

CAPITOLO 7

Architettura deposizionale

La definizione delle architetture deposizionali delle successioni esaminate è stata possibile attraverso la caratterizzazione dei rapporti laterali e verticali tra le associazioni di *facies* ed i sistemi deposizionali riconosciuti.

La correlazione tra le colonne stratigrafiche, sia parallelamente che trasversalmente rispetto all'asse di allungamento del bacino (vedi allegato), ha permesso di evidenziare un generale innalzamento relativo del livello marino (*trend fining-deepening upward*), a cui si accompagnano minori eventi trasgressivo-regressivi (figura 7.1), così come confermato dalle analisi di laboratorio (paleoecologia).

In particolare, sono state riconosciute unità trasgressivo-regressive (Embry & Johannessen, 1992; Helland-Hansen & Martinsen, 1996; Coe, 2003; Storms & Hampson, 2005; Messina *et alii*, 2008), delimitate da *transgressive surface* (Van Wagoner *et alii*, 1988; Van Wagoner, 1995; Bhattacharya, 1993), definite *ravinement surface* (Stamp, 1921; Kidwell, 1989; Saito, 1994; Monstad, 2000; Steel *et alii*, 2000) nelle porzioni in cui hanno carattere erosivo.

Queste unità trasgressivo-regressive, nel complesso costituiscono un apparato deposizionale trasgressivo, poichè conferiscono alla successione un generale *trend* trasgressivo/retrogradazionale (*backstepping*), attraverso il quale si verifica una progressiva

ingressione sul basamento cristallino-metamorfico del margine silano del Bacino del Crati.

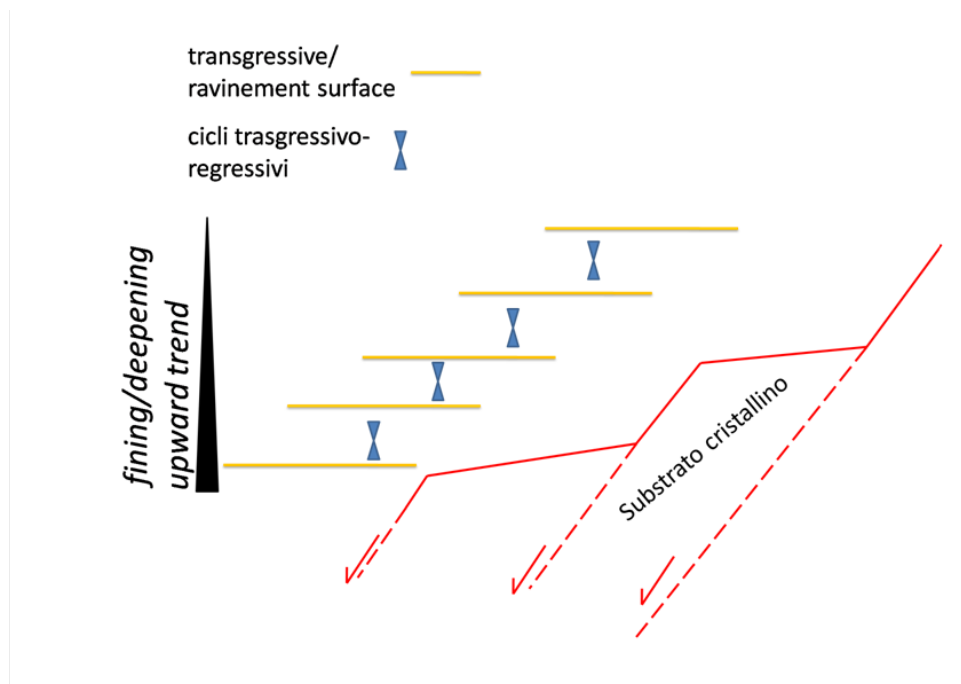


Figura 7.1: Schema semplificato dell'architettura deposizionale delle successioni deltizie, le quali sono costituite da numerose unità trasgressivo-regressive, delimitate da *transgressive surface* e che definiscono un progressivo *backstepping* dei sistemi deposizionali deltizi.

7.1. Unità trasgressivo-regressive:

La fase trasgressiva di ogni unità trasgressivo-regressiva è evidente soprattutto nelle porzioni più distali del sistema deltizio, essendo state riconosciute zone di condensazione nei depositi di prodelta; esse corrispondono, infatti, alla massima profondità raggiunta in sezione verticale, a partire dalla quale ha inizio il trend *coarsening-shallowing upward* dei depositi regressivi.

Diversamente, nelle zone prossimali, il passaggio dai depositi trasgressivi a quelli regressivi è individuato con la superficie o

l'intervallo lungo il quale si apprezzano rapide e, talora, brusche variazioni delle associazioni di *facies*.

I depositi regressivi, in genere, non sono caratterizzati interamente da un classico *trend coarsening-shallowing upward*; infatti, le granulometrie maggiori non sono circoscritte alla parte alta, ma si rinvencono circa nella porzione media, a partire dalla quale si apprezza un lento *trend fining upward* e, di conseguenza, spesso, una leggera tendenza all'approfondimento; questa particolarità è da imputare ai rapporti tra la sedimentazione, la tettonica e l'eustatismo (vedi oltre).

Per spiegare meglio l'evoluzione verticale della successione e le caratteristiche delle unità trasgressivo-regressive, di seguito verrà descritta una delle successioni affioranti con maggiore continuità, rappresentata nella colonna stratigrafica Arente 3, ubicata in destra orografica del F. Arente (figure 7.2 e 7.3).



Figura 7.2: Successione deltizia rappresentata nella colonna stratigrafica della figura successiva.

