

LUCA RAGAINI (*)

SEIROCRINUS SUBANGULARIS (MILLER)
DEL TOARCIANO INFERIORE DI HOLZMADEN
(GERMANIA SUD-OCCIDENTALE) E CONSIDERAZIONI
SUL MODO DI VITA DEI CRINOIDI PENTACRINIDI

Riassunto — Viene descritto un esemplare di *Seirocrinus subangularis* (MILLER) proveniente dagli Scisti a «*Posidonia*» del Toarciano inferiore di Holzmaden (Germania sud-occidentale) e sono discusse le ipotesi formulate in merito al possibile habitus di questa specie e, più in generale, dei Crinoidi Pentacrinidi. Vengono inoltre presentati alcuni dati sulla composizione mineralogica dello scisto bituminoso che contiene l'esemplare.

Abstract — *Seirocrinus subangularis* (MILLER) from the lower Toarcian of Holzmaden (S-W Germany) and considerations about the mode of life of Pentacrinid Crinoids. One specimen of *Seirocrinus subangularis* (MILLER) from the Toarcian «*Posidonia*» shales of Holzmaden (S-W Germany) is described. The hypotheses about the mode of life of this specie and, more generally, of the Pentacrinid Crinoids, according to various Authors, are examined and discussed. The hypothesis of a pseudoplanctonic habitus for these group seems more veritable, although some evidences of occasional specimens that may have survived as benthic Crinoids after sinking into a favourable environment are present. Some mineralogical data on the bituminous shales in which the specimen is contained are presented. X-ray diffraction powder pattern of the bituminous shales showed these rock are made of phyllosilicates, quartz, calcite and traces of pyrite. The calcite content has been determined by a gasometric method to be up to 11% in weight.

Key words — Crinoids, Pentacrinids, systematic, mode of life, mineralogical data

PREMESSA, CENNI STORICI E SCOPI DEL LAVORO

Gli scisti a «*Posidonia*» (Toarciano inferiore) della Germania sud-

(*) Centro Interdipartimentale Museo di Storia Naturale e del Territorio, Università di Pisa.

occidentale sono celebri in tutto il mondo per lo splendido stato di conservazione delle faune che hanno restituito. Le associazioni sono costituite essenzialmente da organismi marini sia planctonici (ad esempio Coccolitoforidi e Dinoflagellati) che nectonici (Cefalopodi, Pesci e Rettili, tra gli altri), ma comprendono anche alcune forme di Lamellibranchi e Crinoidi, il cui modo di vita costituisce ancora oggetto di discussione.

Le cave fossilifere sono situate sul territorio di diversi villaggi come Bad Boll, Ohmden, Zell e Holzmaden, tra i quali quest'ultimo, situato a circa 30 Km. a Sud-Est di Stoccarda, è il più noto. Questo giacimento rappresenta, nell'ambito della terminologia utilizzata da SEILACHER *et al.* (1985) per i *Fossil-Lägerstätten*, un «deposito di conservazione» che ha fornito numerosi esempi di fossilizzazioni eccezionali, grazie a particolari condizioni dell'ambiente deposizionale. Tra i fattori che svolgono un ruolo fondamentale nella formazione di questo tipo di depositi, Holzmaden risulta particolarmente legato al regime idrografico (fig. 1) e costituisce un esempio tipico tra i depositi di stagnazione. Questi ultimi sono caratteristici, in linea generale, di bacini marini (o lacustri) ristretti, privi, o quasi, di forti correnti e con scarsa o assente sedimentazione clastica, nei quali gli organismi, provenienti dagli strati d'acqua superficiali o da zone limitrofe ad ossigenazione normale, hanno conservato anche le loro strutture più delicate grazie alla mancanza di agenti distruttori meccanici e biologici.



Fig. 1 - Inquadramento del giacimento di Holzmaden sulla base dei tre fattori dominanti nella formazione dei «depositi di conservazione» (da SEILACHER *et al.*, 1985, modificato).

Nel presente lavoro viene preso in esame un esemplare di *Seirocrinus subangularis* (MILLER) (Crinoidea; Articulata) proveniente dagli scisti bituminosi (*) del Toarciano inf. (Lias ϵ dei geologi tedeschi) di Holzmaden. Esso fu comprato, insieme ad una coppia di Ittiosauri, dal Sig. Bernard Hauff, proprietario di alcune cave fossilifere della zona. L'acquisto, effettuato per una cifra originaria complessiva di circa 585 marchi, fu deciso nel 1903 dal Prof. Sebastiano Richiardi, allora direttore del Museo Zoologico dell'Università di Pisa, che ne dette incarico al Prof. Mario Canavari. L'anno successivo i tre esemplari furono ceduti al Museo di Geologia e Paleontologia e originariamente sistemati nella sala n. 10 (fig. 2); in seguito vennero spostati nella sala Capellini, dove sono rimasti sino al recente trasferimento nel Museo di Storia Naturale della stessa Università, presso la Certosa di Calci, nelle cui sale sono attualmente esposti.

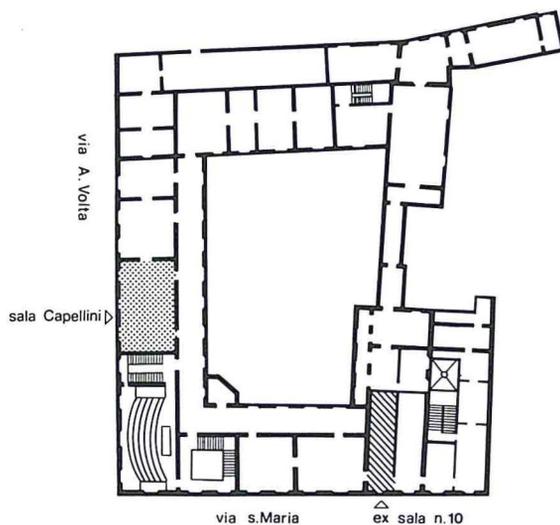


Fig. 2 - Pianta dell'ex Museo di Geologia, Paleontologia e Mineralogia dell'Università di Pisa.

