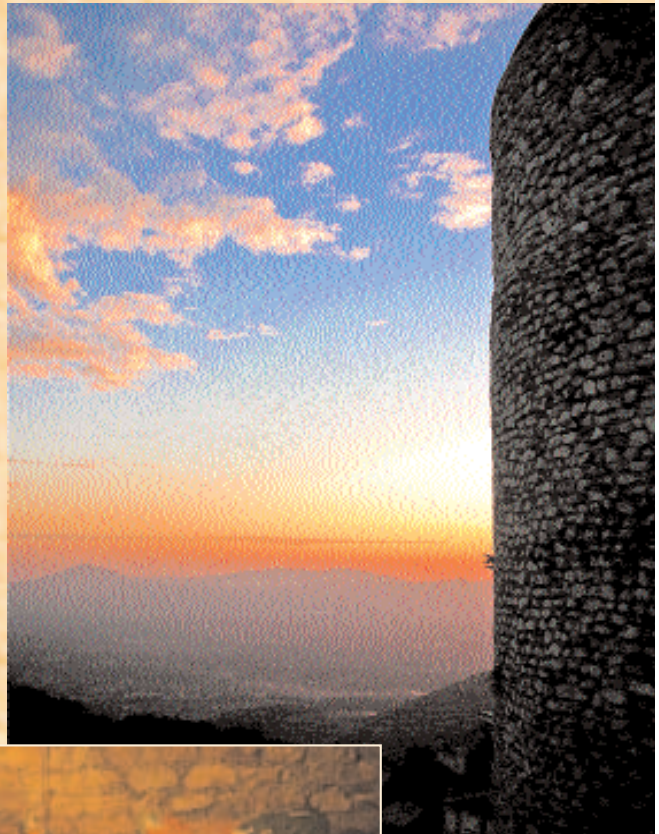


# Museo Geopaleontologico *“Ardito Desio”*

Rocca di Cave



Dicembre 2010  
N. 2-3



Regione Lazio



Provincia di Roma



Comune di Rocca di Cave



Rete Sistemica Naturale



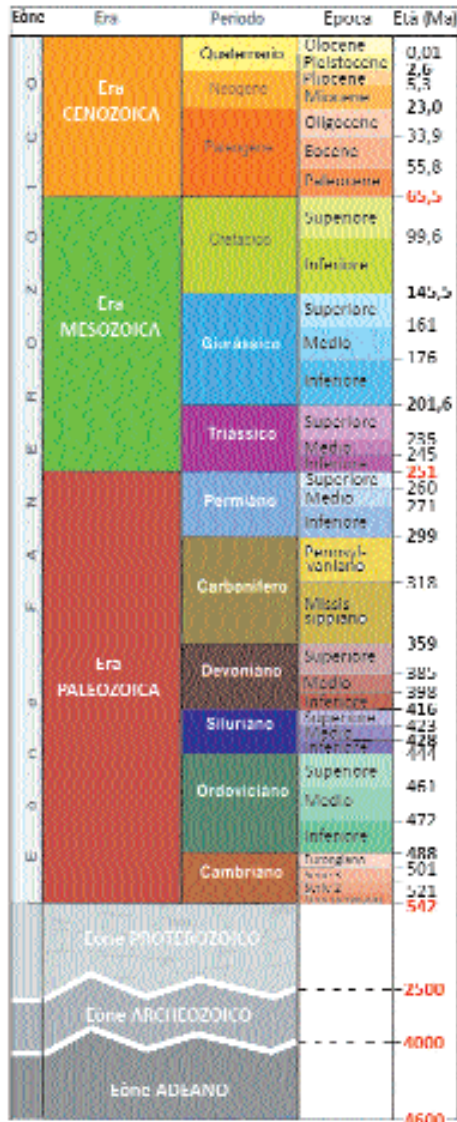
Università Roma Tre



Museo Civico

### SCALA DEI TEMPI GEOLOGICI

(Ma = milioni di anni)



Tratta da: Geological Society of America, 2009

### Schema di classificazione tassonomica

Schema gerarchico delle categorie tassonomiche usate in paleontologia per la classificazione dei fossili: ogni livello è costituito da un gruppo di elementi compresi nella categoria sottostante e comprende più elementi di quella soprastante. Ad esempio, ogni ordine comprende più famiglie, ciascuna famiglia più generi ecc. (disegno modificato da Woese, 1990).



◀ In copertina: Tramonto sull'antico vulcano dei Colli Albani, dal terrazzo della Rocca Colonna (foto F. Grossi). Nel riquadro: plastico dei Colli Albani, aperto per mostrare la struttura profonda del vulcano (sala A del Museo).