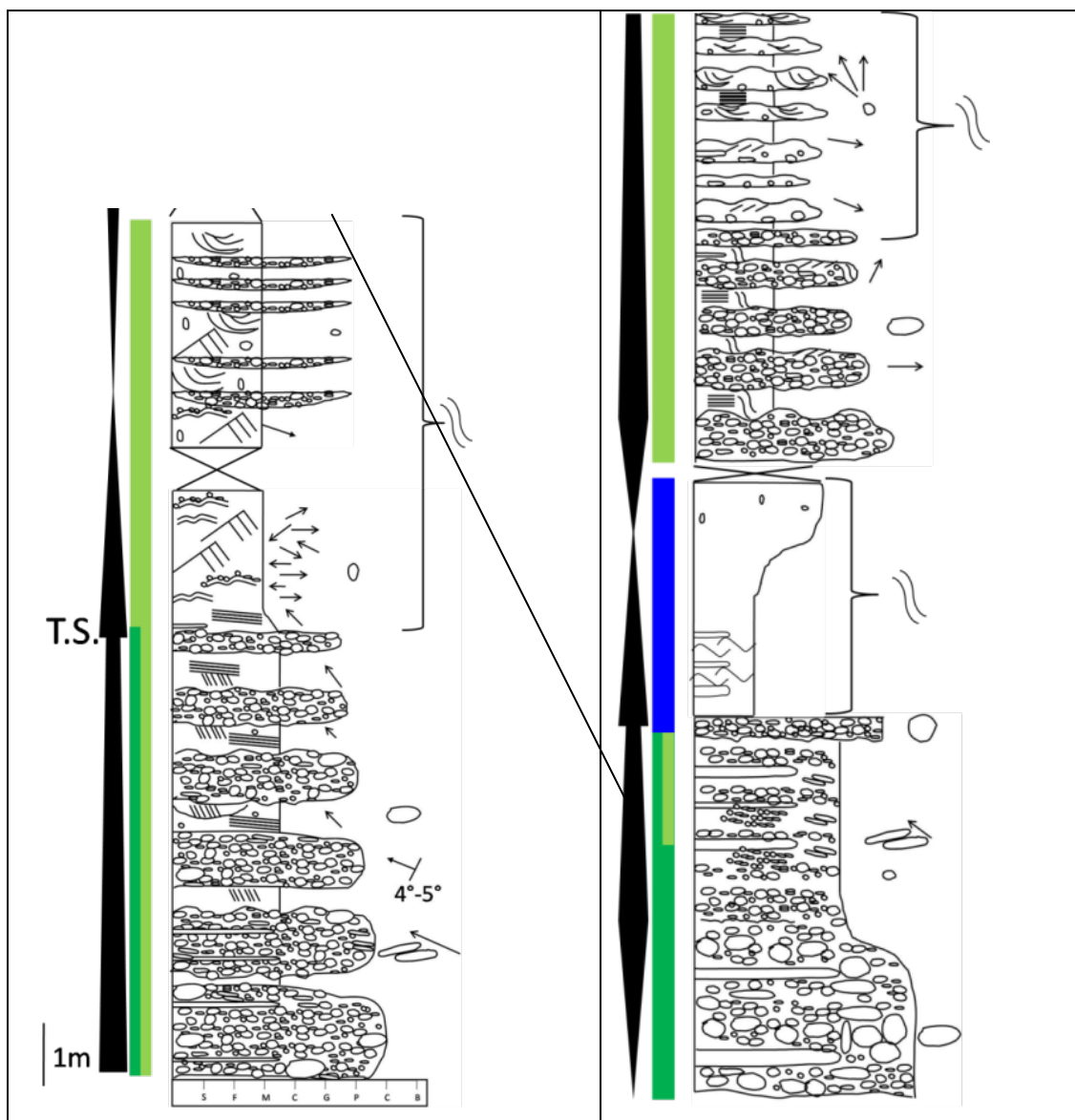


Figura 7.3: Colonna stratigrafica Arente 3, nella quale è evidenziata l'alternanza di fasi trasgressive e regressive; per il significato dei simboli e dei colori si rimanda alla legenda in appendice.

In particolare, procedendo dalla base, si osservano i depositi transizionali tra la piana deltizia superiore e la piana deltizia inferiore che, verso l'alto, passano rapidamente a depositi riferibili all'associazione di piana deltizia inferiore (unità 2 nella figura 7.4).

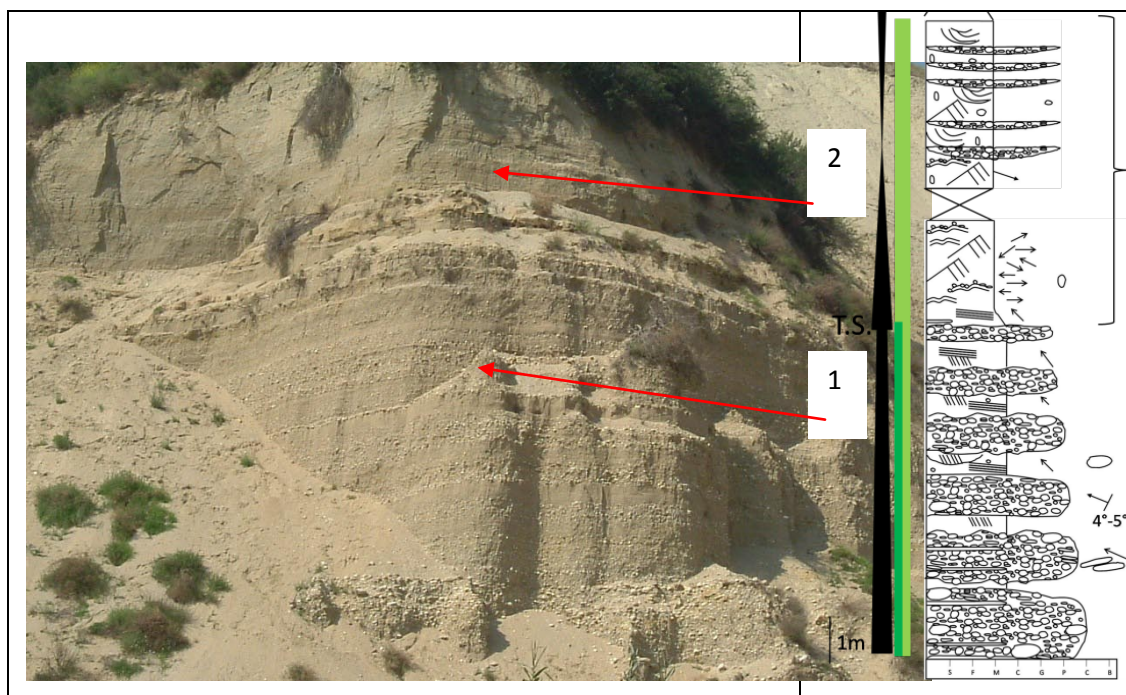


Figura 7.4: Rapido passaggio verticale tra depositi ghiaioso-sabbiosi della subassociazione PDS5 (unità1), passanti rapidamente a depositi sabbiosi di piana deltizia inferiore (unità 2).

Questi ultimi passano gradualmente a ghiaie grossolane riferibili alla piana deltizia superiore, che costituiscono pertanto la porzione regressiva; come detto in precedenza, però, le granulometrie maggiori non si osservano nella parte più alta delle unità trasgressivo-regressive, che, infatti, evidenzia un trend *fining upward* (unità 2 nella figura 7.5).

Il passaggio all'unità successiva coincide con una superficie di erosione (*ravinement surface*) che segna il brusco passaggio a sabbie di fronte deltizia (unità 3 nella figura 7.5), mentre dopo alcuni metri si osserva il passaggio rapido a depositi ghiaioso-sabbiosi di piana deltizia inferiore (figura 7.6); questi ultimi rappresentano, dunque, la porzione regressiva di questa unità, pur essendo caratterizzati da un trend *fining-upward* e da caratteri indicativi di un leggero approfondimento (figura 7.7).



Figura 7.5: Depositi regressivi (unità 2) caratterizzati da un trend *fining-upward* e troncati verso l'alto da una *ravinement surface*, con cui si passa a sabbie di fronte deltizia.