Oltre alla particolareggiata descrizione dell'esemplare, questo studio prende in esame il modo di vita dei Crinoidi Pentacrinidi, soprattutto in relazione all'interpretazione dei bacini con fondali

(*) Il nome di Scisti a *Posidonia* con cui vengono ugualmente indicati è dovuto all'abbondanza del Lamellibranco «*Posidonia*» *bronni* VOLTZ (= *Bositra bronni*).

disaerobici-anaerobici, tipo Holzmaden, dove è stato rinvenuto. Vengono inoltre forniti alcuni dati sulla composizione mineralogica dello scisto bituminoso che contiene l'esemplare.

I CRINOIDI PENTACRINIDI: PSEUDOPLANCTON O BENTHOS?

Le ipotesi formulate in merito al possibile modo di vita di *Seirocrinus subangularis* e, più in generale, dei Crinoidi Pentacrinidi del Giurassico inferiore, si basano essenzialmente sull'analisi di evidenze paleobiologiche, morfologico-strutturali e tafonomiche, e sono quindi legate alle ricostruzioni paleoambientali dei giacimenti dai quali questi fossili provengono.

Il bacino di Holzmaden, in particolare, è stato considerato per molto tempo un ambiente marino stagnante paragonabile al Mar Nero attuale (BROCKAMP, 1944), dove la stratificazione delle acque consentiva la vita soltanto nella zona superficiale, mentre in prossimità del fondo la scarsità di ossigeno da un lato impediva lo sviluppo del benthos, dall'altro ostacolava la proliferazione di forme saprofitiche e la fermentazione batterica, riducendo quindi i processi di biodegradazione-decomposizione *post-mortem* a carico degli organismi più o meno sepolti nel sedimento.

Recenti indagini di tipo biostratigrafico sull'orientazione dei fossili rinvenuti in questi sedimenti hanno messo in evidenza l'azione di correnti di fondo (BRENNER, 1976a, b), modificando quindi, almeno parzialmente, il modello classico sopra descritto. Si tratta di correnti con velocità di almeno 20 cm/sec, non necessariamente continue, con direzione prevalente S-N che si inverte (N-S) in corrispondenza dei livelli del Lias ϵ medio, probabilmente in relazione ad un cambiamento del regime idrodinamico (moti convettivi) associato ad una diminuzione del contenuto in ossigeno, come testimonia, tra l'altro, il più elevato contenuto in bitume dei sedimenti corrispondenti (BRENNER e SEILACHER, 1978; SEILACHER, 1981). Queste evidenze, associate alla presenza di faune indubbiamente bentoniche in particolari livelli della successione stratigrafica, hanno portato all'elaborazione di due nuove interpretazioni, proposte l'una da KAUFFMAN (1978, 1981) e l'altra da BRENNER e SEILACHER (1978) e SEILACHER (1981), che sostanzialmente differiscono per la variazione di ampiezza spazio-temporale della zona anaerobica (*sensu* BYERS, 1977).

Secondo KAUFFMAN (1978, 1981) il fondo del bacino di Holzmaden offriva condizioni di prevalente ossigenazione (con valori oscillanti, ma comunque sempre inferiori a quelli normali) che consentirono

l'insediamento di diverse comunità di organismi dominate dagli invertebrati. Il limite tra zona ossidante e zona riducente fluttuava, rimanendo generalmente nelle immediate vicinanze del fondo, da pochi cm. al di sotto dell'interfaccia acqua-sedimento (eventi sporadici e comunque di breve durata) fino a qualche cm. al di sopra (situazione prevalente). In quest'ultimo caso i tronchi ed i gusci di grandi Molluschi, che giacevano sul fondo, costituivano tanti «isolotti» che venivano colonizzati, nelle parti emergenti al di sopra della zona anaerobica, dagli organismi bentonici. Il mantenimento di una tale stratificazione delle acque, anche in presenza di correnti di fondo, era legato allo sviluppo di un tappeto algo-fungino che riusciva ad intrappolare al suo interno i livelli anaerobici, consentendo però ai sedimenti argillosi di attraversarlo. In particolari condizioni questi livelli potevano occasionalmente raggiungere uno spessore di qualche metro, provocando quindi la totale scomparsa delle faune bentoniche.

Nel modello proposto da BRENNER e SEILACHER (1978) e SEILACHER (1981) la mancanza di ossigenazione del fondo costituiva, al contrario, la situazione predominante nel bacino, solo saltuariamente modificata da eventi di turbolenza legati, con tutta probabilità, a tempeste di superficie. Le più intense di queste, oltre a trasportare resti di vegetali dalle linee di costa, orientavano gli organismi depositatisi sul fondo e provocavano una temporanea ossigenazione degli strati d'acqua più profondi, consentendo l'insediamento di comunità bentoniche (*post-event faunas*) di breve durata nel tempo e poco differenziate a livello specifico.

La presenza di comunità di questo tipo sarebbe invece legata, secondo SAVRDA e BOTTJER (1987), alla fase di transizione che si instaurava nel passaggio da condizioni disaerobiche (da 1.0 a 0.1 ml/L di O₂) ad anaerobiche (meno di 0.1 ml/L di O₂) attraverso la cosiddetta fase exaerobica (da 0.2 a 0.1 ml/L di O₂), la cui presenza ed estensione dipendeva dalla configurazione del bacino e dalla situazione paleoceanografica. I processi di bioturbazione che si sviluppavano in condizioni disaerobiche causavano infatti (SEILACHER, 1989) un'alterazione meccanica del sedimento superficiale e la formazione di livelli nefeloidi che impedivano di fatto l'impianto di faune bentoniche. Con la diminuzione del contenuto in ossigeno e la conseguente cessazione dei fenomeni bioturbativi, l'attività dei microrganismi del substrato stabilizzava quest'ultimo rendendolo colonizzabile da parte di forme bentoniche specialiste, che utilizzavano i batteri in fenomeni di chemiosimbiosi. Un ulteriore abbassamento del livello di ossigeno segnava, infine, la definitiva scomparsa di questi organismi di ambienti «estremi».

