

I TRAVERTINI DELL' ITALIA CENTRALE ADRIATICA: GENESI, CRONOLOGIA, SIGNIFICATO GEOMORFOLOGICO E PALEOAMBIENTALE

Farabollini Piero¹, Materazzi Marco¹, Miccadei Enrico² & Piacentini Tommaso²

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Camerino - piero.farabollini@unicam.it

²Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi "G. D'Annunzio" di Chieti - miccadei@unich.it

RIASSUNTO: Farabollini P., Materazzi M., Miccadei E. & Piacentini T., *I travertini dell'Italia centrale adriatica: genesi, cronologia e significato geomorfologico e paleoambientale*. IT ISSN 0394-3356, 2004.

Nella parte adriatica dell'Italia centrale depositi travertinosi sono presenti in alcuni affioramenti principali e in una serie di affioramenti minori, distribuiti essenzialmente lungo il fronte della catena appenninica calcarea e in corrispondenza della sua fascia pedemontana. Gli affioramenti principali, in particolare, sono distribuiti a diverse quote, da circa 150 m a oltre 900 m s.l.m.; essi inoltre sono disposti, in generale, in appoggio su un substrato calcareo o terrigeno miocenico-pliocenico o sui depositi pliocenico-quadernari, ed in differente correlazione con i depositi continentali quadernari che caratterizzano le valli di alcuni dei principali corsi d'acqua del versante adriatico (Fiume Esino, Fiume Potenza, Fiume Chienti, Fiume Tronto, Fiume Pescara, Fiume Salinello, Fiume Alento e Fiume Foro).

Quasi tutti gli affioramenti studiati evidenziano la presenza di una placca travertinosa in discordanza stratigrafica con il substrato o in successione su depositi prevalentemente grossolani di origine fluviale alternati a facies fluviali di minor spessore caratterizzate da stratificazione piano -parallela ed incrociata, gradazioni, ecc.

I depositi di travertino, in particolare, sono caratterizzati da travertini fitoermali talvolta alternati a sabbie e ghiaie calcaree fitoclastiche, ad indicare la presenza di ambienti deposizionali ad "alta energia" localmente associati ad ambienti di acque "calme" generalmente di tipo palustre-lacustre.

Per quanto riguarda la cronologia dei depositi, di cui alcuni oggetto di recenti datazioni, essi indicano età a partire dal Pleistocene superiore all'Olocene antico (Sefro, Pioraco, Serrapetrona); altri depositi, invece, la cui datazione è stata basata su correlazioni con altri depositi continentali quadernari, sono attribuibili al Pleistocene medio (Montepiano e Civitella del Tronto).

Tutte le aree analizzate, pur presentando depositi di estensione e spessore differenti, nonché diverse caratteristiche idrochimiche delle acque circolanti, mostrano tuttavia lineamenti comuni, molto significativi al fine della ricostruzione dei meccanismi e degli ambienti deposizionali e del contesto climatico. Caratteristica comune a tutti i depositi infatti è la messa in posto in ambiente tipicamente fluviale, sia per la loro disposizione (perlopiù simmetrica e parallela all'asse fluviale), sia per la presenza spesso di strutture tipiche da trasporto che per gli stretti rapporti con i depositi alluvionali presenti lungo l'alveo.

Nel presente lavoro, oltre a descrivere le caratteristiche deposizionali dei diversi depositi travertinosi presenti nell'area adriatica, e la loro collocazione cronologica, viene proposta una classificazione che, diversamente da quelle esistenti in letteratura, tiene conto di ambienti deposizionali e condizioni morfologiche particolari e più o meno localizzate.

ABSTRACT: Farabollini P., Materazzi M., Miccadei E. & Piacentini T., *The travertines of the adriatic central Italy: genesis, chronology and geomorphological and palaeoenvironmental significance*. IT ISSN 0394-3356, 2004.

In the Adriatic side of Central Italy, travertines are present in few main and in several minor deposits, mainly distributed along the calcareous Apennine chain and the piedmont belt. Main deposits are located at different heights, from about 150 m up to 900 m a.s.l. They usually overlie calcareous or Miocene-Pliocene terrigenous bedrock or alternatively Pliocene-Quaternary deposits and are differently related with Quaternary continental deposits, characterizing the main river valleys of the Adriatic side of Central Italy (Esino, Potenza, Chienti, Tronto, Pescara, Salinello, Alento and Foro rivers).

Almost all deposits are constituted by a travertine plate discordant with bedrock or in succession with coarse fluvial deposits alternating with minor planar or through cross bedded facies, etc..

Travertine bodies are constituted by groups of lithofacies, evidencing different depositional mechanisms and environments; phytohermal facies, sometimes intercalated by phytoclastic gravels and sands, progressively changing valley-ward and upward, testify high energy environments locally alternated to low energy ones.

Concerning the chronology of deposits (some of these recently dated), they indicate age starting from upper Pleistocene up to early Holocene (Sefro, Pioraco, Serrapetrona); other deposits, whose age is assumed on relationship with other Quaternary continental deposits, are attributed to middle Pleistocene (Montepiano and Civitella del Tronto).

All sites, even though showing deposits with different extension and thickness and different hydrochemical characteristics of circulating waters, have very significant common features, to reconstruct climatic context and depositional mechanisms and environment: typical fluvial environment, symmetric location with respect to river axis, presence of typical structures and close relationships with alluvial deposits.

The present work, together with the description of chronology and main depositional mechanisms of the above deposits, also propose a new classification that, differently from other classifications in literature, also consider depositional environments with different, and more or less localized, morphological conditions.

Parole chiave: Deposizione travertinosa, Italia centrale adriatica; Quaternario.

Keywords: Travertine deposition; Adriatic side of Central Italy; Quaternary.

1. INTRODUZIONE

Il problema della deposizione travertinosa nel versante adriatico dell'Italia centrale è stata affrontata da numerosi autori (BONI & COLACICCHI, 1966; CIPRIANI *et al.*, 1977; CILLA *et al.*, 1994; CALDERONI *et al.*, 1996a e b; MATERAZZI, 1996; CARRARA, 1998; DRAMIS *et al.*, 1999; LOMBARDO *et al.*, 2001; FARABOLLINI *et al.*, 2003) ed altrettanto numerosi sono i lavori, a carattere generale, che tentano di classificare i vari depositi sulla base delle loro caratteristiche litologiche e tessiturali (BUCCINO *et al.*, 1978; CHAFETZ & FOLK, 1984; FERRERI, 1985; D'ARGENIO & FERRERI, 1986; PEDLEY, 1990; D'ARGENIO & FERRERI, 1992; GOLUBIC *et al.*, 1993; PENTECOST & VILES, 1994; PENTECOST, 1995; VIOLANTE *et al.*, 1994; 1996). Tali classificazioni tuttavia non sono sempre funzionali alla descrizione dei depositi riconosciuti nell'area umbro-marchigiano-abruzzese.

I travertini sono sistemi carbonatici la cui deposizione si verifica in ambiente continentale e risulta controllata dall'interazione tra fattori fisici, chimici e biologici e modificazioni ambientali a seguito della loro deposizione (VIOLANTE *et al.*, 1994). Essi sono edifici complessi e comprendono una grande varietà di forme associate spesso alla presenza, attiva o passiva, di organismi diversi, come batteri, alghe, muschi, o resti vegetali (CHAFETZ & FOLK, 1984 e relativa bibliografia; GOLUBIC *et al.*, 1993 e relativa bibliografia).

Studi microstrutturali hanno evidenziato che i processi di incrostazione sono prevalentemente controllati da alghe (es: *Oocardium stratum*) e cianobatteri (es: *Phormidium incrustatum*) in analogia con quanto riportato da diversi autori per diverse aree studiate (CHAFETZ & FOLK, 1984 e relativa bibliografia; GOLUBIC *et al.*, 1993 e relativa bibliografia; MATERAZZI 1996 e relativa bibliografia).

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva degli organismi che esercitano un controllo primario sulla deposizione dei travertini (Tab. 1) distinguendo le specie che rivestono effettivamente un ruolo attivo nei processi di precipitazione (sottolineate in Tab. 1) da quelle che fungono solamente da "impalcature"; sono inoltre evi-

denziate le specie individuate nelle aree di studio (asterischi in Tab. 1, su sfondo grigio quelle più frequenti).

Il presente lavoro si basa sull'analisi e il confronto, condotti mediante rilevamenti geomorfologici e analisi di dettaglio, delle caratteristiche deposizionali e geomorfologiche dei travertini dell'area marchigiano-abruzzese, inquadrando, ove possibile, la loro collocazione cronologica.

Si propone in particolare un tentativo di classificazione dei travertini che si differenzia da quelli presenti in letteratura tenendo conto di ambienti deposizionali e condizioni morfologiche particolari, facendo riferimento alle situazioni più significative individuate nell'area.

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

L'area esaminata è delimitata ad occidente dalla catena appenninica, ad oriente dall'area costiera adriatica, a nord e a sud rispettivamente dal Fiume Esino e dal Fiume Pescara (Fig. 1).

Sulla base delle caratteristiche fisiografiche, geomorfologiche e strutturali, si possono distinguere due settori diversi: la catena appenninica (in particolare la sua porzione più orientale) e la fascia pedemontana, fino a ridosso dell'area costiera.

L'area di catena è caratterizzata da una serie di dorsali montuose allineate in direzione da NWSE a NS con sommità sempre superiori a 2000 m, in terreni essenzialmente calcarei, calcareo-marnosi e marnosi, giurassico-paleogenici. Le dorsali sono interrotte da profonde valli trasversali solcate dai principali corsi d'acqua (F. Potenza, F. Chienti, F. Tronto, F. Salinello, F. Pescara). L'assetto strutturale è costituito da sovrascorrimenti a vergenza E e NE che determinano la sovrapposizione di litotipi di natura calcarea su litotipi arenaceo-argillosi (PAROTTO & PRATURLON, 1975; DEIANA & PIALLI, 1992; GHISSETTI *et al.*, 1994; D'ALESSANDRO *et al.*, 2002).

La fascia pedemontana presenta un rilievo collinare che degrada dalla catena all'area costiera con

Tabella 1 - Tabella riassuntiva degli organismi che esercitano un controllo primario sulla deposizione dei travertini: le specie sottolineate rivestono effettivamente un ruolo attivo nei processi di precipitazione, mentre le altre fungono solamente da "impalcature"; gli asterischi invece indicano le specie individuate nelle aree di studio (su sfondo grigio quelle più frequenti).

Table of organisms exercising primary control on travertine deposition: undersigned species have a real active role on precipitation processes while the others have only the function of "scaffolding"; the stars indicate species recognized in the study area (the most frequent species inside grey boxes).