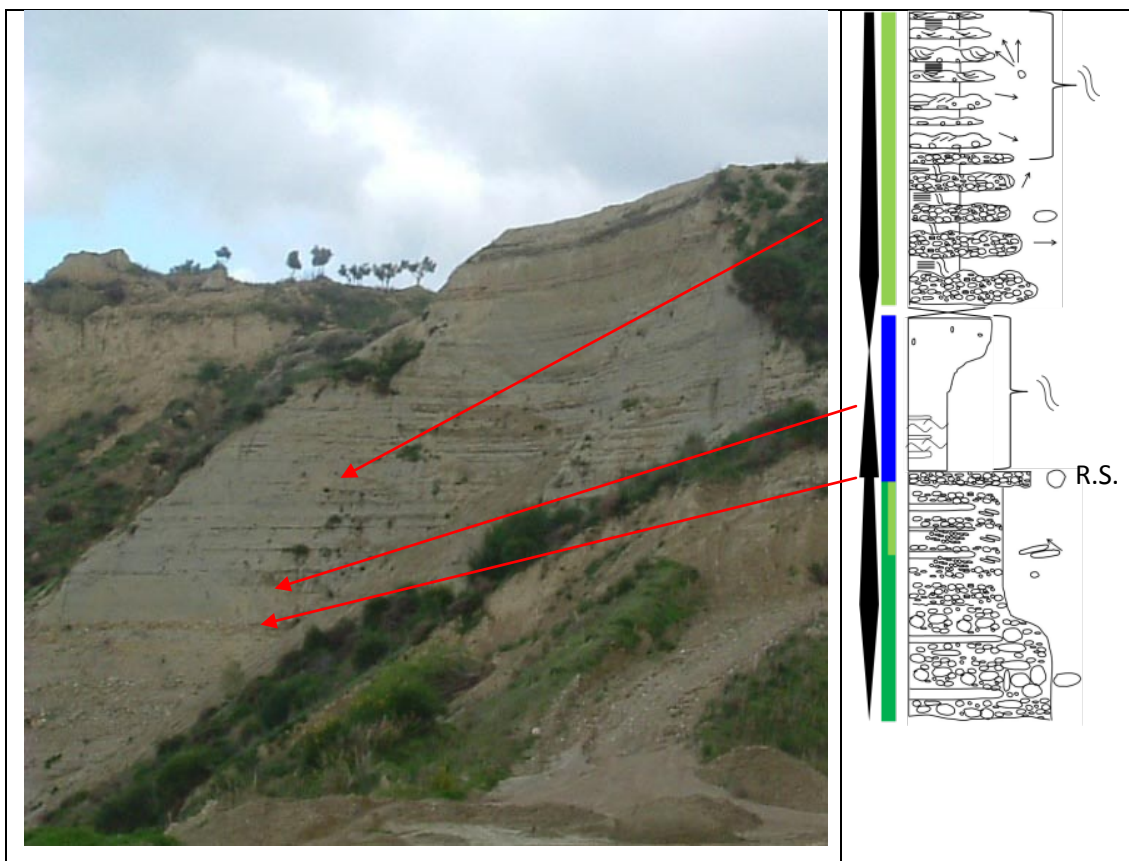


Figura 7.6: Sabbie di fronte deltizia poggianti sulla *ravinement surface* e sovrastate da depositi ghiaioso-sabbiosi di piana deltizia inferiore.

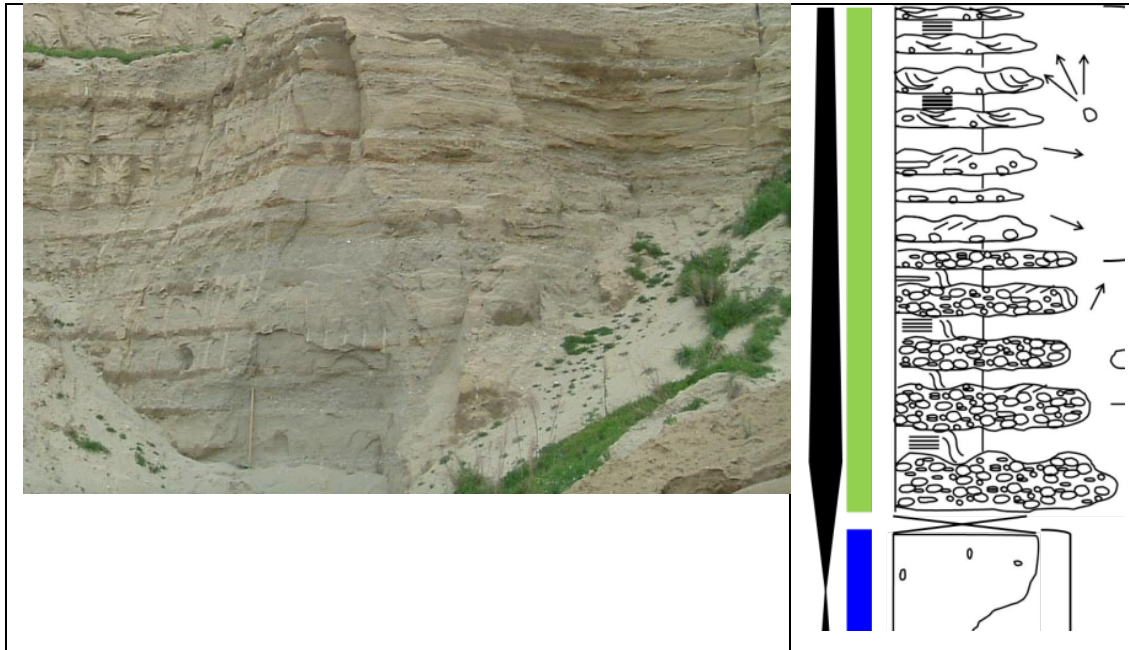


Figura 7.7: Particolare della figura precedente, mostrante il lento *trend fining-deepening upward* dei depositi regressivi dell'unità.

L'unità appena descritta si correla ai depositi basali della sezione Rosa Vetere 6 (figura 7.8), che verso l'alto passano a sabbie riferibili, dal basso verso l'alto, dapprima alla porzione distale e poi alla porzione prossimale della fronte deltizia (unità 4).

Una nuova *transgressive surface* segna, infatti, il passaggio ad un nuovo *trend fining-deepening upward*, marcato alla base da un *hardground*, con il quale si passa a depositi di prodelta (unità 5).

il riconoscimento di una zona di condensazione nella porzione mediana di questi ultimi permette di identificare il passaggio alla porzione regressiva dell'unità, che si chiude con depositi sabbioso-ghiaiosi clinostratificati, interpretati come il *transition slope*.

Infine, in successione si passa nuovamente a depositi di prodelta (unità 6).