Aldilà comunque dei meccanismi che consentivano l'impianto di tali faune, resta il fatto che la durata nel tempo delle condizioni ambientali opportune era molto limitata, e ciò impediva agli organismi di raggiungere stadi ontogenetici piuttosto avanzati. Sulla base di questi dati, quindi, sarebbe da escludere per i grandi esemplari dei Pentacrinidi un modo di vita strettamente bentonico, che diviene invece plausibile facendo riferimento al modello proposto da KAUFFMAN (1978, 1981).

In sostanza si contrappongono due interpretazioni in stretta relazione con le ricostruzioni paleoambientali sopra riportate: la prima considera questo gruppo di Crinoidi forme pseudoplanctoniche fissate a tronchi galleggianti, mentre la seconda ritiene questi organismi strettamente bentonici, ancorati direttamente al substrato o ad oggetti affondati.

Esistono anche ipotesi alternative, come quella di LORIOLO (1878), secondo il quale questi organismi avevano la possibilità sia di ancorarsi che di nuotare grazie ai cirri, strutture che anche KIRK (1911) riteneva adatte al nuoto. Recentemente HAUFF (1984) ha riproposto l'idea di una doppia funzione dei cirri di forma appiattita e ricurva, sebbene HOLLAND e GRIMER (1981) abbiano evidenziato la mancanza, nei cirri delle forme attuali, di fibre muscolari striate, necessarie per compiere i rapidi movimenti tipici del nuoto.

Il primo autore che si è interessato dell'habitus dei Pentacrinidi del Giurassico inferiore è stato BUCKLAND (1836) che, rinvenendo frammenti di tronchi lignificati sovrapposti ad alcuni esemplari di *Pentacrinites fossilis* BLUMENBACH ad essi ancorati, ritenne che questi organismi potessero vivere sospesi nella massa d'acqua con le corone rivolte verso il basso ed utilizzando i tronchi flottanti alla deriva come substrato.

Tale ipotesi è stata ripresa da SEILACHER *et al.* (1968) sulla base di evidenze tafonomiche e morfologico-funzionali relative ad una cinquantina di grandi esemplari di *S. subangularis* contenuti in una lastra di Scisti a Posidonia proveniente da Reutlingen (Germania Federale). In molti di questi individui la corona giace sotto il relativo peduncolo, con le braccia aperte radialmente e talvolta rotte in corrispondenza della base. Nell'affondamento del tronco-substrato, causato dal suo progressivo appesantimento, le corone, infatti, raggiungerebbero per prime il fondo aprendo radialmente le braccia, le quali possono essere soggette a successiva fratturazione per l'azione di rovesciamento laterale esercitata dallo stelo.

SEILACHER *et al.* (1968) hanno inoltre confrontato, a livello di mor-

fologia funzionale, lo stelo di *Encrinus liliiformis* (LAMARCK) (una specie del Trias medio tipicamente bentonica) con quello di *S. subangularis*, basandosi sui dati ricavabili dagli elementi scheletrici (numero, dimensione, forma e spaziatura). I risultati ottenuti indicano una diminuzione del peso ed un aumento della flessibilità dalla zona prossimale a quella distale in *S. subangularis*, esattamente il contrario di quanto verificato per *E. liliiformis*. Tale diversità è ritenuta una conseguenza dell'adattamento funzionale dei Pentacrinidi ad un habitus pseudoplanctonico. Una maggiore flessibilità nella parte terminale dello stelo era infatti necessaria per resistere, ad esempio, alle sollecitazioni esercitate dalle tempeste, mentre nella zona prossimale era richiesta una certa rigidità per mantenere il controllo della posizione «rovesciata» del calice.

La «ipotesi» pseudoplanctonica è sostanzialmente condivisa da diversi Autori (ad esempio GALL, 1978 e 1983; HAUDE, 1979; SEILACHER, 1981; SIMMS, 1986, 1988a e 1989b). Tra questi SIMMS (1986) prende in esame una serie di evidenze paleoecologiche, morfologico-funzionali e tafonomiche relative a numerosi esemplari di alcune specie di Pentacrinidi. In particolare individua alcuni caratteri morfologici, come il modello di parziale ramificazione endotomico e l'assenza di articolazioni sizigiali nelle braccia, nonché la mancanza di articolazioni sinostiali tra i nodali e gli adiacenti internodali distali nel peduncolo (fig. 3), che interpreta come adattamenti rivolti all'ottimizzazione rispettivamente della cattura del cibo e dell'efficienza di ancoraggio.

Appare inoltre significativa la distribuzione stratigrafica di alcuni taxa, come *S. subangularis* e *Pentacrinites dichotomus* (M'COY) che dalla base del Carixiano arrivano, senza apparenti mutamenti, sino alla fine della Zona a Falciferum del Toarciano. Questi taxa attraversano quindi indenni la crisi del Toarciano inferiore (limite tra la Zona a Tenuicostatum e quella a Falciferum), cui sono legate una serie di estinzioni tra i Crinoidi Isocrinidi e molti altri gruppi di invertebrati marini, sia bentonici (come i Bivalvi) che nectonici (ad esempio le Belemniti). Queste estinzioni rappresentano probabilmente un fenomeno di portata regionale provocato da mutamenti di facies e dallo svilupparsi di condizioni anossiche nei bacini toarciani (HALLAM, 1967 e 1986).

L'«immunità» di cui sembrano godere i Pentacrinidi è ritenuta ancora una volta indicativa del particolare modo di vita di questi organismi, legati ai livelli superficiali della colonna d'acqua.