CIANOFICEE	XANTOFICEE	ZIGOFICEE	BRIOFITE
<i>Gloeocapsa sanguinea*</i>	<i>Vaucheria*</i>	<i>Oocardium stratum</i>	<i>Bryum pallens*</i> , <i>pseudotriquetrum</i>
<i>Homoeothrix janthina*</i> , <i>crustacea</i>		<i>Spirogyra</i>	<i>Cratoneuron commutatum*</i>
<i>Lyngbya martensiana calcarea*</i>		<i>Zygnema</i>	<i>Didymodon tophaceus*</i>
<i>Phormidium incrustatum*</i>	DIATOME*		<i>Eucladium verticillatum*</i>
<i>Pleurocapsa</i>		CLOROFICEE	<i>Hymenostylium curvirostre*</i>
<i>Rivularia haematites*</i>		<i>Gongrosira incrustans*</i>	<i>Horthothecium rufescens*</i>
<i>Schizothrix lacustris, lateritia, pulvinata, fasciculata</i>			<i>Gymnostomum calcareum*</i>
<i>Scytonema myochrous*</i> , <i>julianum</i>			<i>Brachytecium rivulare*</i>

quote che vanno da oltre 1000 m a poche centinaia verso la costa. I rilievi sono costituiti da dorsali isolate, legate alla culminazione di terreni calcarei meso-cenozoici, e da rilievi tipo mesa, cuesta e plateaux, impostati su litotipi terrigeni essenzialmente arenaceo-pelitici e pelitico arenacei, con intercalazioni di orizzonti conglomeratici (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1969; CANTALAMESSA *et al.*, 1986; CENTAMORE *et al.*, 1991; FARABOLLINI, 1995; D'ALESSANDRO *et al.*, 2002). Questi hanno età riferibile all'intervallo che va dal Miocene superiore al Pleistocene inferiore e rappresentano il riempimento di bacini di avanfossa e di piggy-back, via via più recenti spostandosi da ovest verso est, e depositi di chiusura (ORI *et al.*, 1991; BIGI *et al.*, 1995).

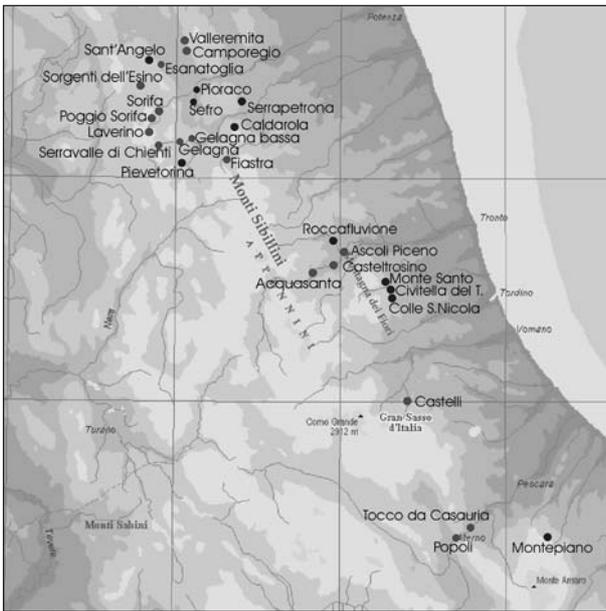


Fig. 1 - Ubicazione dei principali depositi travertinosi (in grigio) dell'Italia centrale adriatica. In nero sono riportati i depositi travertinosi descritti nel presente lavoro.

Location of main travertine deposits (grey points) of the adriatic central Italy. Black points indicate travertine deposits described in the present work.

La strutturazione dell'area è avvenuta tra il Pliocene e il Pleistocene (CALAMITA *et al.*, 1991 e relativa bibliografia; BIGI *et al.*, 1995). Dapprima una fase compressiva ha portato alla messa in posto dei principali sistemi di sovrascorrimenti nell'area di catena coinvolgendo progressivamente nell'accavallamento anche i termini di avanfossa via via più orientali. Successivamente, alla fase compressiva, ha fatto seguito una attività tettonica distensiva quaternaria, accompagnata da un sollevamento generalizzato (DRAMIS, 1992). Nel settore di catena si sono sviluppati importanti sistemi di faglie a direzione NWSE e NS con rigetti molto elevati che bordano le principali dorsali e hanno portato alla formazione di ampie conche intermontane. Nell'area pedemontana si sono create faglie dirette, anch'esse a direzione da appenninica a NS, ma in genere con rigetti modesti.

Questi fenomeni determinano un importante condizionamento nella morfogenesi dell'area marchigiano-abruzzese e in particolare nell'impostazione e nell'evo-

luzione del reticolo idrografico e nella distribuzione e tipologia dei processi gravitativi (DRAMIS, 1992; FARABOLLINI, 1995).

In particolare il settore di catena presenta una morfologia piuttosto aspra sulla quale le sequenze climatiche quaternarie hanno esercitato una influenza notevole, lasciando tracce molto evidenti, date da versanti regolarizzati e detriti stratificati di versante, quest'ultimi prodotti da gelifrazione su versanti denudati dalla copertura vegetale e messi in posto da ruscellamento e movimenti di massa superficiali. La gravità ha infatti svolto e svolge un ruolo molto importante: le evidenze più spettacolari si osservano sui versanti orientali dell'area di catena, dove è possibile riconoscere corone di frana, soprattutto di crollo, a monte delle quali si sono prodotte fessure, gradini, trincee, ondulazioni ed una intensa fratturazione degli strati (DRAMIS *et al.*, 1982; FARABOLLINI, 1995).

Alla sommità dei rilievi sono stati riconosciuti, in limitati lembi di piccola estensione, i resti della paleosuperficie sommitale, la cui frammentazione e dislocazione a quote diverse è da attribuire alla successiva tettonica distensiva ed al sollevamento dell'area, particolarmente intenso e generalizzato a partire dalla fine del Pleistocene inferiore (DRAMIS *et al.*, 1982; CENTAMORE *et al.*, 1983; DRAMIS, 1992; COLTORTI & PIERUCCINI, 2000 e relativa bibliografia). Alla base del rilievo calcareo, incassata nella superficie precedentemente descritta, è riconoscibile una seconda superficie di spianamento, attribuita dal DEMANGEOT (1965) al Villafranchiano. Essa è stata riconosciuta in tutta l'area esaminata, in corrispondenza dei depositi mio-plio-pleistocenici, dove è ben conservata in estesi lembi presenti sugli spartiacque dei principali fiumi, presentando ondulazioni di quota, comparabili con la superficie sommitale e con i depositi siciliano-crotoniani di chiusura (DRAMIS, 1992; FARABOLLINI, 1995).

Nell'ampia area pedemontana i processi morfogenetici legati alla gravità sono responsabili di una franosità, molto diffusa ed intensa; i processi legati alle acque correnti superficiali hanno modellato un reticolo idrografico molto sviluppato e ampie valli fluviali a decorso prevalentemente NE-SW con gradienti modesti; queste sono solcate dai corsi d'acqua principali che danno origine ad ampie pianure alluvionali, con piccole cimosse costiere in corrispondenza della foce (COLTORTI, 1981; DRAMIS *et al.*, 1982; COLTORTI *et al.*, 1991; FARABOLLINI, 1995).

L'evoluzione geomorfologica ha determinato la formazione di più o meno estese coltri di depositi continentali quaternari, costituiti da depositi di versante, alluvionali e lacustri nell'area di catena e nelle principali conche intermontane. Al di fuori delle dorsali, nell'area pedemontana, lungo le valli dei fiumi principali, sono presenti depositi alluvionali, disposti in quattro ordini di terrazzi ad altezze decrescenti sul fondovalle, connessi alle fasi fredde pleistoceniche e, nelle epoche più recenti, condizionati dall'attività antropica (COLTORTI, 1981; COLTORTI *et al.*, 1991; FARABOLLINI, 1995).

3. GENESI E MECCANISMI DEPOSIZIONALI

Il travertino rappresenta uno fra i depositi continentali più diffusi nell'area di studio e la sua età, molto

spesso di non facile collocazione vista la carenza di elementi di datazione, varia generalmente tra il Pleistocene medio e l'attuale. Generalmente l'origine dei travertini viene in letteratura attribuita ad acque sorgive sovrassature in anidride carbonica.

L'analisi di facies (D'ARGENIO & FERRERI, 1992; GOLUBIC *et al.*, 1993; CILLA *et al.*, 1994; FARABOLLINI, 1995; MATERAZZI, 1996) evidenzia un meccanismo deposizionale caratterizzato da flussi laminari e turbolenti. I primi depositano croste stromatolitiche ad andamento suborizzontale, cui si associano piccoli canali (in cui avviene la deposizione di sabbie grossolane e ghiaie fitoclastiche a stratificazione incrociata) e talvolta piccoli bacini lacustri, mentre i secondi si realizzano in corrispondenza di cascate e rapide nelle quali si ha la formazione di travertino fitoermale.

Numerose sono le classificazioni delle morfologie associate alla deposizione di travertino. Già nel 1978, BUCCINO *et al.* (1978), avevano messo in evidenza, nei depositi travertinosi della bassa valle del Tanagro (Campania), l'esistenza di facies fitoclastiche e fitoermali ipotizzando anche un modello di dinamica fluviale per spiegarne la genesi. Successivamente CHAFETS & FOLK (1984), prendendo anche in considerazione il ruolo rivestito dalle diverse specie vegetali nei processi di incrostazione, dall'esame di alcune località dell'Italia centrale e degli Stati Uniti centro-occidentali, hanno identificato cinque categorie distinte in: *Waterfall or Cascade deposits*; *Shallow Lake-fill deposits*; *Sloping Mounds, Fans and Cones*; *Terraces Mounds*; *Fissure Ridges*.

Nel 1990 PEDLEY, distinse i depositi sulla base del loro angolo di deposizione, della tipologia del flusso d'acqua, delle colonizzazioni microbiologiche e della temperatura ambiente. Su tali basi, l'autore riconosce cinque differenti tipi di morfologie: travertini di sorgente, di cascata, fluviali, palustri e lacustri, ognuno composto da una particolare associazione di facies deposizionali detritiche o biocostruite. Requisito fondamentale è la quasi totale prevalenza in queste facies della precipitazione legata agli organismi vegetali e/o batterici, anche se viene comunque rilevato un piccolo contributo da parte di processi "inorganici".

Riprendendo lavori effettuati precedentemente, GOLUBIC *et al.* (1993) riconoscono, per i travertini pleistocenici di Rocchetta a Volturno, nell'Appennino centro-meridionale, sei associazioni di litofacies sulla base delle loro caratteristiche stratigrafico-sedimentarie e sul loro contenuto fossilifero (inclusi anche i supporti vegetali): 1) *Calcareous sand with Travertine intercalations: shallow lacustrine facies*; 2) *Phytoclastic calcarenite and phytohermal travertine: swamp, or shallow sublittoral facies*; 3) *Phytoclastic packstone-grainstone and stromatolitic travertine: gentle slope facies*; 4) *Phytoclastic rudstone, microhermal and stromatolitic travertine: steep slope facies*; 5) *Micro-, and phytohermal travertine and stromatolitic travertine: pool terrace facies*; 6) *Phytohermal travertine: rapids and waterfalls facies*. La ricerca si completa anche di uno studio dettagliato sull'ecologia dell'alga desmidiacea *Oocardium stratum* e delle sue caratteristiche sedimentologiche quando viene rinvenuta nei travertini "fossili".

I criteri di classificazione sopra citati forniscono un quadro abbastanza chiaro delle litofacies presenti e degli ambienti caratteristici della maggior parte dei tra-

vertini conosciuti, non associabili a fenomeni di termalismo.