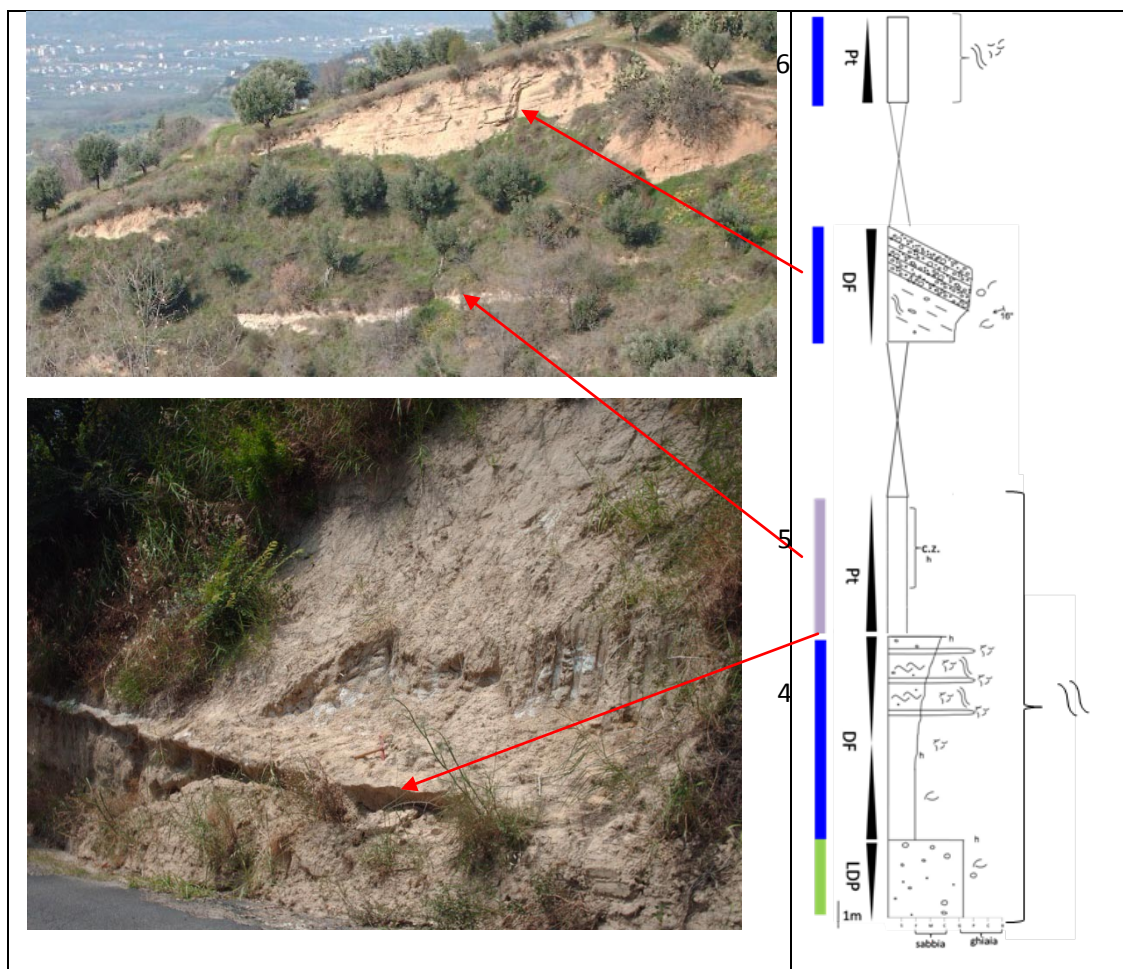


Figura 7.8: Colonna stratigrafica Rosa Vetere 6 lungo la quale è evidenziata una *trasgressive surface* al passaggio tra i depositi di fronte deltizia (unità 4) ed i depositi di prodelta (unità 5), con quest'ultimi passanti verso l'alto ai clinostrati del *transition slope*.

In alcuni casi, i depositi regressivi si presentano poco spessi o addirittura mancano qualora la fase trasgressiva è accompagnata da fenomeni di erosione. A tal proposito la figura 7.9 evidenzia la presenza di sabbie medio-fini trasgressive di piana deltizia inferiore, così come evidenziato dalla presenza di un'*hardground*, che passano in successione a depositi di fronte deltizia e di prodelta, ma il passaggio è marcato da una superficie di erosione interpretata come una *ravinement surface*.

Pertanto, è plausibile che i depositi regressivi siano stati erosi nel corso della fase trasgressiva successiva alla regressione, con conseguente erosione del substrato in annegamento; infatti, la presenza di una *ravinement surface* implica un *gap* erosivo nella successione (Saito, 1994).



Figura 7.9: Colonna stratigrafica Rosa Vetere 4 lungo la quale è individuato un *gap* erosivo, legato probabilmente alla *ravinement surface*, che ha eroso i depositi regressivi relativi alle sabbie poggianti sull'*hardground* (h).

Per le successioni di piana deltizia superiore, il riconoscimento delle unità trasgressivo-regressive è stato possibile in virtù delle correlazioni fatte con le porzioni distali che, in aree prossimali, coincidono con repentine variazioni granulometriche.

Inoltre, quest'ultime sono, talora, correlabili a superfici di erosione che interessano il substrato cristallino.

Una delle successioni più continue di piana deltizia superiore è quella mostrata nella figura 7.10.



Figura 7.10a: Successione di piana deltizia superiore rappresentata nella figura 7.10b.