Nel complesso vengono presentate una serie di evidenze a favore di un habitus pseudoplanctonico che non costituiscono però pro-

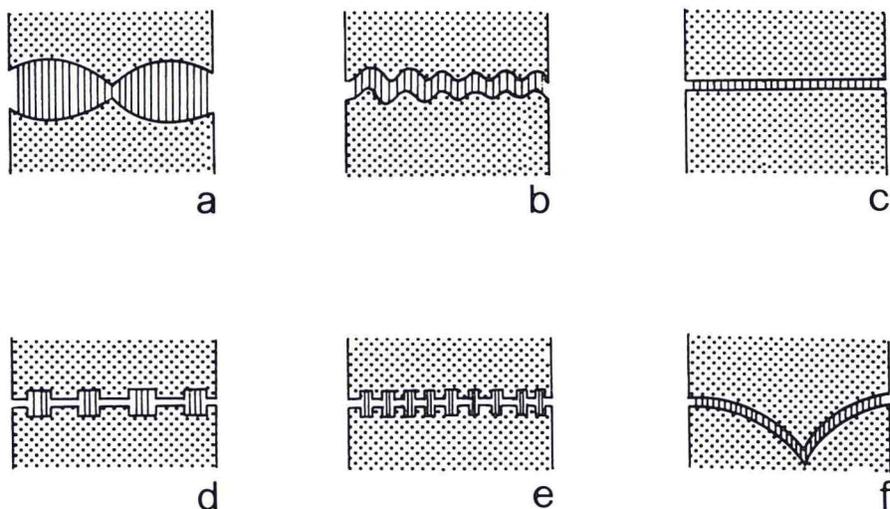


Fig. 3 - Articolazioni ligamentari nel peduncolo e nelle braccia dei Crinoidi: a) sinartriale, b) simplexiale (articolazioni flessibili), c) sinostosiale, d) sizigiale, e) criptosizigiale, f) simmorfiale (articolazioni rigide) (da SIMMS, 1989b).

ve definitive. Gli esemplari rinvenuti isolati, come quello in esame, possono ad esempio rappresentare individui che, staccatisi dal loro ancoraggio originario, sono sopravvissuti sul fondo, almeno temporaneamente, in presenza di condizioni ambientali favorevoli. D'altra parte anche la «interpretazione» bentonica (KAUFFMAN, 1978 e 1981; RASMUSSEN, 1977 e 1978) non è sostenuta da elementi definitivi, basandosi infatti su una serie di deduzioni, ovviamente in contrasto con le precedenti, relative allo stesso tipo di evidenze.

RASMUSSEN (1977) ritiene, ad esempio, strutturalmente simili i peducoli di Pentacrinidi e Isocrinidi (forme, queste ultime, comunemente ritenute bentoniche), in quanto entrambi dotati di articolazioni criptosimplexiali (= sinostosiali) che consentono movimenti differenziali minimi e quindi scarsa flessibilità. Secondo SIMMS (1986), invece, l'acquisizione di questo tipo di articolazioni precede la diversificazione all'interno degli Isocrinidi e quindi la mancanza di tale carattere nei Pentacrinidi rappresenterebbe un possibile adattamento al modo di vita pseudoplanctonico. Recentemente però SIMMS (1988b) modifica la sua precedente opinione, ritenendo più probabile che i Pentacrinidi si siano diversificati prima dello sviluppo di questo carattere.

Anche le particolari condizioni di fossilizzazione dei grandi esemplari di Reutlingen non sono in contrasto, nell'opinione di RASMUS-

SEN (1977), con un habitus bentonico. Negli individui morenti, infatti, il peduncolo si piegherebbe sotto il peso della corona, la quale si disporrebbe con la parte orale verso il basso e con questa orientazione raggiungerebbe il fondo acquisendo la tipica configurazione radiale delle braccia. Tale ricostruzione, in evidente disaccordo con le caratteristiche di flessibilità dello stelo individuate da SEILACHER *et al.* (1968), potrebbe forse essere plausibile facendo riferimento all'ipotesi di MEYER (1971), che identifica nel ligamento collageneo l'elemento al quale è affidato il controllo primario della rigidità. Non esistendo purtroppo forme viventi con uno stelo strutturalmente simile ai Pentacrinidi (SIMMS, 1986), un'eventuale verifica appare assai difficoltosa.

L'elemento più controverso è comunque rappresentato dall'interpretazione dell'associazione tronco-Crinoidi, sulla base del confronto tra le capacità di galleggiamento dei vegetali ed il tempo necessario ai grandi Pentacrinidi per arrivare alle massime dimensioni. Secondo le osservazioni di KAUFFMAN (1978 e 1981) i tronchi affonderebbero in meno di un anno, mentre HAUDE (1979) valuta più appropriato un intervallo di 1.5-2 anni. Trattandosi di tempi chiaramente troppo ridotti in rapporto alle dimensioni raggiunte, KAUFFMAN (1978 e 1981) ritiene probabile che l'associazione sia avvenuta tra esemplari già adulti, alla deriva sul fondo per effetto delle correnti, e frammenti di tronchi affondati. Dopo l'ancoraggio tramite i cirri, gli individui continuavano poi la loro crescita raggiungendo le massime dimensioni.

Queste stime sui tempi di galleggiamento non sono condivise da SIMMS (1986), WIGNALL e SIMMS (1990), secondo i quali l'azione combinata di vari fattori, quali l'attività dei batteri, la densità dell'acqua nonché la pressione osmotica esercitata da quest'ultima sulla miscela gassosa contenuta nel tronco, potrebbe aumentare considerevolmente la capacità di galleggiamento (fino a 10 anni ed anche più), la quale, per altro, è influenzata anche dalle caratteristiche del legno e dalle dimensioni del tronco. Se a ciò si aggiunge l'elevata velocità di crescita dei Pentacrinidi, sembrerebbe possibile ipotizzare tempi di galleggiamento con un ordine di grandezza paragonabile a quello del ciclo vitale di questi organismi.