Sulla base di questi lavori sono stati condotti rilevamenti geomorfologici e analisi di dettaglio dei principali affioramenti di travertino presenti nell'area marchigiano-abruzzese (Fig. 1). Le indagini condotte hanno permesso di proporre un modello deposizionale (Fig. 2) per i travertini dell'area adriatica marchigiano-abruzzese, che a differenza degli autori sopracitati, tiene conto di ambienti deposizionali a più ampia scala che in molti casi comprendono, contemporaneamente, diverse condizioni morfologiche particolari e più o meno localizzate. Per ciascun ambiente sono indicate le caratteristiche essenziali e sono descritti gli affioramenti delle località ritenute più significative.

Ambiente 1: "aree di sorgente o di versante"

Questa situazione si riferisce ai travertini che si sviluppano o sugli orifizi delle sorgenti o in aree molto prossime a queste; in tali condizioni le acque sorgive o che comunque hanno percorso tratti molto brevi, liberano la maggior parte della CO₂ che contengono, favorendo la deposizione del carbonato di calcio che va così ad incrostare spontaneamente sia il substrato che le specie vegetali presenti. In questo caso, la presenza di muschi ed alghe "calcaricole" come le Briofite, le Cianofite e le Diatomee, peraltro molto numerose in queste zone, sembra non abbia un ruolo così determinante come testimoniato dalla presenza anche di foglie, frustoli o ciottoli ricoperti di CaCO₃.

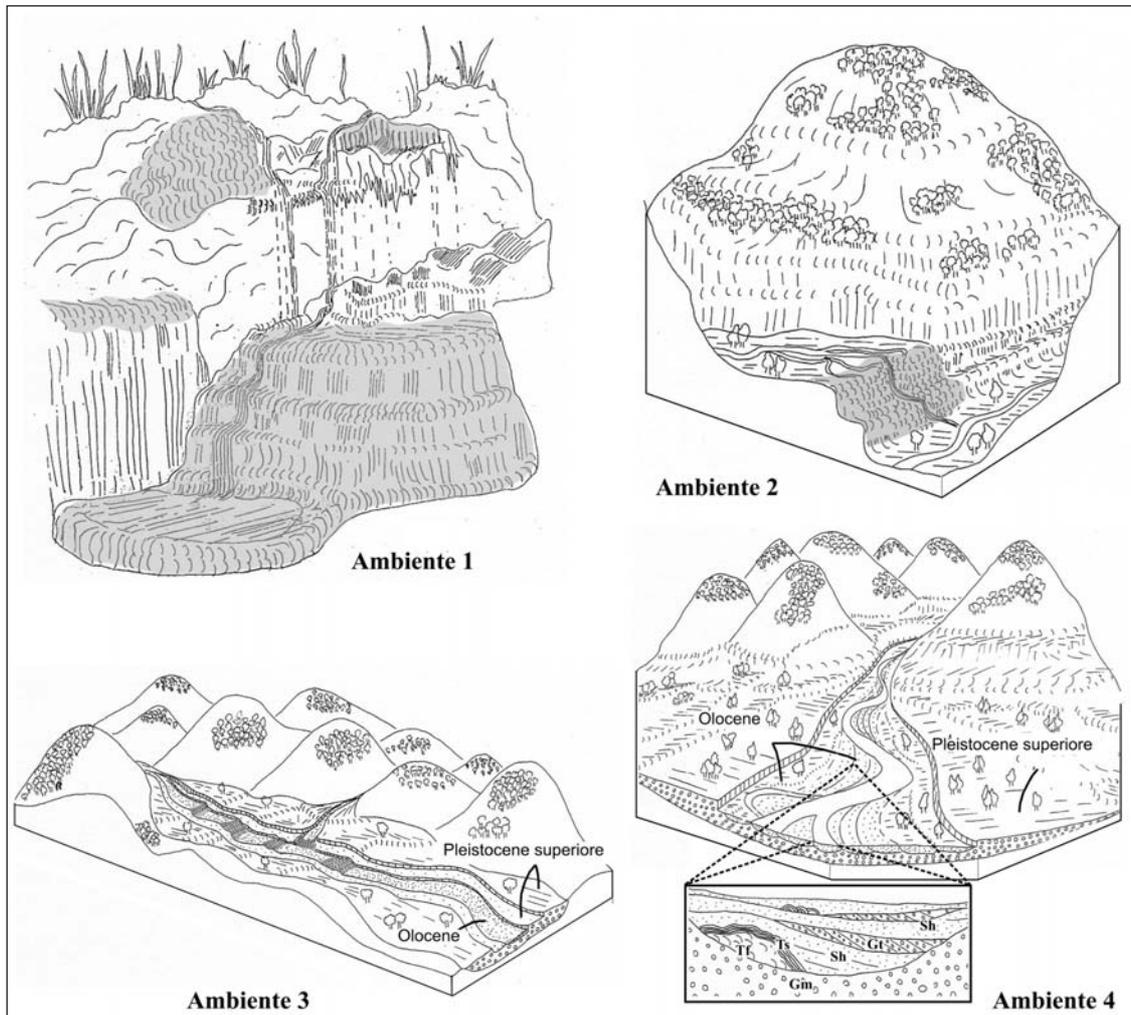
Nelle sorgenti vere e proprie, il travertino si deposita a formare piccole collinette intorno all'orifizio ma in qualche caso, ove sono presenti pareti rocciose o massi, può formare anche delle strutture tipo cuscinetto, simili ai "cushions" ed ai "curtains" del modello di cascata di PEDLEY (1990). Questi depositi nell'area non hanno di solito dimensioni notevoli ma sono abbastanza frequenti e si localizzano in molte delle sorgenti provenienti dagli acquiferi carbonatici della Dorsale Umbro-Marchigiano-Abruzzese.

Lo schema di figura 2 mostra una situazione abbastanza comune per le aree prossime alla sorgente; queste zone, sono caratterizzate da piccoli rivoli d'acqua che variano continuamente il loro percorso e la loro portata generando una struttura "a gradoni", con piccole pozze dove l'acqua ristagna temporaneamente, ed altre parti dove invece ha uno scorrimento stillicidiale o leggermente canalizzato. Quest'ultimo è l'ambiente ideale per lo sviluppo delle specie vegetali come le Briofite ed in generale di gran parte delle comunità algali che vivono parzialmente o temporaneamente sommerse dall'acqua; esse incrostandosi formano dei piccoli terrazzetti che tendono a progredire verso l'avanti-basso. Nelle pozze invece, si ha una deposizione di tipo detritico: sabbie fitoclastiche si alternano a piccole lenti o straterelli di ghiaie travertinose o a frammenti di fitoerme che sono il prodotto del disfacimento delle facies concrezionate limitrofe.

Una situazione simile è stata osservata anche all'interno di piccoli canali presenti sui versanti: in questo caso la deposizione è legata all'attività, molte volte temporanea o stagionale, di piccoli fossi tributari del corso principale (Es. Fiastra e Castelli; Fig. 1)

Fig. 2 - Classificazione degli ambienti deposizionali di travertino per l'area marchigiano-abruzzese. Per la descrizione si veda il testo.

Classification of travertine depositional environments in the Abruzzi-Marchean region. For explanation see the text.



L'esempio di Sant'Angelo

Alla testata della valle del fosso Sant'Angelo, affluente di sinistra del fiume Esino a ridosso della dorsale umbro-marchigiana è possibile osservare un affioramento di travertino tuttora in formazione (Fig. 3). Il deposito, che mostra un fronte alto più o meno una decina di metri ed è seguibile lateralmente per circa 20÷25 metri, è caratterizzato dalla presenza di Briofite come il *Cratoneuron commutatum*, l'*Eucladium verticillatum* e la specie *Brachytecium rivulare* (MATERAZZI, 1996) e mostra una caratteristica morfologia "a gradoni" con presenza di piccoli corsi d'acqua che scendono variando continuamente il loro percorso.

La formazione di questo deposito, che mostra una progressiva migrazione verso la destra idrografica, sembra essere iniziata nell'Olocene, probabilmente con un'intensità maggiore, ed è continuata fino al giorno d'oggi; la presenza di travertino nell'area in tempi passati è comunque testimoniata da altri due piccoli depositi situati più a valle, ora inattivi, attribuiti all'Olocene per la loro posizione rispetto ai depositi alluvionali di fondovalle (MATERAZZI, 1996).

Ambiente 2: "cascata"

In questo secondo caso (Fig. 2), rientrano tutti quei depositi che si sviluppano sui fondovalle, dove



Fig. 3 - Travertino in formazione nella Valle Sant'Angelo; A- *Eucladium verticillatum*; B- *Bachytecium rivulare*; C- *Cratoneuron commutatum*.

Travertine deposition in the S. Angelo Valley; A- Eucladium verticillatum; B- Bachytecium rivulare; C- Cratoneuron commutatum.

sono presenti nette rotture di pendio o anche dove il gradiente generalmente supera, anche per brevi tratti, una pendenza di $3^{\circ}\div 5^{\circ}$. Le situazioni più frequenti sono quelle che ricorrono o al contatto di litologie con forte contrasto di competenza o in prossimità di discontinuità tettoniche (faglie) o in condizioni morfologiche particolari che determinano un disequilibrio nel profilo longitudinale di un corso d'acqua. Nel primo caso, tipico dell'area umbro-marchigiana, si può avere la formazione di soglie al contatto tra i termini calcarei e selciferi e quelli più marnosi della Successione umbro-marchigiana; soglie morfologicamente simili si possono formare anche per l'azione di faglie normali o trascorrenti con componente diretta. Il terzo caso può verificarsi ad esempio alla confluenza di valli con differente grado di approfondimento, dovuto o alla diversità dei terreni attraversati, o alla presenza di condizioni strutturali favorevoli (valli impostate lungo linee tettoniche).

L'ambiente in questione, corrispondente in parte al "cascade model" di PEDLEY (1990) o alle litofacies 4, 5 e 6 di GOLUBIC *et al.* (1993), presenta facies deposizionali per certi versi molto simili a quelle osservate nelle aree di sorgente ma se ne differenzia sostanzialmente per due aspetti fondamentali: il primo è che ormai ci troviamo relativamente "lontani" dalla zona di sorgente (di solito qualche chilometro più a valle) e la deposizione avviene sul fondovalle, all'interno dell'alveo e non sui versanti; il secondo è che il fiume, a differenza dell'ambiente precedente, oramai ha un suo corso ben definito, così come l'apporto d'acqua che appare più cospicuo, costante e ben canalizzato.