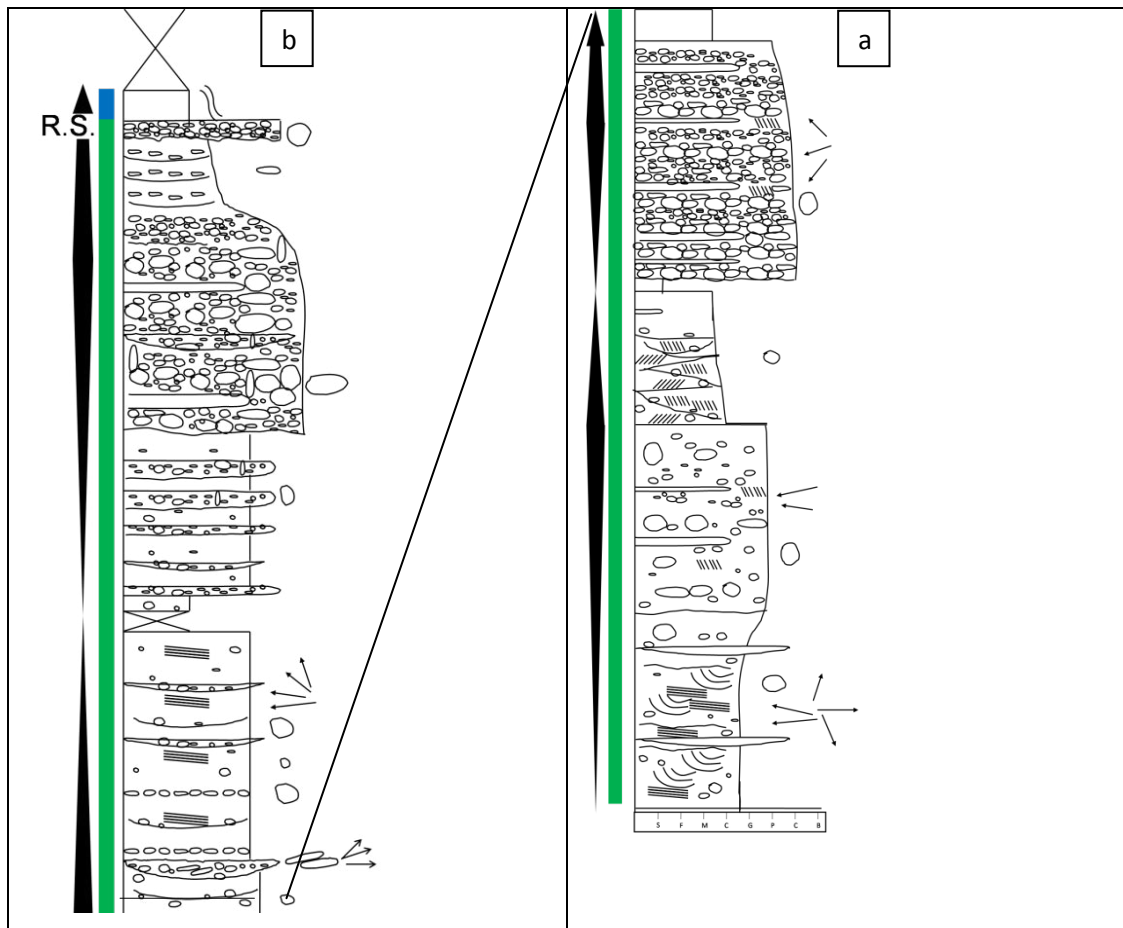


Figura 7.10b: Log stratigrafico-sedimentologici Arente2, rappresentativo della successione di piana deltizia superiore affiorante in destra orografica del Fiume Arente.

Iniziando dal basso (figura 7.11), il trend *coarsening-upward* basale (unità 1) è interrotto da un rapido passaggio verticale da depositi ghiaiosi a sabbiosi, con questi ultimi rappresentativi della porzione trasgressiva dell'unità successiva; essi, infatti, passano, con contatto erosivo, a ghiaie grossolane interpretate, dunque, come i relativi depositi regressivi (unità 2).

Verso l'alto, con passaggio netto, la successione è caratterizzata da depositi sabbiosi (unità 3) che, pochi metri a monte, poggiano con contatto erosivo direttamente sul substrato cristallino-metamorfico, lungo una superficie erosiva di origine marina (figura 7.12).

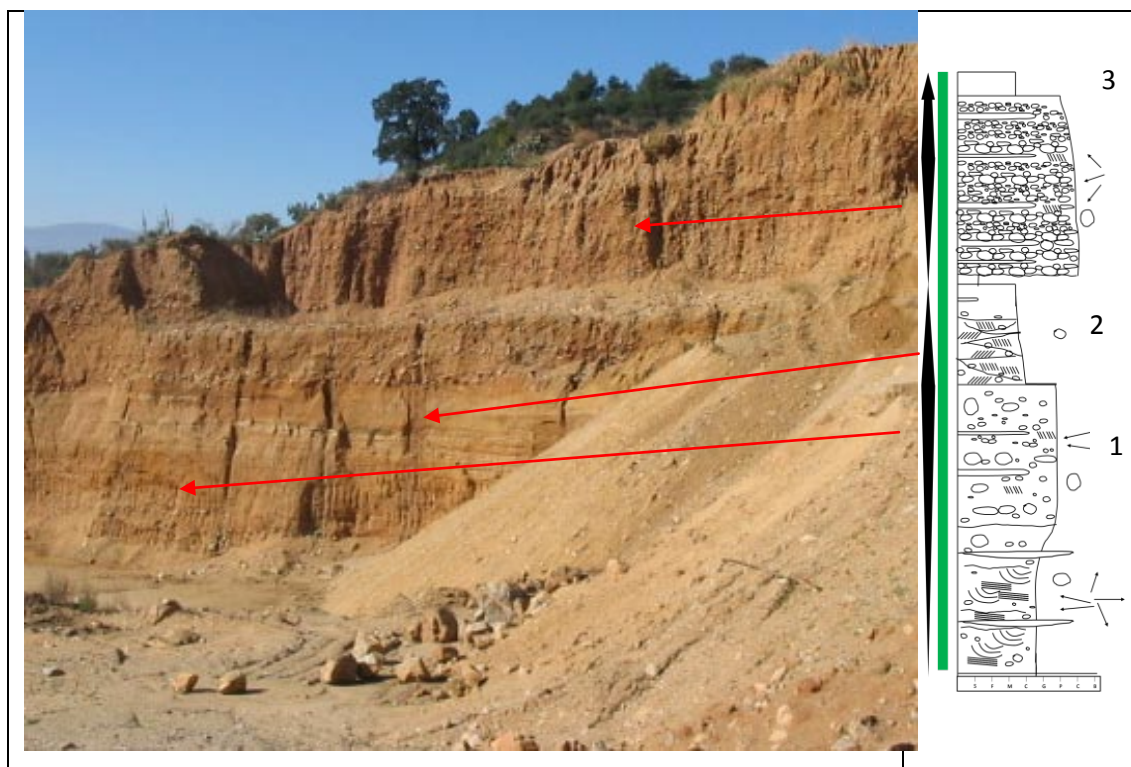


Figura 7.11: Colonna stratigrafica Arente 2a, nella quale sono evidenziate repentine variazioni granulometriche, legate probabilmente all'alternanza delle fasi trasgressivo-regressive.



Figura 7.12: Appoggio dei depositi di piana deltizia superiore sul substrato cristallino-metamorfico del margine silano.

Passando alla colonna Arente 2b (figura 7.13), il *trend fining-upward* basale è sostituito da un trend *coarsening-upward*, in virtù del fatto che le sabbie di piana deltizia superiore sono progressivamente più grossolane e caratterizzate da intercalazioni ghiaiose mediamente più abbondanti verso l'alto, fino alla comparsa di ghiaie grossolane.

Inoltre, come per le successioni distali, le granulometrie maggiori non si rinvencono al *top* dell'unità, in quanto verso l'alto si apprezza un lento *trend fining-upward*.

Infine, il riconoscimento della *ravinement surface* che compare nella parte alta della sezione è molto importante, poiché permette di correlare la successione di piana deltizia superiore descritta con la successione più distale, lungo la quale i depositi grossolani tagliati da questa superficie erosiva poggiano su depositi di piana deltizia inferiore (vedi sopra colonna Arente 3, al passaggio tra le unità 2 e 3).

