Sedimentology and tectonics Settings", W. Nemeč & R. J. Steel (Eds.), Blackie and Son, 103-122.
- 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.
- DECelles P. G. - 1987 - *Variable preservation of middle Tertiary, coarse grained, nearshore to outer-shelf storm deposits in southern California*. J. Sed. Petrol., **57**, n.2, 250-264.
- Doglioni C., Mongelli F. & Pieri P. -1994- *The Puglia uplift (SE Italy): An anomaly in the foreland of the Appenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere*. Tectonics, **13**(5), 1309-1321.
- Dott R. H. & Bourgeois J. - 1982 - *Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences*. Geol. Soc. Am. Bull., **93**, 663-680.
- Elliott T. - 1986 - *Siliciclastic shorelines*. In "Sedimentary environments and Facies", H. G. Reading (Ed.), 155-188, Blackwell Scientific Publications, pp. 615.

- Ethridge F. G. & Wescott W. A. - 1984 - *Tectonic setting, recognition and hydrocarbon reservoir potential of fan-delta deposits*. In: "Sedimentology of Gravels and Conglomerates", E. H. Koster and R. J. Steel (Eds.), Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., **10**, 217-235.
- Hunter R. E. & Clifton H. E. - 1982 - *Cyclic deposits and hummocky cross-stratification of probable storm origin in Upper Cretaceous rocks of the Cape Sebastian area, southwestern Oregon*. J. Sedim. Petrol., **52**, n.1, 127-143.
- Kumar N. & Sanders J. E. - 1976 - *Characteristics of shoreface storm deposits: modern and ancient examples*. J. Sedim. Petrol., **46**, n.1, 145-162.
- Leithold E. L. & Bourgeois J. - 1984 - *Characteristics of coarse-grained sequences deposited in near-shore, wave-dominated environments - examples from Miocene of south-west Oregon*. Sedimentology, **31**, 749-775.
- 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: "Coarse-Grained Deltas", Colella A. and Prior. G. B. (Eds.). IAS Spec. Publ., n. **10**, 311-331.
- Massari F., Parea. G. C., Rainone M. L., vedovato L. & Vivalda P. - 1987 - *Elementi di sedimentologia delle paleospiege pleistoceniche marchigiane*. Estratto da: Atti della Riunione-escursione del Gruppo di Sedimentologia del C.N.R. sul Pleistocene marchigiano, 81-103.
- Massari F. - 1997- *High-frequency cycles within Pleistocene forced-regressive conglomerate wedges (Bradanic area, southern Italy) filling collapse scars*. Sedimentology, **44**, 939-958
- MCCrory V. L. C. & Walker R. G. - 1986 - *A storm and tidally-influenced prograding shoreline - Upper Cretaceous Milk River Formation of southern Alberta, Canada*. Sedimentology, **33**, 47-60.
- Mutti E., Davoli G., Tinterri R. & Zavala C. - 1996 - *The importance of ancient fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonally active basins*. Mem. Sci. Geol. Padova, **48**, 233-291.
- Nemec W. & Steel R. J. - 1984 - *Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits*. In: "Sedimentology of Gravels and Conglomerates", E. H. Koster and R. J. Steel (Eds.), Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., **10**, 1-31.
- Postma G. - 1984 - *Mass-flow conglomerates in a submarine canyon: Abrija fan-delta, Pliocene, southeast Spain*. In: "Sedimentology of Gravels and Conglomerates", E. H. Koster and R. J. Steel (Eds.), Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., **10**, 237-258.
- Sonu C. J. - 1972 - *Bimodal composition and cyclic characteristics of beach sediment in continuously changing profiles*. J. Sedim. Petrol., **42**, 852-857.

Ms. ricevuto il 6 febbraio 2001

Testo definitivo ricevuto il 26 giugno 2001

Ms. received: February 6, 2000

Final text received: June 26, 2001