Secondo l'interpretazione alternativa di BREIMER e WEBSTER (1975) l'habitus pseudoplanctonico sarebbe invece limitato agli stadi giovanili (peduncolo che non supera i 2-3 metri di lunghezza), con un successivo adattamento e sviluppo in ambiente bentonico (BREIMER e WEBSTER, 1975). In questo caso, infatti, l'organismo sfrutterebbe la

già notevole lunghezza del peduncolo per elevarsi al di sopra degli strati poveri di ossigeno utilizzando la capacità di orientare, nelle correnti di fondo, la struttura «a ventaglio parabolico» formata dalle braccia con relative pinnule. L'entità del sollevamento può essere poi variata cambiando la curvatura delle braccia, la disposizione delle pinnule e l'angolo formato tra corona e stelo, ma quest'ultimo tipo di movimento mi sembra in contrasto con le caratteristiche di flessibilità del peduncolo individuate da SEILACHER *et al.* (1968). L'intero sistema viene paragonato ad un aquilone (la corona) collegato a terra da un filo (il peduncolo), cui sarebbe affidato quindi l'esclusivo compito di ancoraggio e non di sostegno.

In definitiva, allo stato attuale delle conoscenze, nessuna tra le recenti ipotesi sopra discusse può essere esclusa con certezza. Personalmente, sulla base delle evidenze tafonomiche, morfologico-strutturali e paleobiologiche esaminate, ritengo assai improbabile che i Pentacrinidi siano forme strettamente bentoniche; appare più verosimile un habitus pseudoplanctonico che WIGNALL e SIMMS (1990) considerano «obbligato», nel senso che l'elevato grado di specializzazione acquisito da questi organismi non consentirebbe di sviluppare una vita bentonica. Questo tipo di problematiche potranno comunque essere risolte soltanto attraverso l'acquisizione di ulteriori dati, in particolare relativi sia ai tempi di galleggiamento dei tronchi-substrato che all'analisi morfologico-funzionale del peduncolo, la cui interpretazione potrà confermare o modificare, forse anche in modo sostanziale, una delle ipotesi già discusse.

OSSERVAZIONI TASSONOMICHE

In letteratura esiste una bibliografia assai vasta sulla specie in esame, ma in molti casi si tratta di semplici citazioni e/o descrizioni parziali e sommarie. Per questo motivo ho ritenuto opportuno limitare la sinonimia ai lavori più recenti e comunque significativi, rimandando alla dettagliatissima sinonimia di BIESE (1936) per gli studi antecedenti a questa data.

Per quanto riguarda la nomenclatura utilizzata nella descrizione del campione, ho fatto riferimento ad UBAGHS (1978).

Classe **Crinoidea**

Sottoclasse **Articulata**

Ordine **Isocrinida** SIEVERTS-DORECK, 1952

Famiglia **Pentacrinidae** GRAY, 1842
 Genere *Seirocrinus* GISLEN, 1824
Seirocrinus subangularis (MILLER, 1821)

- 1955 *Seirocrinus subangularis* - HESS, pag. 484, fig. 9.
 1960 *Pentacrinus subangularis* - HAUFF, pag. 28, tavv. 63-68a.
 1968 *Seirocrinus subangularis* - SEILACHER *et al.*, pag. 275, tav. 48, figg. 1-3.
 1977 *Seirocrinus subangularis* - RASMUSSEN, pag. 51, fig. 1.
 1982 *Seirocrinus subangularis* - KLIKUSHIN, pag. 301, tav. 2, fig. 2.
 1985 *Seirocrinus subangularis* - JAGER, pag. 26, tav. 3, figg. 8-11.
 1987 *Seirocrinus subangularis* - KLIKUSHIN, pag. 332, fig. 2g.
 1989a *Seirocrinus subangularis* - SIMMS, pag. 63, fig. 2B.
 1989b *Seirocrinus subangularis* - SIMMS, pag. 24, tav. 5, figg. 1-19.

DESCRIZIONE - L'esemplare in studio è interessato da un fenomeno di parziale piritizzazione, con la pirite che costituisce uno strato estremamente sottile e discontinuo dai contorni molto irregolari (fig. 4). È probabile che in origine tale strato occupasse una più ampia

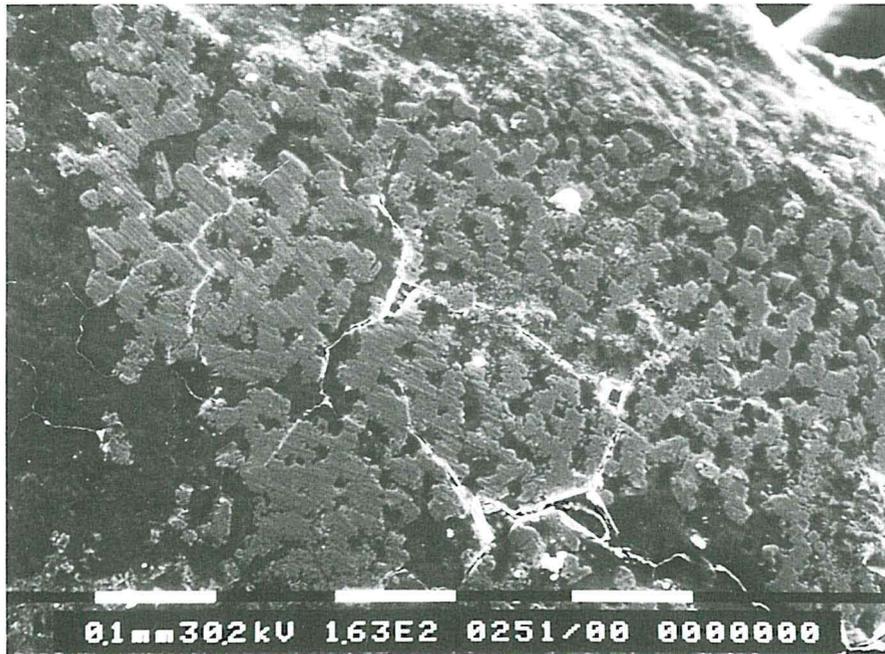


Fig. 4 - Fenomeno di piritizzazione su uno dei columnalia.

porzione superficiale del Crinoide, ma l'intensa lavorazione a cui è stato sottoposto a suo tempo il campione (evidenziata, tra l'altro,

da una fitta serie di microrigature legate alla fase di levigazione-pulitura) ha asportato in parte la pirite.