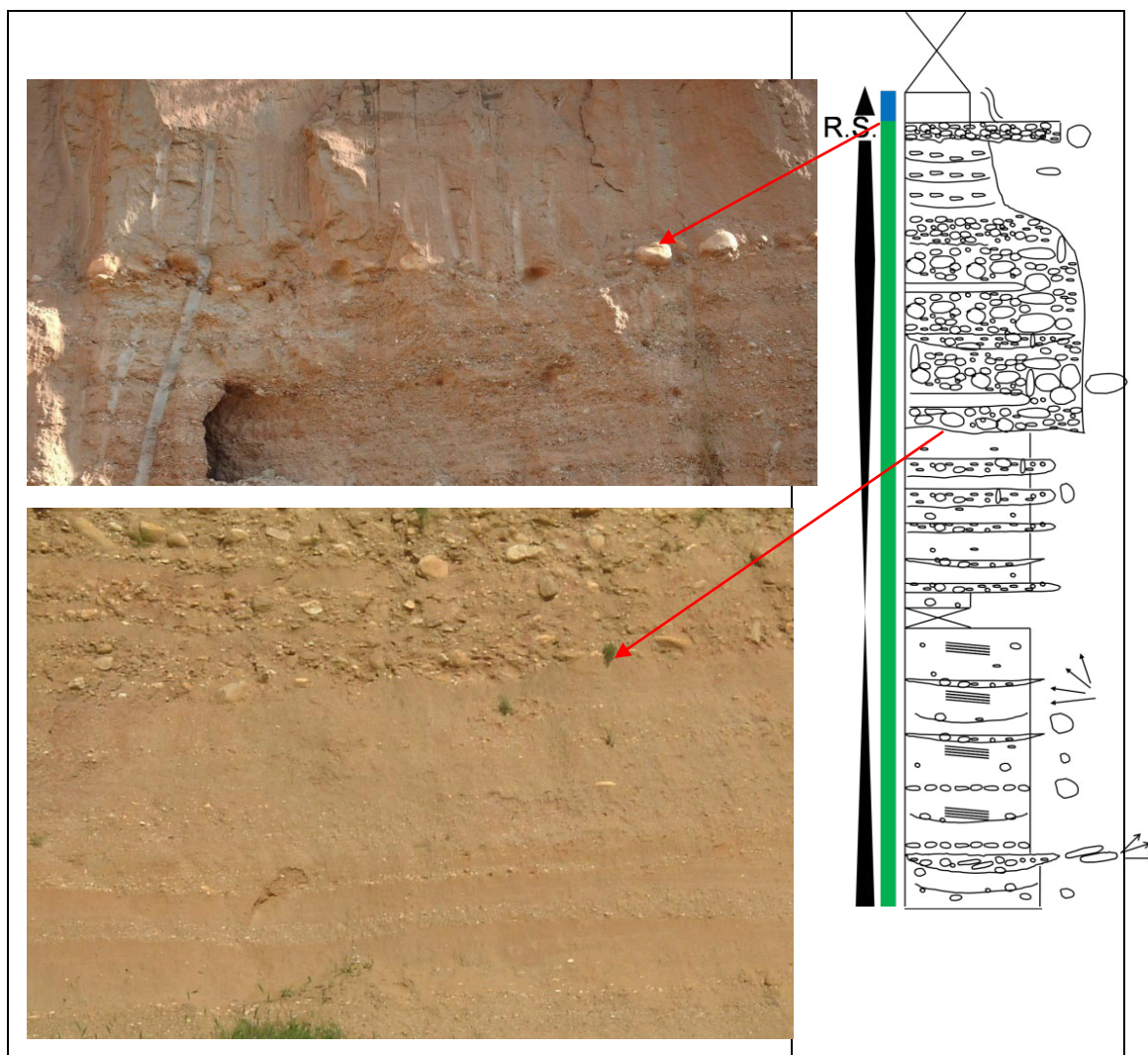


Figura 7.13: Colonna Arente 2b lungo la quale i depositi di piana deltizia superiore sono tagliati da una *ravinementsurface*, che permette la correlazione con le successioni distali.

Nel complesso, i rapporti laterali (longitudinali) tra i depositi di piana deltizia superiore e i depositi distali ed, in particolare, la correlazione fisica tra le unità trasgressivo-regressive e le rapide variazioni granulometriche osservabili nei primi, fa ipotizzare che queste ultime siano da imputare, ai rapporti tra la sedimentazione, l'eustatismo e la tettonica.

Alla luce dell'alternanza delle fasi trasgressivo-regressive, gli strati del *transition slope*, considerata la loro posizione nelle successioni

esaminate, sono interpretabili come la parte frontale di cunei progradanti (*prograding wedge sensu* Massari *et alii*, 1999); infatti, la comparsa di strati mediamente più inclinati avviene sempre successivamente ad un evento trasgressivo, così come apprezzabile per la sezione di figura 7.14.

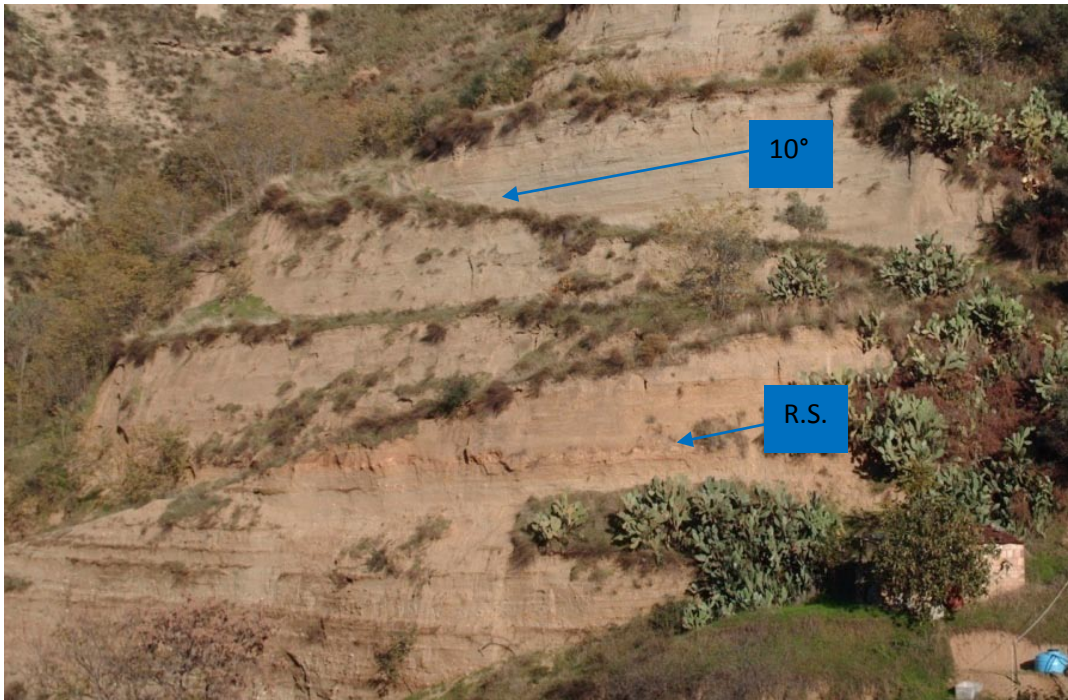


Figura 7.14: Strati mediamente più inclinati (circa 10°) discordanti rispetto a sabbie di fronte deltizia poggianti su una *ravinement surface* (R.S.).

Alla luce delle geometrie dei corpi deposizionali, emerge che nel corso delle fasi trasgressivo-retrogradazionali il profilo deposizionale del sistema deltizio è a basso gradiente, così come in un classico sistema deltizio di tipo *shelf-type* (Colella, 1988); diversamente, nel corso delle fasi regressivo-progradazionali, con l'accrescimento e la progradazione di lobi deltizi, si individua una rottura di pendenza più o meno marcata (figura 7.15).