## QUADERNI / MUSEO

PERIODICO QUADRIMESTRALE

Anno I - N. 2-3

Registrazione Tribunale di Roma  
n. 105 del 4/04/2011

Publicazione finanziata con il contributo  
della Provincia di Roma, L.R. 42/97

**Direttore responsabile:**

Paolo D'Angelo

**Comitato scientifico:**

A. Altamore, L. Campanella,  
A. Kotsakis, C. Marangoni, M. Mattei

**Comitato di redazione:**

Chiara Amadori, Maurizio Chirri,  
Francesco Grossi, Maurizio Parotto

**Collaborazioni redazionali:**

C. Amadori  
(disegni, ove non specificamente indicato)  
S. Mora (preparazione testi)

**Sede:**

Cooperativa "Archimede",  
Via Nomentana, 175 - 00161 Roma  
E-mail: hipparcos.cds@tiscali.it

**Impaginazione e grafica:**

mario-bardelli@hotmail.it

**Stampa:**

Tipografia Rotastampa s.a.s.,  
Via Giuseppe Mirri, 21 - 00159 Roma

Finito di stampare: Novembre 2011

### ARTICOLI

- 4 **Conoscere il territorio.** *Lungo le rive di un antico mare.* Itinerario guidato - Maurizio Parotto
- 40 **I fossili del Museo "Ardito Desio".**  
*Sauvagesia sharpei* - Francesco Grossi  
*Neithea zitteli* - Francesco Grossi
- 60 **Prevedere gli eventi naturali.**  
*Terremoti e "bufale"* - Francesco Grossi
- 70 **Archivi della Terra: il clima.** *Gli archivi degli antichi mutamenti climatici e le cause delle variazioni climatiche* - Maurizio Chirri
- 82 **I Protagonisti.**  
*Carlo Felice Parona* - Francesco Grossi
- 95 **La conquista dello spazio.**  
*12 aprile 1961: l'alba dell'avventura* - Paolo D'Angelo
- 102 **Lune di mondi lontani.** *Una veloce visita alle lune dei pianeti esterni* - Sergio Alessandrelli

### RUBRICHE

- 26 **Geo news** (a cura di F. Grossi e C. Amadori)
- 36 **Paleo news** (a cura di F. Grossi)
- 49 **Museologia**  
*Il Polo Museale della Sapienza* - Luigi Campanella
- 52 **Costruire strumenti e modelli.** *Costruire un orologio solare zodiacale* (a cura di M. Chirri e B. Pulcinelli)
- 80 **Meteo.** *Il tempo che ha fatto. Ottobre-dicembre 2010* (a cura dell'Associazione E. Bernacca)
- 90 **Brevi dal Sistema Solare** (a cura di M. Chirri)
- 100 **Variabilia.** *Stelle variabili: RS Ophiuchi* (a cura di M. Vincenzi)
- 106 **Il cielo nel mirino** (a cura di B. Pulcinelli)

### UN LIBRO ALLA VOLTA

- 65 E. Boschi, R. Piumini **Non sta mai ferma**  
(a cura di F. Grossi)
- 66 Antonio Pennacchi **Le iene del Circeo**  
(a cura di A. Billi e M. Mattei)

### GEO-QUIZ

- 58 **Soluzioni cruciverba** (del Quad. 1) e nuovi giochi  
(a cura di Akira)

### APPUNTAMENTI AL MUSEO

- 89 **Attività didattica del museo**
- 105 **La rocca delle stelle: serate osservative**

# Lungo le rive di un antico mare

Itinerario guidato alla scoperta  
delle antiche scogliere di Rocca di Cave

Maurizio Parotto

## INTRODUZIONE

Questo itinerario guidato propone un percorso tra Palestrina e Rocca di Cave, attraverso la *scarpata sabina*, la *soglia occidentale della Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese* e la *trasgressione miocenica*; più esattamente, attraverso le testimonianze – rocce e fossili – che hanno permesso ai geologi di ricostruire gli antichi ambienti da cui ha preso origine questa parte dell'Appennino. Il percorso si svolge su strada e per il tratto Palestrina-Rocca di Cave (che comprende i punti di sosta 1 e 2) richiede l'uso di un mezzo proprio. Se invece si intende raggiungere Rocca di Cave con mezzi pubblici, si può fare facilmente a piedi dal paese il tratto di percorso che comprende le soste 3, 4 e 5.

Non serve un abbigliamento «particolare», bastano scarpe comode... mentre sono consigliabili macchina fotografica, una lente (6-9 ingrandimenti) e una scala dei tempi, come quella inserita nella seconda pagina di copertina di questo Quaderno.

Prima di partire, conviene recuperare qualche informazione sulle piattaforme

carbonatiche. Premettiamo perciò, per chi sia interessato, una breve introduzione su queste imponenti strutture sedimentarie. Chi conosce già l'argomento, può passare direttamente alla descrizione dell'itinerario.