Le barriere di travertino che si vengono così a formare, sono costituite quasi totalmente da facies fitoermali mentre quelle fitoclastiche sono presenti in piccoli lenti o livelli; il rapporto tra queste due, in un'ipotetica sezione verticale, è maggiore di 10:1. Per quanto riguarda gli elementi costituenti il deposito si può affermare che in questo caso, trovandoci ad una certa distanza dalla sorgente, il contributo delle specie vegetali nella costruzione dell'edificio travertinoso diventa molto consistente: tuttavia permane una discreta componente "inorganica" testimoniata dalla presenza di frustoli, ramoscelli e foglie insieme alle specie propriamente incrostanti. Queste ultime sono rappresentate soprattutto da Briofite come il *Cratoneuron commutatum*, l'*Eucladium verticillatum* e il *Didymodon tophaceus*, da stromatoliti associate alle Diatomee, e in parte anche da Cianofite, come il *Phormidium incurstatum*, che come sappiamo crescono spesso come epitesi sui muschi. Questi organismi, sebbene osservati comunemente all'interno di molti dei depositi conosciuti (KEMPE & EMEIS, 1985; PEDLEY, 1990; GOLUBIC *et al.*, 1993) e segnalati lungo i corsi d'acqua in esame, non sono però stati riconosciuti direttamente in tutti i depositi dell'area umbro-marchigiana; nella maggioranza dei casi infatti i depositi sono oramai inattivi, le specie vegetali sono pressoché scomparse dalla loro superficie e le stesse strutture originarie sono state alterate dalla circolazione secondaria delle acque. Il loro riconoscimento, ove possibile, è stato ottenuto sulla base di confronti fra le strutture relitte e quelle viventi (MATERAZZI, 1996). Il blocco diagramma di figura 2 mostra una delle possibili condizioni morfologiche che possono portare alla formazione di un ambiente di "cascata".

Il travertino che si viene così a costituire forma una vera e propria barriera che al momento della deposizione tende a progredire verso l'avanti-alto. La notevole porosità associata a questi edifici (e di solito inversamente proporzionale all'età dei depositi), fa sì che lo sviluppo sia molto consistente e anche molto rapido: un evidente esempio è quello della penisola balcanica dove in circa 12000 anni dalla fine dell'ultima glaciazione, si sono edificate barriere di travertino alte fino a 50 m (GOLUBIC *et al.*, 1993). Tale condizione trova anche giustificazione dal fatto che tale processo, una volta iniziato, tende ad autoamplificarsi: infatti si assiste ad un aumento del tempo di permanenza dell'acqua all'interno della struttura con conseguente aumento dei processi microbiologici; questi a loro volta, creano una nuova catena biologica favorita anche dalla presenza di rapide e cascate che determinano zone fortemente areate, ideali per lo sviluppo di nuove specie.

L'esempio di Roccamontepiano

La placca di travertino, che sorge alle spalle dell'abitato di Roccamontepiano (nell'Abruzzo teramano) e che costituisce un altipiano situato a circa 650 m s.l.m., è dato da un affioramento tabulare di travertini, di forma sub-rettangolare, allungato in direzione grossomodo appenninica. Tale placca poggia, nella sua parte meridionale, mediante contatto erosivo, su sedimenti sabbioso-conglomeratici, spessi $5\div 6$ m, che a loro volta poggiano sui litotipi argillosi marini (Fig. 4); queste litologie sono probabilmente attribuibili alla Formazione di Mutignano (D'ALESSANDRO *et al.*, 2002). L'estesa copertura detritica, presente ai piedi di tale placca, non permette di osservare altrove tale contatto; sembra comunque che, per la maggior parte della sua estensione, essa poggi sulla formazione argillosa marina.

L'estesa placca travertinoso è costituita da diverse litofacies sviluppate sia in senso orizzontale che verticale, riconoscibili anche alla scala decimetrica (Fig. 4). In particolare la parte inferiore dell'affioramento è caratterizzata in prevalenza da sabbie e limi calcarei, stratificati, e da lenti di travertini stromatolitici e oncoliti; verso l'alto passano a calcareniti e calciruditi fitoclastiche, organizzate in strati spessi e irregolari, frequentemente anastomizzati, con lenti di travertini fitoermali.

Il settore settentrionale e quello nord-orientale sono caratterizzati da travertini microermali di incrostazione su muschi, e stromatolitici, con stratificazioni ondulate disposte a formare delle vasche, riempite da calcareniti fitoclastiche a stratificazione piano-parallela e sub-orizzontale.

Lo spessore dei travertini è variabile da 15 a 40 m, con valori massimi sul bordo orientale del pianoro (D'ALESSANDRO *et al.*, 2002). Al di sopra del deposito travertinoso è presente un paleosuolo di tipo fersiallitico, molto evoluto e ricco in frammenti di selce e concrezioni ferro-manganesifere, con spessore anche fino ad un metro.

La posizione morfo-stratigrafica di questi sedimenti, in relazione ai depositi alluvionali terrazzati affioranti lungo le valli del F. Alento e del F. Foro, insieme alla presenza del paleosuolo al tetto dei travertini, permettono di riferirne l'età al Pleistocene medio e più precisamente, in analogia con quelli di Civitella del Tronto, alla penultima fase interglaciale.

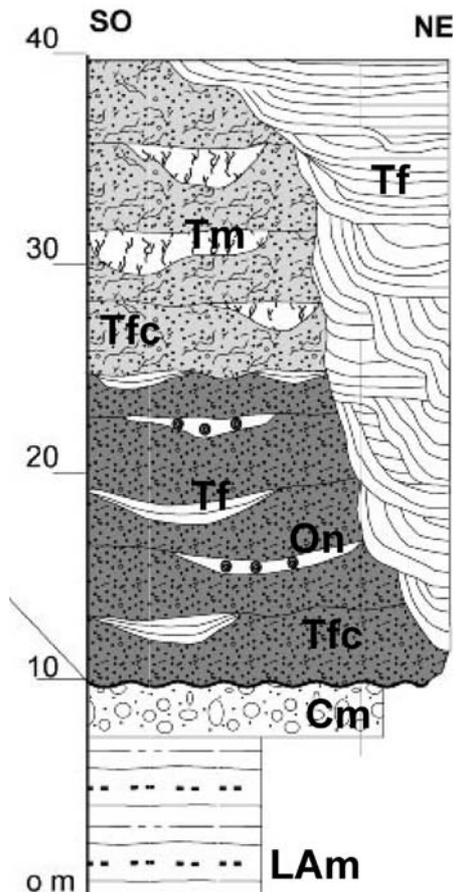


Fig. 4 - Sezione schematica della placca travertinoso di Montepiano. Tf- Travertino fitoermale; Lsm- Lenti stromatolitiche e microermali; Tfc- Travertino fitoclastico; Lfe- Lenti fitoermali; On- Oncoliti; SLt- Sabbie e Limi travertinosi; Cm- Conglomerati marino (Formazione di Mutignano); LAm- Limi ed Argille marine (Formazione di Mutignano).

Schematic profile of the Montepiano travertine plate. Tf - Phytohermal travertine; Lsm - Stromatolitic and microhermal lens; Tfc - Phytoclastic travertine; Lfe - Phytohermal lens; On - Oncolites; SLt - Travertine sands and silts; Cm- Marine conglomerates (Formazione di Mutignano); LAm- Marine silts and clays (Formazione di Mutignano).

L'esempio di Civitella del Tronto

I travertini di Civitella del Tronto, sono distribuiti in tre affioramenti che da nord verso sud sono: Monte Santo (544 m), Civitella del Tronto (645 m) e Colle San Nicola (671 m). Tali depositi, il cui spessore varia in modo molto brusco tra 50 e 5 metri, si presentano in forma di placche, con pareti a picco e con geometria vagamente cuneiforme in direzione all'incirca NS. Nel complesso le tre placche sembrano avere una forma lenticolare, in cui il maggior spessore della parte centrale, disposta secondo la direzione del corso fluviale del Salinello, si trova in corrispondenza dell'abitato di Civitella del Tronto.

La placca travertinoso poggia su una superficie di erosione che taglia il substrato arenaceo-pelitico della Laga, come nel caso di Civitella del Tronto, o su ciottoli grossolani arrotondati e subarrotondati di origine fluvia-

le, con una parvenza di embriacitura che sembra indicare una corrente con direzione circa NS, come nel caso di Montesanto o di Colle San Nicola (FARABOLLINI, 1999). Superiormente si rinvencono sabbie e ghiaie travertinoso (Sh e Gp di MIALI, 1978) a cui sono associate facies tipicamente fluviali caratterizzate da stratificazioni, gradazioni, ecc., per uno spessore variabile tra i 20÷30cm, che passano gradualmente ad una associazione data da alternanze di sabbie travertinoso e travertini fitoermali ad indicare ambienti di polle con frequenti incursioni di acque calcaree.

Lateralmente ed anche al di sopra di questa associazione, ne è riconoscibile una seconda formata da travertino microermale, travertino stromatolitico e fitoermale. Al loro interno è possibile osservare piccoli canali riempiti da ciottoli travertinosi arrotondati e/o da pisoliti con diametro a volte superiore ai 2÷3cm. Tale associazione permette di ipotizzare la presenza di un pendio più o meno acclive dove la deposizione travertinoso contribuiva ad accrescerne l'acclività. Alla sommità è presente un livello di spessore notevole (circa 20 metri a Civitella del Tronto) caratterizzato da travertino fitoermale che indica rotture di pendio importanti e la progredizione verso valle delle facies di cascata (FARABOLLINI, 1999).

Nella placca di Colle San Nicola inoltre è stato differenziato un livello sommitale più poroso, assente negli altri due depositi, che presenta il rapporto tra gli isotopi del carbonio nettamente differente, anche se le altre caratteristiche si mantengono all'incirca simili (PREITE MARTINEZ *et al.*, 1990).

Lo studio, a carattere palinologico (DE SANCTIS & FREGONESE, 1981), ha messo in evidenza che la deposizione dei travertini dell'area di Civitella del Tronto, nel complesso sembra essere avvenuta in un contesto climatico tipicamente interglaciale, in cui i materiali più porosi (come il livello presente alla sommità della placca travertinoso di Colle San Nicola) e che gli autori sopra citati indicano come più recenti) sarebbero riferibili ad un ambiente di clima temperato caldo, mentre quelli più massivi, si sarebbero depositati in condizioni climatiche più fredde.

Le evidenze geomorfologiche, come la presenza di un lembo di terrazzo alluvionale del II ordine, posto a circa 50 metri più a valle, attribuito alla fase finale del Pleistocene medio, la posizione topografica delle placche rispetto a questo deposito, la presenza alla base delle placche di travertino di clasti calcarei arrotondati di chiara origine fluviale che marcano un antico fondovalle pre-II ordine (FARABOLLINI, 1999), testimoniano che la deposizione dei travertini è più antica della fase alluvionale del Pleistocene medio finale e può essere indicativamente riferita al penultimo interglaciale.

Ambiente 3: "cascate e vasche"

E' sicuramente una delle situazioni più frequenti tra quelle osservate nel presente studio e tra quelle segnalate in letteratura (CILLA *et al.*, 1994; CALDERONI *et al.*, 1996a e b; DRAMIS *et al.*, 1999; FARABOLLINI *et al.*, 2003). L'ambiente in questione è per certi versi molto simile a quello di "cascata". Anche in questo caso infatti ci troviamo in una porzione del corso d'acqua caratterizzata da un gradiente mediamente alto e da rotture del profilo longitudinale più o meno sviluppate e pure le

condizioni morfologiche sono pressoché identiche: tettonica e assetto strutturale delle varie litologie presenti, restano infatti i fattori condizionanti la formazione di questi depositi mentre la differenza è legata unicamente all'entità dei dislivelli e alla gradualità della pendenza del profilo longitudinale del corso d'acqua.

Il modello proposto, rappresentato schematicamente in figura 2, si differenzia dal "*Phytoherm framestone barrage*" di PEDLEY (1990) per la forma finale dell'edificio. Tale modello inoltre raggruppa le associazioni di litofacies 1 e 3 di GOLUBIC *et al.* (1993) e variamente anche le litofacies 4, 5 e 6, riconosciute peraltro anche nell'ambiente di "cascata".