L'esemplare possiede un peduncolo eteromorfo incompleto di lunghezza superiore al metro (101 cm), i cui columnalia presentano un contorno subpentagonale più o meno arrotondato ed un'altezza variabile (tav. 1). Quelli del primo e del secondo ordine, infatti, sviluppano l'altezza maggiore in corrispondenza delle zone radiali, dove invece quelli del terzo e quarto ordine spesso non raggiungono neppure la superficie esterna. Questi ultimi sono invece visibili nelle zone interradiali, in corrispondenza delle quali la loro altezza è massima.

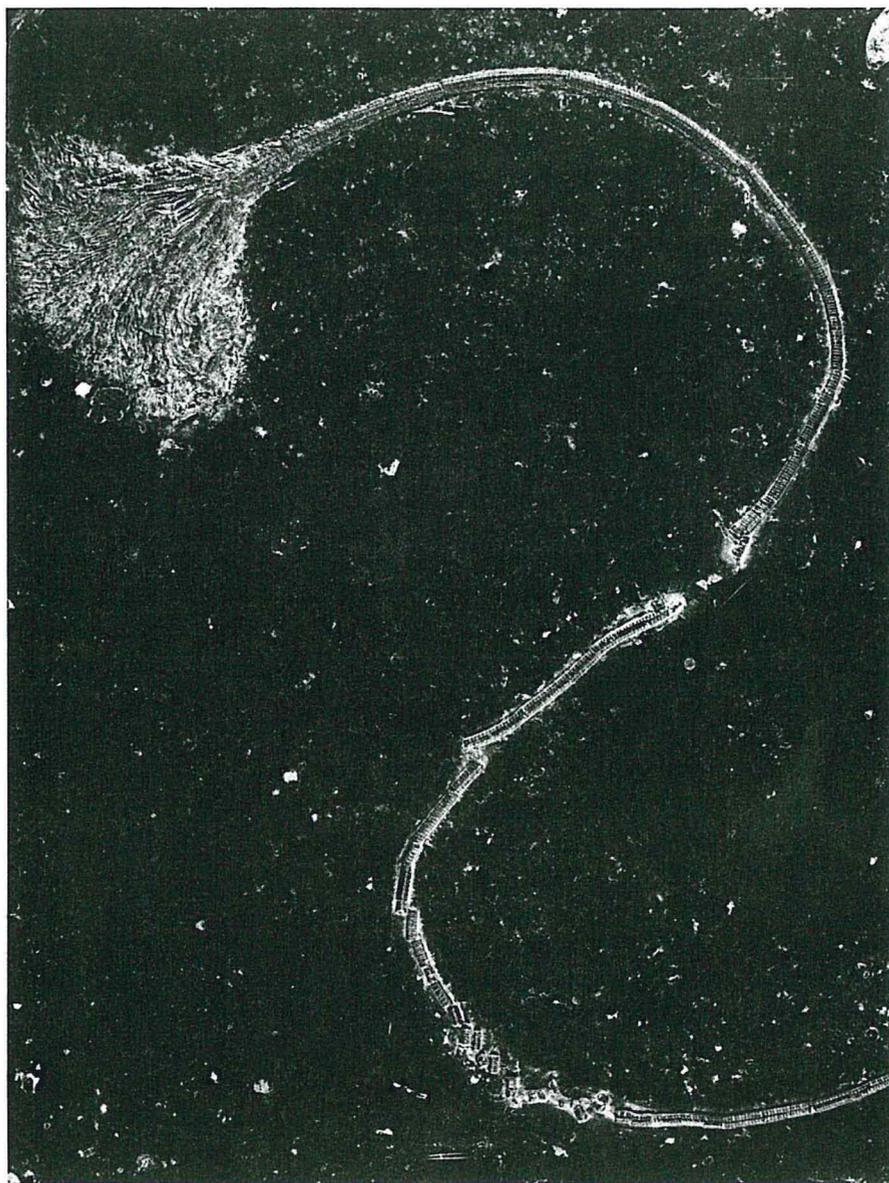
I nodali, la cui altezza è sempre maggiore rispetto a quella dei vari internodali, presentano nelle zone radiali piccole depressioni concave che costituiscono le basi di impianto dei cirri; queste cicatrici, di forma subellittica, non sono situate nella parte mediana, bensì leggermente spostate verso la zona prossimale di ogni nodale.

Nell'esemplare non sono osservabili cirri integri né parzialmente conservati, ma sono visibili in gran numero gli articoli che li costituiscono; essi hanno forma ellittica, superficie liscia ed un canale assiale leggermente eccentrico.

Il numero degli internodali cresce progressivamente dalla zona prossimale verso quella distale, arrivando a 54 nell'ultimo internodo visibile. Poiché negli individui dotati di peduncolo completo i nodali risultano strettamente spazati in corrispondenza dell'estremità distale, così da creare un'elevata concentrazione di cirri utilizzabili per l'ancoraggio, appare evidente l'incompletezza del peduncolo dell'esemplare in studio nel quale il numero degli internodali risulta sempre in aumento nei successivi internodi.

La superficie articolare del columnalia presenta la tipica struttura pentagonale petaloide (petalodium) con areole allungate e piuttosto strette, la cui larghezza aumenta passando dalla zona centrale a quella periferica. Ciascuna di queste è contornata da una trentina, circa, di crenule che decrescono dimensionalmente verso il perilumen. Le crenule di due areole adiacenti sono separate da triangoli radiali convessi, la cui superficie è interessata da vermicolazioni e/o granulazioni (fig. 5).

Le prime due suddivisioni delle braccia rappresentano una dicotomia isotomica, che successivamente si trasforma in una eterotomia endotomica. Il primo ramulo endotomico dà luogo, in zona distale, ad una ulteriore endotomia, mentre gli altri rimangono indivisi.



Tav.1 - Lastra (58 × 44) di scisto bituminoso contenente l'esemplare di *Seirocrinus subangularis* (MILLER) in studio.