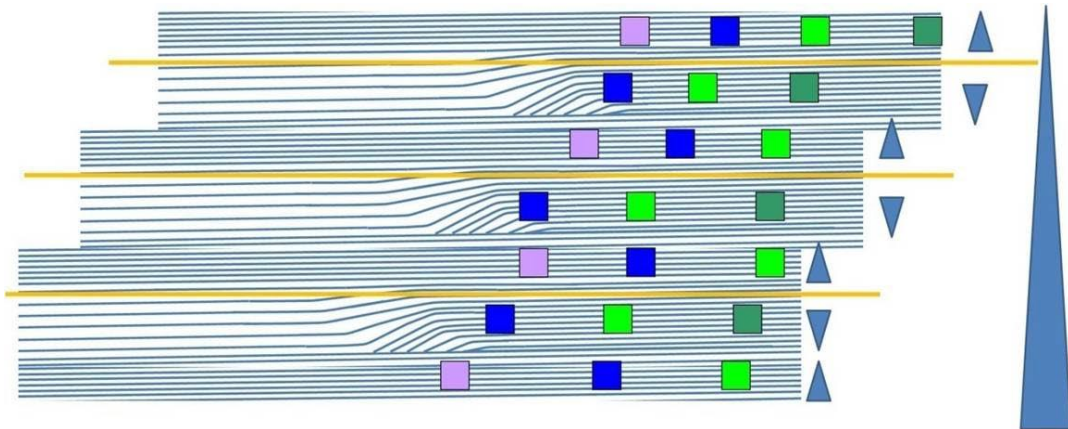


Figura 7.15: Schema dell'alternanza di fasi trasgressivo-regressive, accompagnata dall'alternanza di due tipi di geometrie lungo le successioni deltizie.

Inoltre, la maggiore o minore inclinazione del *transition slope* e in generale il suo sviluppo, potrebbe dipendere sia dalla durata della fase regressivo-progradazionale, sia dalla quantità di spazio di accomodamento prodotto nel corso della fase trasgressivo-retrogradazionale.

7.2. Controllo eustatico e tettonico sull'architettura deposizionale:

La generale tendenza trasgressiva delle successioni clastiche esaminate è indicativa del fatto che la sedimentazione è stata influenzata dal generale innalzamento relativo del livello marino, da imputare alla subsidenza del bacino.

Il controllo tettonico è altresì suggerito dalla presenza delle articolazioni del substrato cristallino-metamorfico, che rappresentano scarpate di faglia sature dai depositi deltizi.

Allo stesso tempo, la deposizione appare essere stata influenzata dall'eustatismo ed in virtù del fatto che le successioni clastiche

esaminate risultano essere non più antiche dell'Emiliano, va considerato che il Pleistocene inferiore è caratterizzato da modeste oscillazioni eustatiche, che ben si correlano al riconoscimento delle unità trasgressivo-regressive.

Infatti, nonostante per il Pleistocene inferiore non sia disponibile una curva delle oscillazioni eustatiche, che è ben definita solo per gli ultimi 140.000 anni e con più approssimazione negli ultimi 340.000 anni, (Chappell, 1994; Chappell *et alii*, 1996), confrontando la relativa curva delle variazioni climatiche basata sugli stadi isotopici dell'ossigeno, con quella del Pleistocene inferiore, è stato ipotizzato che quest'ultimo è caratterizzato da oscillazioni eustatiche dell'ordine di poche decine di metri (Shackleton, 1987; Williams *et alii*, 1988; Pillans *et alii*, 1988).

Pertanto, se consideriamo una curva relativa del livello marino del tipo rappresentato in figura 7.16, i tratti a maggiore e minore inclinazione corrispondono, rispettivamente, alla somma algebrica "subsidenza+innalzamento eustatico" e "subsidenza-abbassamento eustatico".

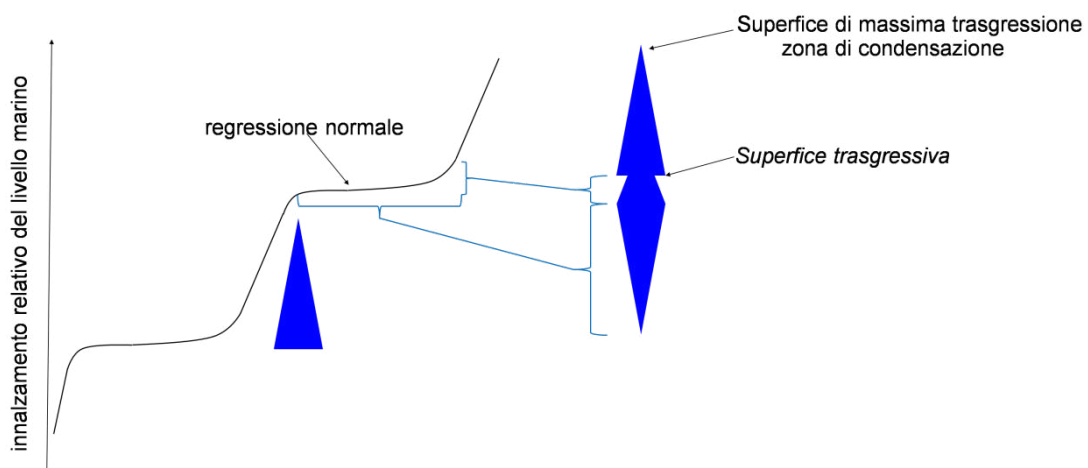


Figura 7.16: Curva delle variazioni relative del livello marino ipotizzate per le successioni deltizie analizzate.

In particolare, durante la fase trasgressiva il tasso di creazione di spazio per i sedimenti eccede gli apporti sedimentari, con conseguente geometria retrogradazionale.

Il passaggio dai depositi trasgressivi a quelli regressivi è rappresentato da una superficie di massima trasgressione (*surface of maximum transgression*, Helland-Hansen & Gjelberg, 1994; Posamentier *et alii*, 1988; Galloway, 1989), ovvero la massima profondità raggiunta in sezione verticale, così come messo in evidenza dai caratteri stratigrafico-sedimentologici, confermati da analisi di laboratorio (*hardgrounds*).

Il tratto di curva successivo corrisponde alla fase di regressione normale e si presenta a bassa inclinazione, invece che orizzontale, poiché i depositi regressivi presentano il loro massimo granulometrico non al *top*, caratterizzato, invece, da un leggero *trend fining upward* (talora *deepening*); ciò è avvalorato, inoltre, dalla diminuzione di inclinazione dei clinostrati del *transition slope*, che si verifica verso il *top* delle unità trasgressivo-regressive (figura 7.17).



Figura 7.17: Progressiva diminuzione di pendenza verso l'alto stratigrafico dei clinostrati del *transition slope*.

Pertanto, le fasi regressive corrispondono ad un periodo di scarso innalzamento relativo del livello marino, o comunque di stasi, nel corso del quale la sedimentazione dapprima riesce a compensare l'innalzamento (progradazione) per poi avere ritmi inferiori che determinano un *trend* retrogradazionale nella porzione alte delle unità trasgressivo-regressive.