Il deposito che si forma in questo contesto è costituito da un'alternanza di facies fitoermali (uguali a quelle dell'ambiente di "cascata", ma con maggiore presenza di travertino stromatolitico) e facies fitoclastiche di vario spessore, costituite da corpi e livelli limosi, sabbiosi e ghiaiosi, massivi o stratificati. Facendo riferimento all'ambiente 2, queste sono presenti in un rapporto minore di 10:1 anche se, nella maggioranza dei casi, questo rapporto può scendere fino a 1:1 o addirittura mostrare una prevalenza delle facies fitoclastiche su quelle fitoermali.

Per quanto riguarda la dinamica di formazione, come abbiamo detto, la situazione è molto simile a quella descritta nell'ambiente di "cascata". Lungo il corso d'acqua infatti, in prossimità di queste piccole rotture di pendio, si formavano dei banconi di travertino fitoermale in facies di cascata che tendevano a progredire verso l'avanti-alto; nelle zone di raccordo tra i banconi invece, dove il gradiente era pressoché nullo si depositavano delle facies detritiche prevalentemente sabbiose (fitoclastiche), provenienti dall'erosione dei corpi fitoermali più a monte. Con il procedere della deposizione, l'edificio si accresceva realizzando una sovrapposizione dei termini fitoermali su quelli fitoclastici.

In questa tipologia di ambiente ricadono, come già specificato, la maggior parte dei depositi travertinosi riconosciuti nell'area di studio (Sefro, Pievetorina, Roccafluvione, ecc.)

L'esempio di Sefro

In questa località, il deposito travertinoso, che forma un bancone di spessore modesto (3÷5 m), presenta la morfologia tipica di un sistema di "cascate e vasche", sebbene le facies fitoermali di cascata siano maggiormente sviluppate. La presenza di tale bancone a livello dell'alveo attuale del torrente Scarzito ed i suoi rapporti con i depositi fluviali e lacustri, permettono di ipotizzare una deposizione alquanto recente, cioè durante l'optimum climatico dell'Olocene (MATERAZZI, 1996).

Poco più a valle del deposito descritto, in sinistra idrografica, è presente un piccolo lembo di travertino depositatosi al di sopra di uno deposito ghiaioso, di origine fluviale, discretamente cementato, del Pleistocene medio-finale (MATERAZZI, 1996). Al tetto della sequenza, depositi detriti stratificati di versante del Pleistocene superiore sigillano il deposito stesso, collocando così questa fase deposizionale durante l'ultimo interglaciale (Fig. 5). Al contatto tra le ghiaie fluviali ed il travertino è stato rinvenuto un paleosuolo fersiallitico parzialmente colluviato, solitamente presente al tetto dei depositi alluvionali del I e del II ordine (COLTORTI, 1981; COLTORTI

et al., 1991) a conferma dell'antichità di tale deposito rispetto a quello presente lungo l'alveo fluviale.

Il meccanismo deposizionale e le varie facies sono praticamente le stesse che caratterizzano il deposito riconosciuto a Serravalle di Chienti lungo l'alveo del fiume Chienti, dove presenta uno spessore di pochi metri.

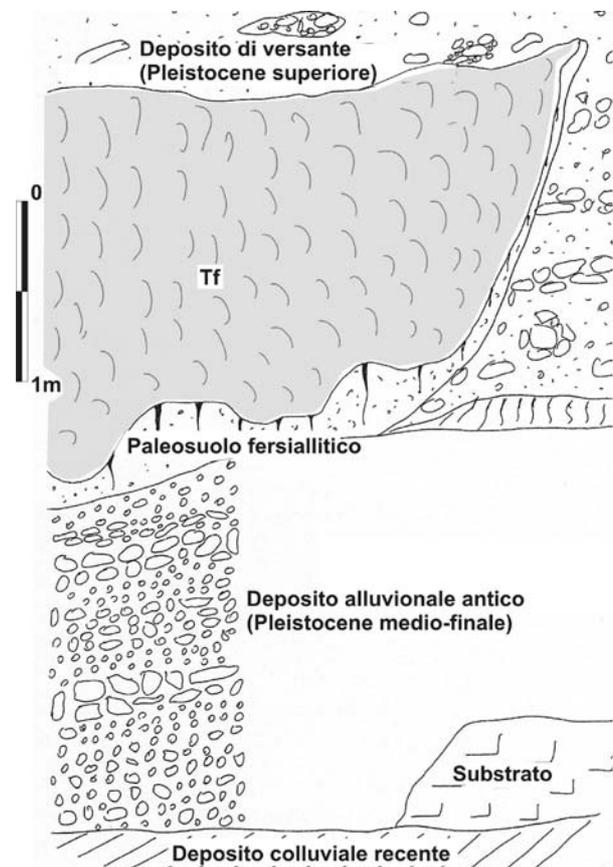


Fig. 5 - Sezione schematica del deposito di travertino di Sefro (Tf - Travertino fitoermale).

Schematic profile of the travertine deposit at Sefro (Tf - Phytohermal travertine).

L'esempio di Pievetorina

Nei pressi dell'abitato di Pievetorina, lungo una valle trasversale al fiume Chienti (Fig. 1) sono presenti due diverse generazioni di depositi travertinosi, di cui la più antica, è posta a diverse decine di metri sul talweg mentre l'altra, più recente, si sviluppa in destra idrografica del fosso di Pievetorina a quote di pochi metri dall'alveo attuale. In particolare i depositi più significativi sono rappresentati proprio da questi ultimi, in quanto si sviluppano per qualche centinaia di metri lungo l'asse fluviale anche se sono generalmente affioranti solo in destra idrografica.

I depositi più antichi, poco estesi e generalmente obliterati da una estesa copertura detritica e colluviale, costituiscono un piccolo terrazzo di travertino alto pochi metri e seguibile, anche se in maniera discontinua per la fitta vegetazione, per circa 20÷30 metri.

I depositi più bassi invece sono dati da una sequenza travertinoso di notevole spessore, fino a 10

metri, e seppur mascherati in superficie da coltri colluviali spesse anche fino a un metro, sono ben visibili per effetto dell'incisione fluviale (Fig. 6). Essi sono formati dall'alternanza di facies fitoclastiche (Tfc: ghiaie, sabbie e limi travertinosi) e facies fitoermali (Tf: travertino concrezionato in posto).

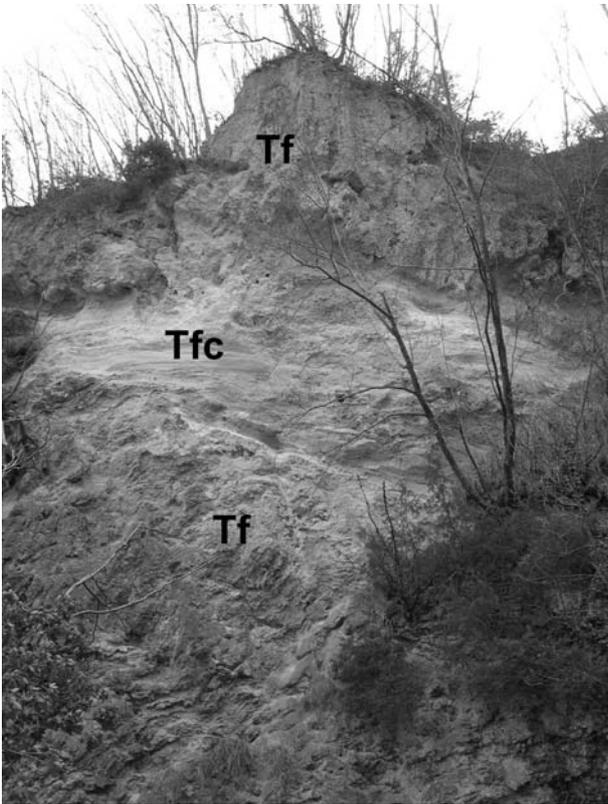


Fig. 6 - Foto dell'affioramento del travertino di Pievetorina (Tf- Travertino fitoermale; Tfc- Travertino fitoclastico).

Travertine deposit at Pievetorina (Tf - Phytohermal travertine; Tfc - Phytoclastic travertine)

Dal basso verso l'alto, sono stati osservati 60 cm di sabbie molto fini e limi travertinosi con piccole lenti di ghiaie travertinose fini a stratificazione planare (Gp di MIAL, 1978), osservabile in corrispondenza del letto fluviale; verso monte e superiormente, per circa 4÷5 metri, queste facies passano a banconi di travertino fitoermale compatto, inclinato di circa 20°÷25° contromonte. Al di sopra, per circa un metro e mezzo, sono visibili alternanze di sabbie fini e limi travertinosi dello spessore di 20÷40 cm e di limi argillosi scuri, spessi da 1 a 4÷5 cm. In alcuni casi si riconoscono sottili livelli argillosi dello spessore di circa 10 cm. Inoltre si riconoscono livelli di ghiaie travertinose molto grossolane che arrivano fino alle dimensioni di vari centimetri di diametro: si tratta generalmente di frammenti di travertino fitoermale e di travertino stromatolitico prodotto dal disfacimento di banconi di travertino fitoermale situati più a monte.

Procedendo verso l'alto la sequenza evidenzia la presenza di banconi di travertino fitoermale con inclinazione di circa 20° contromonte. Al tetto della sequenza è stato infine riconosciuto un suolo bruno alluvionale contenente ciottoli di travertino fitoermale detritico spessi fino a 10 cm.

L'esempio di Roccafluvione

Il deposito in questione è posto lungo la valle del torrente Fluvione, in corrispondenza dell'abitato di Roccafluvione, ad una quota di circa 275m s.l.m., e si estende verso valle per una lunghezza di circa 800 m, con uno spessore massimo di circa 10 metri.

In particolare il deposito studiato è ubicato al di sopra della piana alluvionale di III ordine su cui sorge l'abitato di Roccafluvione, e risulta inciso dal corso d'acqua attuale, posto circa 20 metri più in basso. Le scarpate fluviali, generalmente scolpite nei litotipi della Formazione della Laga, permettono di verificare come, sia in destra che in sinistra idrografica, al di sopra del substrato arenaceo, siano presenti depositi travertinosi fitoermali, di spessore di circa 6 metri, clinostratificati verso monte di qualche grado, e che si estendono anche diverse decine di metri. Verso l'alto essi passano a facies tipicamente fitoclastiche, costituite da sabbie e limi travertinosi e subordinatamente ghiaie travertinose.

Lungo la piana alluvionale che costituisce il terrazzo di III ordine, lavori di sbancamento per la realizzazione di opere infrastrutturali, hanno permesso di verificare come il deposito travertinoso poggi, a luoghi, sui depositi alluvionali terrazzati dati da ghiaie grossolane eterometriche e poligeniche, immerse in abbondante matrice sabbioso-argillosa, per uno spessore di circa 1 metro, che riempiono canali scavati nel substrato (*facies Gm e Gt* di MIAL, 1978).