OSSERVAZIONI - Le forme isolate di Pentacrinidi, come quella in esame, possono rappresentare, secondo i due modelli interpretativi esaminati, individui bentonici fissati direttamente al substrato o ad og-

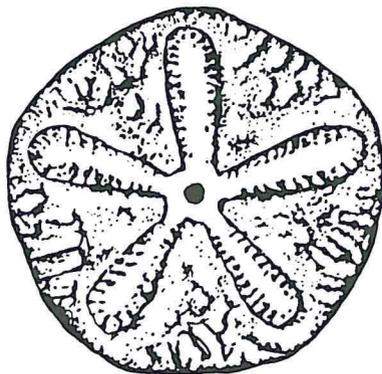


Fig. 5 - Superficie articolare di uno dei columnalia.

getti affondati oppure esemplari pseudoplanctonici che, staccatisi accidentalmente dal loro ancoraggio galleggiante, sono caduti sul fondo e qui eventualmente sopravvissuti per un certo tempo se le condizioni ambientali erano favorevoli.

Le interruzioni nell'allineamento degli elementi del peduncolo sono forse da mettere in relazione con l'effetto trattivo esercitato dalle correnti di fondo su corpi mobili (ad esempio conchiglie) che, con il loro movimento, possono aver asportato o soltanto dislocato alcune parti dello stelo. Eventuali altre tracce dell'attività di correnti non sono purtroppo riscontrabili sulla superficie della lastra, che è stata, a suo tempo, lavorata per la preparazione, a scopo ostensivo, dell'esemplare.

DISTRIBUZIONE - *Seirocrinus subangularis* rappresenta un caso apparentemente unico tra i Crinoidi del Giurassico inf. per l'ampiezza della distribuzione stratigrafica che dalla base del Carixiano arriva fino al Toarciano medio (SIMMS, 1986, 1988a e 1989b), attraversando quindi la crisi del Toarciano inf., che ha interessato quasi tutti i gruppi di invertebrati marini.

Questa specie, inoltre, possiede la più ampia distribuzione areale tra le forme liassiche, essendo segnalata in molte zone dell'Europa (Germania, Francia, Svizzera, Gran Bretagna), in Russia (Siberia orientale e regioni dell'estremo oriente) ed in Alaska. Considerato il particolare modo di vita ipotizzato (pseudoplanctonico), che la rende soggetta all'azione dispersiva delle correnti oceaniche, sarebbe logico attendersi una diffusione geografica più ampia, che, con tutta probabilità, però è documentata soltanto in parte, a causa della faci-

lità di disarticolazione delle strutture scheletriche, tanto che i campioni provengono, in larga maggioranza, da sedimenti tipo «blak shales», dove le probabilità di conservazione di individui interamente articolati, o quasi, sono molto elevate.

DATI MINERALOGICI

L'esemplare in esame è contenuto in una lastra di scisto bituminoso di colore scuro (dimensioni 58 × 44 × 1.5 cm), dalla quale è stata prelevata la quantità di materiale necessaria per effettuare un diffrattogramma di polveri. Dall'esame dei picchi diffrattometrici si è rilevata la presenza di fillosilicati, quarzo, calcite nonché di tracce di pirite. La calcite è stata determinata quantitativamente tramite il metodo gasometrico basato sul dispositivo di SCHINK *et al.* (1979), modificato da LEONE *et al.* (1988). Sulla base delle varie misure effettuate è risultato un valore medio, in peso, del 11%.

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il Prof. M. Franzini per i consigli e le proficue discussioni sulla parte mineralogica, il Dott. N. Perchiazzi per l'analisi diffrattometrica, il Prof. G. Leone per la misurazione quantitativa della calcite, la Prof. E. Menesini per la lettura critica del manoscritto e la Sig.na Silvia Battaglini per la realizzazione dei disegni.

BIBLIOGRAFIA

- BIESE W. (1936) - Crinoidea jurassica. *Fossilium catalogus, I Animalia*, **73**, 275-545.
- BREIMER A., WEBSTER G.D. (1975) - A further contribution to the paleoecology of fossil stalked Crinoids. *Proc. K. Ned. Akad. Wet.*, ser. B, **78**, 149-167.
- BRENNER K. (1976a) - Ammoniten-Gehäuse als Anzeiger von Paleo-Stromungen. *N. Jb. Geol. Paläont.*, Abh., **151**, 101-118.
- BRENNER K. (1976b) - Biostratonomische Untersuchungen im Posidonienschiefer (Lias Epsilon, Unteres Toarcium) von Holzmaden (Württemberg, Sud-Deutschland). *Zbl. Geol. Paläont.*, **11**, 1976, 223-226.
- BRENNER K., SEILACHER A. (1978) - New aspects about the origin of the Toarcian Posidonia Shales. *N. Jb. Geol. Paläont.*, Abh., **157**, 11-18.
- BROCKAMP B. (1944) - Zur Palaogeographie und Bitumenführung des Posidonienschiefers im deutschen Lias. *Archiv. f. Lagerstättenf.*, **77**, 59 pp.