In considerazione di quanto detto, nell'area di studio, il concetto di parasequenza non può essere applicato nella sua più stretta accezione, essendo le unità in esame caratterizzate da una parte trasgressiva ed una regressiva e non da un continuo *trend shallowing-coarsening upward* (Van Wagoner *et alii*, 1990; Swift *et alii*, 1991; Posamentier & Allen, 1993; Helland-Hansen & Martinsen, 1996; Coe, 2003; Storms & Hampson, 2005).

Per tali motivi, il *building block*, ovvero il "mattoncino" delle successioni in esame, è stato definito unità trasgressivo-regressiva o in alternativa, sequenza di alto-ordine (*high-order-sequence*), poiché essa rappresenta l'espressione locale di cicli eustatici (*high-order eustatic cycles*, Helland-Hansen & Martinsen, 1996; Coe, 2003; Storms & Hampson, 2005; Messina *et alii*, 2008).

Relativamente alla seconda definizione, va considerato che le lungo le successioni analizzate sono assenti superfici erosive di tipo *subaerial unconformity* e ciò, alla luce di quanto visto sopra, si spiega attraverso il fatto che il Pleistocene inferiore è caratterizzato da modeste variazioni eustatiche, con gli abbassamenti che sono stati ulteriormente inibiti dalla subsidenza.

7.3. Depositi alluvionali:

I depositi alluvionali costituiscono la parte alta delle successioni esaminate, poggiando con contatto erosivo-discordante sui depositi deltizi (figura 7.18).



Figura 7.18: Superficie erosiva al passaggio tra depositi deltizi e alluvionali.

In particolare, sono stati riconosciuti sia alle quote più elevate del cuneo sedimentario affiorante nell'area di studio, sia incastrati nelle successioni deltizie a diverse quote.

Nel primo caso, affiorano nelle porzioni più orientali dell'area di studio e sia in senso longitudinale che trasversale rispetto all'asse della Valle del Crati. Gli affioramenti sono estesi lateralmente da poche decine di metri a qualche centinaio di metri; verso monte, si raccordano con i ripidi versanti costituiti dal substrato cristallino-metamorfico, mentre verso valle terminano bruscamente ed appaiono sospesi sulle successioni deltizie (figura 7.19).



Figura 7.19: Depositi alluvionali (rosso), che giacciono con contatto erosivo su una successione deltizia (blu); l'ovest è verso l'osservatore.

Verso ovest, i depositi alluvionali sono presenti esclusivamente a quote più basse e costituiscono dei cunei incastrati nei depositi deltizi, la cui presenza è spesso evidenziata dalla topografia a basso gradiente, tipica di terrazzi fluviali (figura 7.20).



Figura 7.20: Terrazzo fluviale nella valle del Fiume Arente.

Per quanto concerne il significato stratigrafico-deposizionale di questi intervalli alluvionali, essi appaiono legati ad un evento improvviso, che determina l'instaurarsi di una rapida fase regressiva.

In particolare, quest'ultima, a differenza delle regressioni normali riconosciute nelle successioni deltizie, non sembra avere un significato eustatico, data la brusca comparsa dei depositi alluvionali.

Nello schema della stratigrafia sequenziale di Vail *et alii* (1977), il *transgressive system tract* passa all'*highstand system tract* (apparato deposizionale di stazionamento alto), costituito dai depositi legati alla fase finale della trasgressione, allo stazionamento alto ed alla fase iniziale della caduta relativa del livello marino; esso è caratterizzato da un tasso di innalzamento relativo del livello marino che diminuisce nel tempo e che si traduce nella formazione di una geometria dapprima aggradazionale e successivamente progradazionale, in rapporto di *downlap* rispetto alla superficie di massima ingressione (*maximum flooding surface*).

Diversamente, nel caso in esame, le successioni deltizie mantengono il loro carattere trasgressivo-retrogradazionale per tutto il loro spessore e ciò porta a ipotizzare che la comparsa dei depositi alluvionali sia legata ad un improvviso e rapido abbassamento relativo del livello marino. Quest'ultimo appare legato ad un evento tettonico, il quale, considerando che le successioni pelitiche analizzate datano Pleistocene inferiore, viene plausibilmente identificato con il veloce sollevamento del Bacino del Crati e dei suoi margini, documentato nell'area in esame a partire dal Pleistocene medio (figura 7.21); infatti, per quest'ultimo sono stati calcolati tassi di sollevamento dell'ordine di almeno 1-1,1mm/anno negli ultimi 700.000 anni (Tortorici *et alii*, 1995; Tansi *et alii*, 2005).

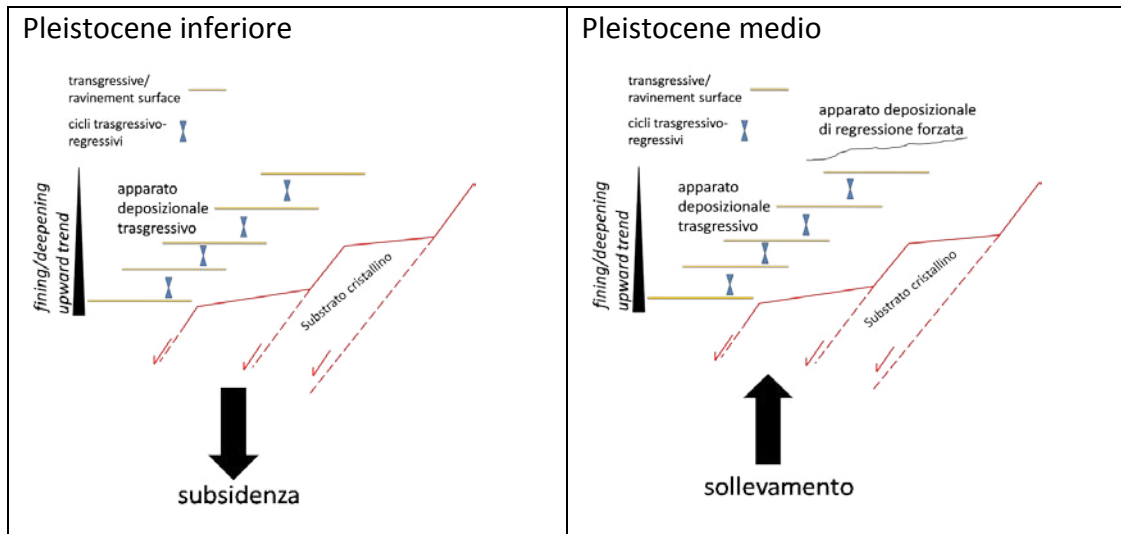


Figura 7.21: Schema mostrante l'appoggio erosivo dei depositi alluvionali sulle successioni deltizie, come conseguenza del sollevamento del bacino.

In conclusione, alla luce di ciò, da un punto di vista stratigrafico-sequenziale, le successioni alluvionali sono comparabili ad un apparato deposizionale di regressione forzata (*forced regression systems tract* o *falling stage systems tract*, Hunt & Tucker, 1992; Helland-Hansen & Gjelberg, 1994; Hunt & Tucker, 1995; Plint & Nummedal, 2000; Catuneanu, 2002).