Anche se la sezione presenta una altezza di circa 2 metri ed una estensione laterale di qualche decina di metri, è comunque possibile valutare i rapporti reciproci tra i vari depositi presenti. In particolare i depositi travertinosi sono rappresentati da *facies* fitoermali, generalmente accresciuti su supporti vegetali dati principalmente da muschi, rami e foglie, che passano lateralmente a travertino fitoclastico e croste stromatolitiche, che formano corpi che presentano estensione laterale anche dell'ordine di diversi metri. Alla sommità, al di sopra di materiali colluviali, è presente un suolo brunastro riconoscibile per tutta l'estensione della piana alluvionale del III ordine.

Ambiente 4: "canali travertinosi delle piane alluvionali"

Questa situazione, abbastanza ricorrente, è caratteristica delle aree esterne alla dorsale carbonatica marchigiano-abruzzese dove il gradiente diminuisce fortemente e dove le valli si allargano, ormai modellate nei terreni recenti più erodibili (marnosi, arenacei ed argillosi).

In queste zone, alla fine del Pleistocene superiore, avveniva la deposizione delle alluvioni terrazzate del III ordine che formavano ampie pianure in regime *braided*. Con l'inizio dell'Olocene però il regime cambiava; il generale miglioramento climatico favoriva infatti lo sviluppo della vegetazione sui versanti e la conseguente diminuzione del carico solido negli alvei innescava processi di incisione e portava alla formazione di canali che incidevano debolmente la sommità del terrazzo pleistocenico. Proprio all'interno di questi canali avveniva, durante i periodi più caldi dell'Olocene, la deposizione di piccoli spessori di facies fitoclastiche e fitoermali di travertino. Sempre facendo riferimento ai criteri di classificazione di PEDLEY (1990) e di GOLUBIC *et al.* (1993), queste facies possono essere paragonate al "*braided fluvatile model*" del primo o alle litofacies 1 e 3 dell'autore slavo e sono costituite principalmente da

livelli ghiaiosi e sabbiosi fitoclastici, spesso a stratificazione incrociata (tipici di canali a sinuosità medio-bassa) e da piccole fitoerme dove frequente è la presenza di travertino stromatolitico (Fig. 2).

L'esempio di Pioraco

In questa zona, circa un paio di chilometri a monte dell'abitato di Castelraimondo, la piana alluvionale del Pleistocene superiore del Fiume Potenza ha un'estensione laterale di circa 500m mentre lo spessore del deposito si aggira sui 10÷15 m. Al tetto di questo deposito sono riconoscibili alcuni piccoli canali, incisi per circa 1÷1,50 m riempiti a tratti da facies fitoclastiche e fitoermali di travertino e da travertino stromatolitico che marcano le fasi di magra dell'attività del canale.

L'esempio di Serrapetrona

Lungo l'alta valle di un affluente di sinistra del fiume Chienti, nei pressi di Serrapetrona, nel versante orientale della dorsale marchigiana, è stata osservata una potente sequenza detritica ed alluvionale (Fig. 7), di circa 40 metri, posta ad alcune decine di metri sul corso attuale.

In particolare dal basso verso l'alto la sequenza risulta costituita, per circa 35 m di spessore, da livelli detritici (Dv) grossolani e subangolosi ai quali si intercalano ed alternano, a varie altezze, livelli tipicamente fluviali (*facies* Gt di MIALL, 1978), dati da clasti subarrotondati appiattiti e ben addensati, che mostrano una debole stratificazione incrociata a basso angolo.

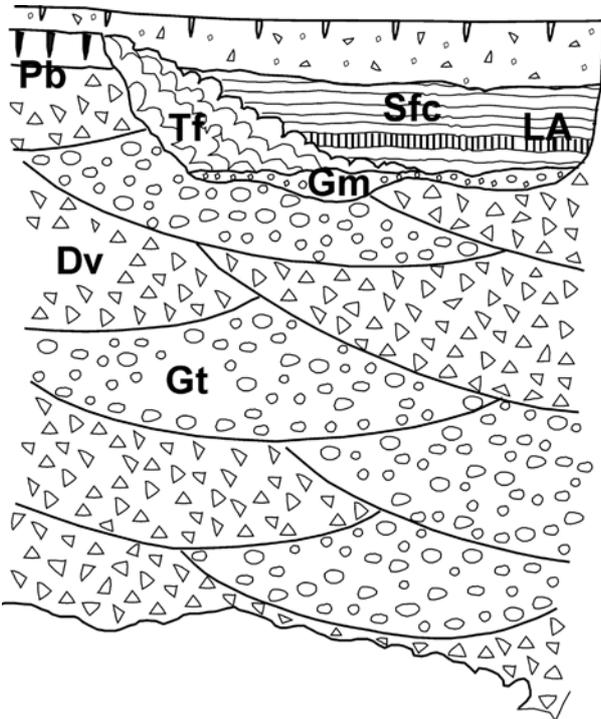


Fig. 7 - Sezione schematica del deposito di travertino di Serrapetrona (Pb - Paleosuolo bruno; Tf - Travertino fitoermale; Gm- Ghiaie; Sfc- Sabbie fitoclastiche a stratificazione piano-parallela; LA- Livello antropico; Dv- Detriti di versante; Gt- Ghiaie a stratificazione incrociata a basso angolo).

Schematic profile of Serrapetrona travertine deposit (Pb- Brown paleosoil; Tf- Phytohermal travertine; Gm- Gravels; Sfc- Planar cross-bedded phytoclastic sands; LA- Anthropical level; Dv- Slope deposit; Gt- Low angle through cross-bedded gravels).

Superiormente la sequenza è caratterizzata dalla presenza di sedimenti clastici subangolari per uno spessore complessivo di 4 metri, che seppelliscono un paleosuolo bruno calcico (Pb) di circa 10 cm, e ricoprono in parte un paleocanale ghiaioso, profondo circa 3 metri e con spessore di circa 1,5 metri. All'interno del deposito il ritrovamento di materiali ceramici fluitati di epoca storica è stato collegato con il denudamento dei versanti operato dall'uomo in epoca storica che avrebbero innescato intensi fenomeni di erosione con formazione di spessi corpi colluviali ai piedi del versante (FARABOLLINI, 1995; CALDERONI *et al.*, 1996b).

Alla base del canale si osservano lenti ghiaiose grossolane (*facies* Gm di MIALL, 1978), alle quali si alternano livelli centimetrici di travertino fitoermale e croste stromatolitiche (Tf), a testimonianza di condizioni climatiche di tipo temperato umido caratterizzato dalla presenza di una estesa copertura vegetale. All'interno di un livello argilloso nerastro (LA), di 30÷40cm, con scheletro costituito da clasti subangolari di 2÷10 cm, sono stati trovati numerosi frammenti ceramici non fluitati, quest'ultimi attribuiti all'Eneolitico (FARABOLLINI, 1995; CALDERONI *et al.*, 1996b). La datazione radiometrica effettuata su carboni presenti in tale livello, che ha fornito una età di 4750±65 (CALDERONI *et al.*, 1996b), permette di riferire la sequenza all'Olocene antico. Il canale è colmato da un metro di sabbie fitoclastiche a stratificazione piano-parallela (Sfc) che passano lateralmente a travertino fitoermale.

4. CRONOLOGIA E SIGNIFICATO PALEOAMBIENTALE

La deposizione del travertino nell'area adriatica marchigiano-abruzzese è sicuramente un fenomeno molto importante ai fini della ricostruzione del contesto paleoambientale del Quaternario. Le differenti fasi deposizionali osservate, infatti, possono essere inquadrate in periodi climatici e/o storici ben precisi.

In primo luogo appare evidente come, in assenza di fenomeni particolari (idrotermalismo o presenza di acque "acide" generalmente sulfuree, di provenienza profonda) il contesto climatico sia senza dubbio fondamentale per spiegare la genesi e lo sviluppo di tali depositi; la presenza di travertino all'interno delle valli fluviali durante il Quaternario, è innanzitutto un fenomeno generalizzato e più o meno contemporaneo a livello mondiale nei paesi temperati o attualmente subtropicali (FORD & PEDLEY, 1996 e relativa bibliografia; MATERAZZI, 1996 e relativa bibliografia).

Come evidenziato in particolare da NICOD (1986), la grande quantità di carbonato in soluzione, responsabile della formazione del travertino, è legato alla forte presenza di CO₂ nelle acque percolanti il substrato calcareo; questo gas, di origine biologica, è a sua volta legato allo sviluppo di potenti spessori di suoli formati nei periodi interglaciali quando il generale riscaldamento successivo alle fasi fredde glaciali aveva favorito l'incremento della vegetazione sui versanti.

Una così cospicua copertura vegetale favoriva anche la regolarizzazione del regime idrico: la capacità dei suoli di trattenere le acque, che poi venivano restituite all'alveo in un periodo di tempo più lungo, permetteva un arricchimento maggiore di anidride carbonica e

assicurava inoltre ai corsi d'acqua un costante, anche se non ingente, apporto d'acqua, condizione estremamente vantaggiosa per lo sviluppo delle specie vegetali costituenti il travertino (muschi ed alghe).

I dati cronologici raccolti nell'area di studio concordano perfettamente con le premesse suddette; per quanto riguarda i depositi più "antichi", dei quali non si è potuto effettuare datazioni assolute (Civitella del Tronto, Roccamontepiano, Sefro), la loro collocazione stratigrafica rispetto ad altri elementi geomorfologici noti (depositi alluvionali terrazzati, conoidi alluvionali, depositi di versante, paleosuoli ecc.) ha permesso infatti di inquadrare la deposizione in un contesto climatico caldo-umido come quello tipico dei periodi interglaciali. I depositi recenti invece (S. Angelo, Serrapetrona, Pievetorina, Pioraco; Roccafluvione, ecc.), anche sulla base di datazioni radiometriche effettuate essenzialmente su resti vegetali fossili, possono essere collocati in un periodo compreso fra l'Olocene antico (Preboreale, circa 9000 yr B.P.) e il Subatlantico (circa 3000 yr B.P.) fatta esclusione per i depositi ancora in formazione (es. S. Angelo, Castelli). Tale fase si inquadrirebbe perfettamente (almeno nel periodo Preboreale-Atlantico, fino a circa 5300 yr B.P.) nell' "Optimum climatico" olocenico, caratterizzato da una generale fase di riscaldamento (2° - 3° in più rispetto al presente nelle medie ed alte latitudini, ZUBAKOV & BORZENKOVA, 1990). Tali dati sarebbero inoltre in linea con quelli osservati in altre località dell'Appennino centrale (CALDERONI *et al.*, 1996b; CILLA *et al.*, 1994; MATERAZZI, 1996).

Il fattore climatico, in concomitanza con gli eventi tettonici pleistocenici, sembrerebbe poi spiegare anche il differente sviluppo (inteso in senso di estensione areale e di spessore) dei travertini antichi, solitamente maggiore rispetto a quelli olocenici. Da una parte infatti, la durata maggiore sia delle fasi fredde, che dei periodi interglaciali del Pleistocene inferiore e medio, potrebbe giustificare uno sviluppo maggiore dei travertini proprio per un più lungo perdurare delle condizioni favorevoli alla deposizione. D'altro canto, il forte sollevamento tettonico pleistocenico (DRAMIS, 1992) favoriva anche l'approfondimento, soprattutto nei periodi interglaciali caratterizzati da un incremento dell'erosione lineare, delle valli fluviali con conseguente rapido abbassamento della superficie piezometrica ed aumento del regime idrologico dei corsi d'acqua (FARABOLLINI *et al.*, 2003). Tale effetto, più intenso inizialmente, veniva progressivamente diminuendo in relazione al riequilibrio con il nuovo livello piezometrico di base (Fig. 8).