- BUCKLAND W. (1836) - Geology and mineralogy, considered with respect to natural theology. *Bridgew. Treatises*, 1, 618 pp., London.
- BYERS C.W. (1977) - Biofacies patterns in euxinic basins: a general model. *S.E.P.M.*, spec. publ. n. 25, 5-17.
- GALL J.-C. (1979) - Paleocologie et Paleoenvironnements de quelques schistes bitumineux. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, 75, 19-31.
- GALL J.-C. (1986) - Il giacimento fossilifero di Holzmaden. *Le Scienze. Quaderni* n. 42, 1988, 60-66.
- GISLEN T. (1924) - Echinoderm studies. *Zool. Bidrag Uppsala*, 9, 3-330.
- GRAY J.E. (1842) - Synopsis of the contents of the British Museum. 308 pp., London.
- HALLAM A. (1967) - An environmental study of the upper Domerian and lower Toarcian in Great Britain. *Phil. Trans. R. Soc. London*, B252, 393-445.
- HAUDE R. (1979) - Constructional morphology of the stems of Pentacrinidae and mode of life of *Seirocrinus*. in JANGOUX M. (ed.) - Echinoderms: present and past, 17-33, Balkema, Rotterdam.
- HAUFF B. (1960) - Das Holzmadenbuch. 54 pp., Ohringen.
- HAUFF R.B. (1984) - *Pentacrinites quenstedti* (OPPEL) aus dem Untertoarcium (Lias Epsilon) von Ohmden bei Holzmaden (SW-Deutschland). *Paläont. Z.*, 58 (3/4), 255-263.
- HESS H. (1955) - Zur Kenntnis der Crinoidenfauna des Schweizer Jura. I. Die Gattungsmerkmale von *Isocrinus* und *Pentacrinus*. *Ecl. Geol. Helv.*, 58 (2), 468-486.
- HOLLAND N.D., GRIMMER J.C. (1981) - Fine structure of the cirri and a possible mechanism for their motility in stalkless crinoids (Echinodermata). *Cell and Tissue Res.*, 214, 207-217.
- JAGER M. (1985) - Die Crinoiden aus dem Pliensbachium (mittlerer Lias) von Rottorf am Klei und Empelde (Süd-Niedersachsen). *Ber. natur. Ges. Hannover*, 128, 71-151.
- KAUFFMAN E.G. (1978) - Benthic environments and paleoecology of the Posidonienschiefer (Toarcian). *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 157, 18-36.
- KAUFFMAN E.G. (1981) - Ecological Reappraisal of the German Posidonienschiefer (Toarcian) and the Stagnant Basin Model. In GRAY J., BOUCOT A.J., BERRY W.B.N. (eds.) - *Communities of the past.*, 311-381, Hutch. Ross Publ. Comp., Stroudsburg.
- KIRK E. (1911) - The structure and relationship of certain eleutherozoic Pelmatozoa. *Proc. U. S. Natn. Mus.*, 41, 1-137.
- KLIKUSHIN V.G. (1982) - Taxonomy survey of fossil Isocrinids with a list of the species found in the USSR. *Geobios*, 15 (3), 299-325.
- KLIKUSHIN V.G. (1987) - Crinoids from the Middle Rosso Ammonitico beds. *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 175, 235-260.
- LEONE G., LEONI L., SARTORI F. (1988) - Revisione di un metodo gasometrico per la determinazione di calcite e dolomite. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. ser A*, 95, 7-20.
- LORIOI P. (de) (1878) - Notice sur le *Pentacrinus* de Sennecey-le-Grand. 14 pp., Chalon-sur-Saone.
- MEYER D.L. (1971) - The collagenous nature of problematic ligaments in crinoids (Echinodermata). *Mar. Biol.*, 9, 235-241.

- MILLER J.S. (1821) - A natural history of the Crinoidea or lilyshaped animals, with observation on the genera *Asteria*, *Euryale*, *Comatula* and *Marsupites*. 150 pp., Bryan & Co., Bristol.
- RASMUSSEN H.W. (1977) - Function and attachment of the stem in Isocrinidae and Pentacrinidae: review and interpretation. *Lethaia*, **10**, 51-57.
- RASMUSSEN H.W. (1978) - Articulata. In: MOORE R.C., TEICHERT C. (eds.) - Treatise on invertebrate paleontology. Part T. Echinodermata, 2 (3), T813-T928, Geol. Soc. Am., Kansas.
- SAVRDA C.E., BOTTJER D.J. (1987) - The exaerobic zone, a new oxygen-deficient marine biofacies. *Nature*, **327**, 54-56.
- SCHINK J.C., STOCKWELL J.H., ELLIS R.A. (1979) - An improved device for gasometric determination of carbonate in sediment. *Journ. Sed. Petrol.*, **49**, 651-653.
- SEILACHER A. (1981) - Posidonia shales (Toarcian, S. Germany) - Stagnant basin model revalidated. In: MONTANARO GALLITELLI E. (ed.) - Palaeontology, essential of Historical Geology. 25-55, S.T.E.M. Mucchi, Modena.
- SEILACHER A. (1989) - Taphonomy of Fossil-Lägerstätten: Overview. In: BRIGGS D.E.G., CROWTHER P.R. (eds.) - Palaeobiology: a synthesis., 266-270, Blackwell, London.
- SEILACHER A., DROSDZEWSKI G., HAUDE D. (1968) - Form and function of the stem in a pseudoplanktonic crinoid (*Seirocrinus*). *Paleont.*, **11**, 275-282.
- SEILACHER A., REIF W.E., WESTPHAL F. (1985) - Sedimentological, ecological and temporal patterns of fossil Lägerstätten. *Phil. Trans. R. Soc. London.*, B **311**, 5-23.
- SIEVERTS-DORECK H. (1952) - Isocrinida. In: MOORE R.C., LALICKER C.G., FISCHER A.G. - Invertebrate fossils., 766 pp., McGraw-Hill, New York.
- SIMMS M.J. (1986) - Contrasting lifestyle in lower Jurassic Crinoids: a comparison of benthic and pseudopelagic Isocrinida. *Paleont.*, **29**, 475-493.
- SIMMS M.J. (1988a) - Patterns of evolution among lower Jurassic Crinoids. *Hist. Biol.*, **1**, 17-44.
- SIMMS M.J. (1988b) - The phylogeny of post-Palaeozoic crinoids. In: PAUL C.R., SMITH A.B. (eds.) - Echinoderm phylogeny and evolutionary biology., 269-284, Clarendon Press, Oxford.
- SIMMS M.J. (1989a) - Columnal ontogeny in articulate crinoids and its implications for their phylogeny. *Lethaia*, **22**, 61-68.
- SIMMS M.J. (1989b) - British lower Jurassic Crinoids. *Monog. Palaeont. Soc.*, 102 pp.
- UBAGHS G. (1978) - Skeletal morphology of fossil Crinoids. In: MOORE R.C., TEICHERT C. (eds.) - Treatise on invertebrate Paleontology. Part T. Echinodermata. 2 (1), T58-T216, Geol. Soc. Am., Kansas.
- WIGNALL P.B., SIMMS M.J. (1990) - Pseudoplankton. *Paleont.*, **33** (2), 359-378.

(ms. pres. il 5 settembre 1990; ult. bozze il 28 dicembre 1990)