Ben più complessa sembra essere invece la teoria sul più o meno generalizzato declino, fino alla completa cessazione, del fenomeno deposizionale in particolare per quanto riguarda l'Olocene recente: due filoni di pensiero, talvolta in netto contrasto, associano infatti tale scomparsa, a livello globale, alternativamente a cause climatiche o antropiche (GOUDIE, 1993).

La prima corrente (GEURTS, 1976; PREECE *et al.*, 1986) considera come causa fondamentale il progressivo raffreddamento e passaggio verso condizioni più aride (LAMB, 1995) avvenuto nell'intervallo Subboreale - Subatlantico (periodo definito anche come "intervallo Neoglaciale") testimoniato in Italia ad esempio da avanzate glaciali nelle Alpi e forte instabilità climatica; tali variazioni avrebbero di conseguenza modificato anche

il regime idrologico dei corsi d'acqua con conseguente crisi dei sistemi deposizionali travertinosi.

Una seconda teoria (NICOD, 1986; VAUDOUR, 1986; WEISROCK, 1986; COLTORTI *et al.*, 1991) ritiene invece determinante l'importanza dell'impatto antropico sui versanti avvenuto in molte località alla fine del Neolitico ed all'inizio dell'Età del Bronzo (Fig. 9). Il passaggio in questo periodo da una cultura prevalentemente nomade e pastorale, ad una di tipo agricolo e stabile e gli intensi disboscamenti operati per il reperimento di legname da costruzione e riscaldamento avrebbe innescato repentini processi di erosione della copertura pedologica; la scomparsa del suolo, principale fornitore della CO_2 necessaria per la dissoluzione dei carbonati, unita ad un progressivo intorbidimento delle acque per l'aumentato carico solido proveniente dai versanti ed il passaggio da un regime di flusso non molto intenso ma costante, ad uno più ingente, intermittente e canalizzato, avrebbero cancellato i requisiti necessari al prosieguo della sedimentazione travertinosi.

Recentemente DRAMIS *et al.* (1999) hanno proposto una teoria sull'influenza delle variazioni di temperatura passate, nei sistemi acquiferi carbonatici. In particolare tali autori sottolineano l'importanza dei forti squilibri termici esistenti, all'inizio delle fasi climatiche più calde, fra le acque sotterranee (influenzate dalla "roccia serbatoio", a più bassa conducibilità termica e quindi

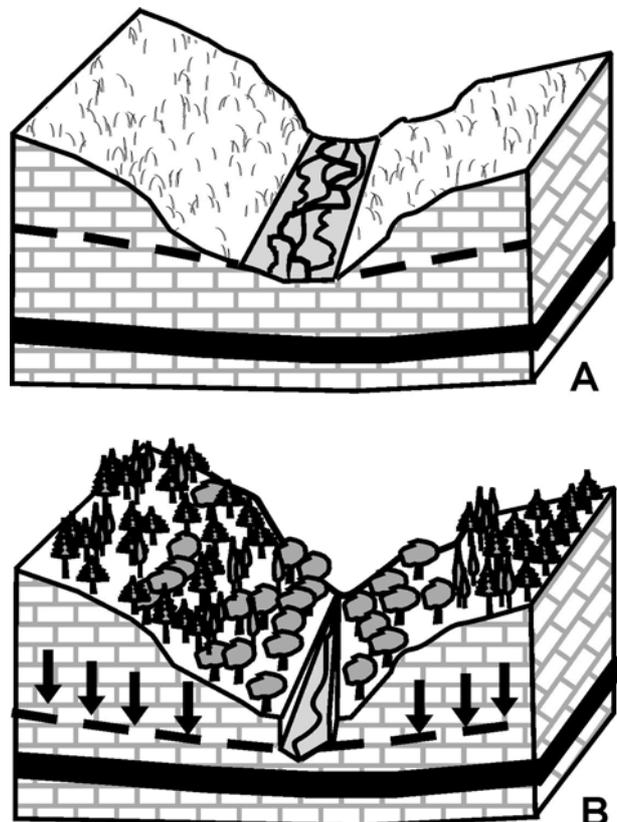


Fig. 8 - Schema delle caratteristiche paleoambientali del reticolo fluviale in corrispondenza delle variazioni climatiche quaternarie.

Sketch of paleoclimatic characteristics of the hydrographic network related to quaternary climatic variations.

ancora in equilibrio con le condizioni “glaciali” precedenti) e le temperature esterne, che salivano molto più velocemente. Tale effetto, ovviamente non esclusivo, confermerebbe il ruolo climatico, esaltando la fase deposizionale iniziale ed in parte fornendo una spiegazione al declino del processo, in relazione all’ormai raggiunto equilibrio fra le sopracitate temperature della roccia e dell’aria.

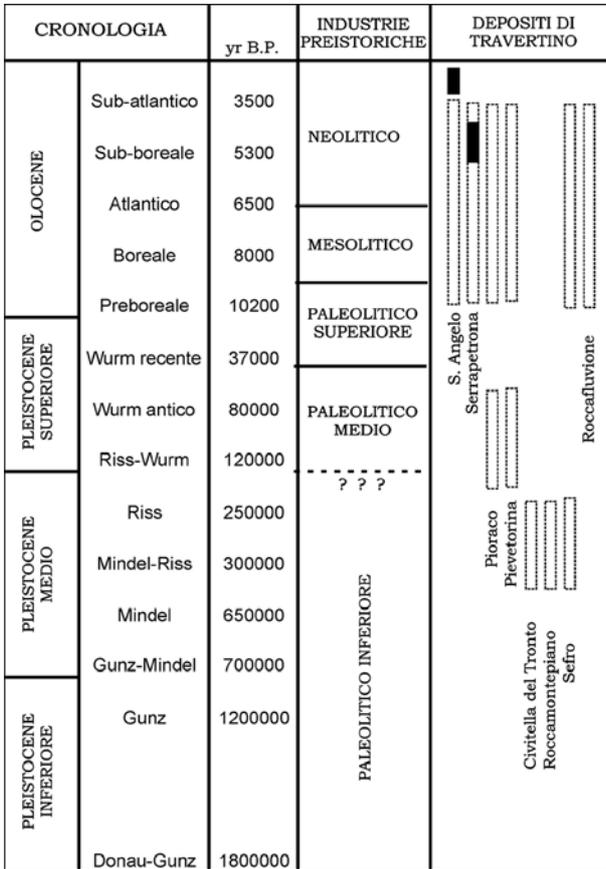


Fig. 9 - Cronologia pleistocenica ed olocenica della deposizione travertinosa. Il tratto nero indica l’intervallo cronologico desunto da datazioni assolute; il tratteggio invece indica l’intervallo cronologico desunto da correlazioni geomorfologiche. *Pleistocene and Holocene chronology of travertine deposition. Black line indicates chronological interval obtained by absolute dating; dashed line indicates chronological interval obtained by geomorphological correlations.*

5. CONCLUSIONI

Gli studi condotti sui depositi travertinosi dell’Italia centrale adriatica, assieme ai dati derivanti da studi già effettuati nell’area in esame, hanno permesso di confermare come la deposizione travertinosa avvenga essenzialmente in corrispondenza di rotture del profilo dei corsi d’acqua. La crescita di questi corpi è legata soprattutto al concrezionamento su “supporti” vegetali che produce la formazione di veri e propri sbarramenti. A monte si formano piccoli bacini lacustri e/o palustri su cui si depositano materiali fitoclastici (provenienti dalla degradazione di corpi fitoermali posti più a monte).

Caratteristica comune a tutti i depositi travertinosi dell’area adriatica marchigiano-abruzzese è la messa in

posto in ambiente tipicamente fluviale:

- > sia per la loro disposizione (per lo più simmetrica e parallela all’asse fluviale);
- > sia per la presenza di frequenti strutture tipiche da trasporto;
- > sia per gli stretti rapporti con i depositi alluvionali presenti lungo l’alveo.

La presenza di diverse generazioni di depositi travertinosi disposti a quote diverse sul fondovalle attuale, la presenza alla base delle placche di travertino di clasti calcarei arrotondati di chiara origine fluviale che marcano antichi livelli di fondovalle, studi palinologici, che evidenziano come la deposizione dei travertini, nel complesso, sembra essere avvenuta in un contesto climatico tipicamente interglaciale, avvalorano l’ipotesi di come la più o meno intensa deposizione di travertino (estremamente differente anche all’interno delle stesse aree studiate, durante fasi diverse) sia da associare ad un regime idrologico che veniva mutando nel tempo. Tale fenomeno, insieme al sollevamento tettonico ed alle variazioni climatiche quaternarie, sembrerebbe il maggiore responsabile della progressiva diminuzione, fino in qualche caso alla totale interruzione, della deposizione di travertino, oltre a fenomeni legati all’antropizzazione, particolarmente evidente a partire dall’Olocene antico.

Infine, sulla base dei reciproci rapporti tra i depositi su menzionati, è stata proposta una nuova classificazione dei meccanismi deposizionali che, differentemente da quelle esistenti in letteratura, tiene conto di ambienti deposizionali e condizioni morfologiche particolari e più o meno localizzate.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare i referees per gli utili consigli nella revisione del testo.

Lavoro eseguito con fondi di Ateneo Dott. Farabollini e Prof. Miccadei. Il presente lavoro è frutto della ricerca e della collaborazione di tutti gli autori. In particolare Farabollini P. ha coordinato la ricerca e con Materazzi M. ha eseguito i rilevamenti geomorfologici e le analisi di dettaglio nell’area marchigiana e teramana e curato i modelli interpretativi; Miccadei E. ha coordinato i rilevamenti geomorfologici e le analisi nell’area abruzzese; Piacentini T. ha eseguito le analisi di dettaglio e i rilevamenti geomorfologici nell’area abruzzese.

BIBLIOGRAFIA

BIGI S., CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DIDASKALOU P., DRAMIS F., FARABOLLINI P., GENTILI B., INVERNIZZI C., MICARELLI A., NISIO S., PAMBIANCHI G. & POTETTI M. (1995) - *La fascia periadriatica marchigiano-abruzzese dal Pliocene medio ai tempi attuali: evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1995/1, 37-49.

BONI C. & COLACICCHI R. (1966) - *I travertini della valle del Tronto: giacitura, genesi e cronologia*. Mem. Soc. Geol. It., 5, 315-339.

BUCCINO G., D’ARGENIO B., FERRERI V., BRANCACCIO L., FERRERI M., PANICHI C. & STANZIONE D. (1978) - *I travertini della bassa valle del Tanagro (Campania): studio geomorfologico, sedimentologico e geochi-*

- mico. Boll. Soc. Geol. It., **97**, 617-646.
- CALAMITA F., CELLO G., CENTAMORE E., DEIANA G., MICARELLI A., PALTRINIERI W. & RIDOLFI M. (1991) - *Stile deformativo e cronologia della deformazione lungo tre sezioni bilanciate dall'Appennino umbro-marchigiano alla costa adriatica*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. CROP 03, 295-314.
- CALDERONI G., CILLA G., DRAMIS F., ESU D., MAGNATTI M. & MATERAZZI M. (1996a) - *Reconnaissance study of early holocene travertine deposits in the basins of the Esino, Giano, Potenza and Chienti rivers (Umbro-Marchean Apennines, Central Italy)*. Abs. Conference "Late glacial and early holocene climatic and environmental changes in Italy", Trento (Italy, 7-9 Febbraio 1996).
- CALDERONI G., CILLA G., DRAMIS F., ESU D., MAGNATTI M. & MATERAZZI M. (1996b) - *La deposizione di travertino nelle aree prossimali dei fiumi Esino, Potenza e Chienti durante l'Olocene antico (Appennino umbro-marchigiano)*. Il Quaternario, **9** (2), 481-492.
- CANTALAMESSA G., CASNEDI R., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., COLALONGO M.L., CRESCENTI U., MICARELLI A., NANNI T., PASINI M., POTETTI M. & RICCI LUCCHI F. (1986) - *Il Plio-Pleistocene marchigiano-abruzzese*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. "La geologia delle Marche" - Guida all'escursione, 43 pp.
- CARRARA C. (1998) - *I travertini della valle del Pescara tra Popoli e Tor de' Passeri (Abruzzo, Italia centrale)*. Il Quaternario, **11** (2), 163-178.
- CENTAMORE E., COLTORTI M., DRAMIS F., CANTALAMESSA G., D'ANGELO S., DI LORITO L., SACCHI L. & SPOSATO A. (1983) - *Aspetti neotettonici e geomorfologici del Foglio 133-134, Ascoli Piceno-Giulianova*. Pubbl. n. 513 del P.F. Geodinamica, 371-386.
- CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., MICARELLI A., POTETTI M., BERTI D., BIGI S., MORELLI C. & RIDOLFI M. (1991) - *Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del Miocene e del Pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. CROP 11, 125-131.
- CHAFETS H.S. & FOLK R.L. (1984) - *Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents*. Journal Sedim. Petrology, **54** (1), 289-316.
- CILLA G., COLTORTI M. & DRAMIS F. (1994) - *Holocene fluvial dynamics in mountain areas: the case of the river Esino (Appennino Umbro-Marchigiano)*. Geog. Fis. Dinam. Quat., **17**, 163-174.
- CIPRIANI N., MALESANI P. & VANNUCCI S. (1977) - *I travertini dell'Italia centrale*. Boll. Serv. Geol. It., **98**, 85-115.
- COLTORTI M. (1981) - *Lo stato attuale delle conoscenze sul Pleistocene ed il Paleolitico inferiore e medio della regione marchigiana*. Atti I Conv. Beni Culturali e Ambientali delle Marche, Paleane Ed., 63-122.
- COLTORTI M., CONSOLI M., DRAMIS F., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1991) - *Evoluzione geomorfologica delle piane alluvionali delle Marche centro-meridionali*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **14**, 87-100.
- COLTORTI M. & PIERUCCINI P. (2000) - *A late Lower Pliocene planation surface across the Italian Peninsula: a key tool in neotectonic studies*. Journal of Geodynamics, **29**, 323-328.
- D'ALESSANDRO L., GENEVOIS R., BERTI M., URBANI A., TECCA P.R. (2002) - *Geomorphology, stability analysis and stabilization works on the Montepiano travertinous cliff (Central Italy)*. In: ALLISON R.J. (ED.) - Applied Geomorphology: Theory and Practice, Wiley & Sons, 233 pp.
- D'ARGENIO B. & FERRERI V. (1986) - *A brief outline of sedimentary models for Pleistocene travertine accumulation in southern Italy*. Rend. Soc. Geol. It., **9**, 167-170.
- D'ARGENIO B. & FERRERI V. (1992) - *Ambienti di deposizione e litofacies dei travertini quaternari dell'Italia meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 861-868.
- DEIANA G. & PIALLI G. (1992) - *The structural provinces of the Umbro-Marchean Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., 473-484.
- DEMANGEOT J. (1965) - *Geomorphologie des Abruzzes adriatiques*. CNRS, Memoires et Documents, Paris, 403 pp.
- DE SANCTIS L. & FREGONESE D. (1981) - *I travertini di Civitella del Tronto*. Geo-archeologia, 51-60.
- DRAMIS F. (1992) - *Il ruolo dei sollevamenti tettonici ad ampio raggio nella genesi del rilievo appenninico*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1992/1, 9-16.
- DRAMIS F., AGOSTINI S., COLTORTI M., CRESTA S., D'ANGELO S., PANTALEONE A., PICA A., ROSSI A., SACCHI L. & SPOSATO A. (1982) - *Aspetti fisiografici e morfogenesi in atto nei bacini dei fiumi Salinello e Vibrata*. Antropologia Contemporanea, **5** (1/2), 183-188.
- DRAMIS F., MATERAZZI M. & CILLA G. (1999) - *Influence of climatic changes on freshwater travertine deposition: a new hypothesis*. Phys. Chem. Earth (A), **24** (10), 893-897.
- FARABOLLINI P. (1995) - *Evoluzione geomorfologica quaternaria dell'area periadriatica tra Ancona e Vasto*. Università di Perugia, Tesi di dottorato inedita, 154 pp.
- FARABOLLINI P. (1999) - *Il ruolo delle acque correnti superficiali: esempi dall'area della Montagna dei Fiori (TE)*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1999, 93-102.
- FARABOLLINI P., GENTILI B., MATERAZZI M. & PAMBIANCHI G. (2003) - *Freshwater Travertines deposition in mountain area: examples of climatic and tectonic interaction from central Apennine (Italy)*. Procc. Intern. Workshop on "Climate Changes, active tectonics and Related geomorphic effects in high Mountain Belts and Plateaux", Addis Ababa 9-10 dicembre 2002.
- FERRERI V. (1985) - *Criteri di analisi di facies e classificazione dei travertini quaternari dell'Italia centro-meridionale*. Rend. Acc. Scienze Fis. Mat., **52**, 47 pp.
- FORD T.D. & PEDLEY H.M. (1996) - *A review of tufa and travertine deposits of the world*. Earth Science Review, **41**, 117-175.
- GEURTS M.A. (1976) - *Genèse et stratigraphie des travertins de fond de vallée en Belgique*. Acta Geographica Lovaniensia, 16, 66 pp.
- GHISETTI F., FOLLADOR., CASNEDI R. & VEZZANI L. (1994) -

- Assetto tettonico delle zone esterne dell'Appennino abruzzese: elementi di analisi stratigrafico-strutturali.* Atti Tic. Sc. Terra, ser. spec., **2**, 5-43.
- GOLUBIC S., VIOLANTE C., FERRERI V. & D'ARGENIO B. (1993) - *Algal control and early diagenesis in Quaternary travertine formation (Rocchetta a Voltorno, Central Apennines).* Boll. Soc. Paleont. It, vol. spec., **1**, 231-247.
- GOUDIE A. (1993) - *The Human Impact. Man's role in environmental change.* Basil Blackwell, Oxford, 326 pp.
- KEMPE S. & EMEIS K. (1985) - *Carbonate chemistry and the formation of the Plitvice Lakes.* In: DEGENS et al. (Eds). *Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers, Part 3.* Mitt. Geol. Paläontol. Inst. Univ. Hamburg, **58**, 351-383.
- LAMB H. H. (1995) - *Climate history and the modern world.* Routledge, London, 433 pp.
- LOMBARDO M., CALDERONI G., D'ALESSANDRO L. & MICCADEI E. (2001) - *The travertine deposits of the Upper Pescara Valley (central Abruzzi, Italy): a clue for the reconstruction of the late Quaternary palaeoenvironmental evolution of the area.* In: VISCONTI et al. (Eds.) - *Global Change and Protected Areas.* Kluwer Acad. Publ., 459-464.
- MATERAZZI M. (1996) - *I travertini dell'Appennino umbromarchigiano: genesi evoluzione e cronologia.* Tesi di dottorato inedita. Università di Perugia, 1996.
- MIALL A.D. (1978) - *Fluvial sedimentology.* Can. Soc. Petrol. Geol., Mem. 5, 1-47.
- NICOD J. (1986) - *Facteurs physico-chimique de l'accumulation des formations travertineuses.* Méditerranée, 1-2, 161-164.
- ORI G.C., SERAFINI G., VISENTIN C., RICCI LUCCHI F., CASNEDI R., COLALONGO M.L. & MOSNA S. (1991) - *The Plio-Pleistocene adriatic foredeep (Marche and Abruzzo, Italy): an integrated approach to surface and subsurface geology.* 3rd E.A.P.G. Conf., Florence, 85pp.
- PAROTTO M. & PRATURLON A. (1975) - *Geological summary of the Central Apennines.* In: OGNIBEN et al., EDS. *Structural model of Italy: Maps and explanatory notes.* Quaderni Ric. Sci., C.N.R., 90, 257-311.
- PEDLEY H.M. (1990) - *Classification and environmental models of cool freshwater tufas.* Sedimentary Geology, **68**, 143-154.
- PENTECOST A. (1995) - *The quaternary travertine deposits of Europe and Asia minor.* Quat. Science Review, **14**, 1005-1028.
- PENTECOST A. & VILES H. (1994) - *A review and reassessment of travertine classification.* Géographie Physique et Quaternaire, **48** (3), 305-314.
- PREECE R.C., THORPE P.M. & ROBINSON J.E. (1986) - *Confirmation of an interglacial age for the Condat tufa (Dordogne, France) from biostratigraphic and isotopic data.* Journal of Quaternary Science, **1**, 57-65.
- PREITE MARTINEZ M., SEVERA F., TURI B. & FREGONESE D. (1990) - *I travertini di Civitella del Tronto. Aspetti geochimici e giacimentologici.* Rend. Fis. Acc. Lincei, ser. **9**, 1, 15-24.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio n.133-34 - Ascoli Piceno - Giulianova.*
- VAUDORJ. (1986) - *Travertins holocène et pression anthropique.* Méditerranée, **57** (1-2), 165-167.
- VIOLANTE C., D'ARGENIO B. & FERRERI V. (1994) - *Quaternary travertines at Rocchetta a Voltorno (Isernia, Central Italy). Facies analysis and sedimentary model of an organogenic carbonate system.* I.A.S. 15th Reg. Meet., 13-15 April 1994, Ischia, Guide book to the Field Trip, 3-23.
- VIOLANTE C., FERRERI V. & D'ARGENIO B. (1996) - *Modificazioni geomorfiche controllate dalla deposizione di travertino.* Il Quaternario, **9** (1), 213-216.
- WEISROCK A. (1986) - *Géomorphologie et paléoenvironnements de l'Atlas atlantique (Maroc).* Paris, 931 pp.
- ZUBAKOV V.A. & BORZENKOVA I.I. (1990) - *Global Paleoclimate of the Late Cenozoic.* Developments in Palaeontology and Stratigraphy, 12, Elsevier, 453 pp.

Ms. ricevuto l'11 maggio 2004
 Testo definitivo ricevuto il 18 agosto 2004

Ms. received: Maj 11, 2004
 Final text received: August 18, 2004