### *Cos'è una piattaforma carbonatica*

Lunghi anni di studi dei diversi pacchi di rocce stratificate che formano i numerosi rilievi montuosi grandi e piccoli dell'Appennino centrale e meridionale, completati dall'esame di migliaia di campioni recuperati da sondaggi nel sottosuolo (effettuati per ricerche petrolifere), hanno permesso di ricostruire il processo sedimentario che ha dato origine ai materiali coinvolti nell'edificazione dell'attuale catena montuosa. Si è messo in luce, così, un processo prolungatosi per oltre duecento milioni di anni, che ha visto svilupparsi essenzialmente due tipi di ambienti marini, associati nel cosiddetto *sistema piattaforma carbonatica-bacino*.

Una *piattaforma carbonatica* in senso geologico si forma in acque marine basse (profonde solo pochi metri), sul cui fondo di depositano grandi quantità di sedimenti *carbonatici*, cioè costituiti da carbonato di calcio, che nel tempo si

Maurizio Parotto: Ordinario di Geologia,  
Università degli studi "Roma Tre"

trasformano nelle rocce ben note come *calcari* e – in particolari condizioni – *dolomie* (carbonato doppio di calcio e magnesio).

L'area in cui si forma una piattaforma carbonatica è in lento e continuo sprofondamento (indicato con il termine *subsidenza*) e se la deposizione di sedimenti, dovuta in gran parte all'attività di particolari organismi, riesce a compensare via via lo sprofondamento, finiscono per accumularsi uno sull'altro migliaia di strati di carbonati. Una tipica piattaforma carbonatica si presenta con dimensioni areali da decine a centinaia di km e, con il tempo, può raggiungere spessori di centinaia o migliaia di metri, costituiti pressoché per intero di calcari e dolomie, mentre intorno ad essa si accumulano rocce diverse.

Ambienti di piattaforma carbonatica come quello descritto sono distribuiti

oggi nei mari della fascia tropicale, in aree caratterizzate da acque calde, limpide e ben ossigenate, e si presentano con aspetti diversi a seconda che si sviluppino in prossimità di una costa o isolate in pieno oceano (fig. 1).

Le piattaforme isolate costituiscono il modello prevalente di quelle riconosciute nella storia geologica dell' Appennino centro-meridionale (identificate come *laziale-abruzzese*, *campano-lucana*, *apula*, ecc.). Negli oceani attuali esse sono rappresentate da banchi carbonatici situati al largo delle piattaforme continentali, in pieno oceano, circondati da acque profonde centinaia o migliaia di metri.

La sedimentazione è diversa tra l'interno e il margine della piattaforma. Nelle aree più interne e protette (lagune estessime e pochissimo profonde), dove l'acqua è pochissimo agitata, si accumulano *fanghi calcarei*, prodotti dall'at-

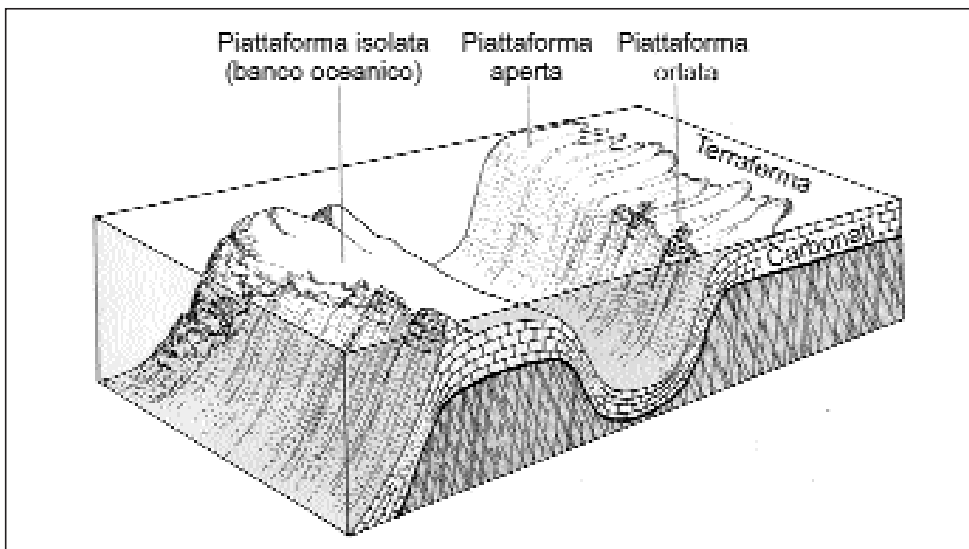


Figura 1 - Schema di piattaforme carbonatiche sviluppatesi in prossimità di una costa (orlate, cioè con tratti del margine emersi, e aperte, cioè totalmente sommerse) oppure isolate, in pieno oceano.

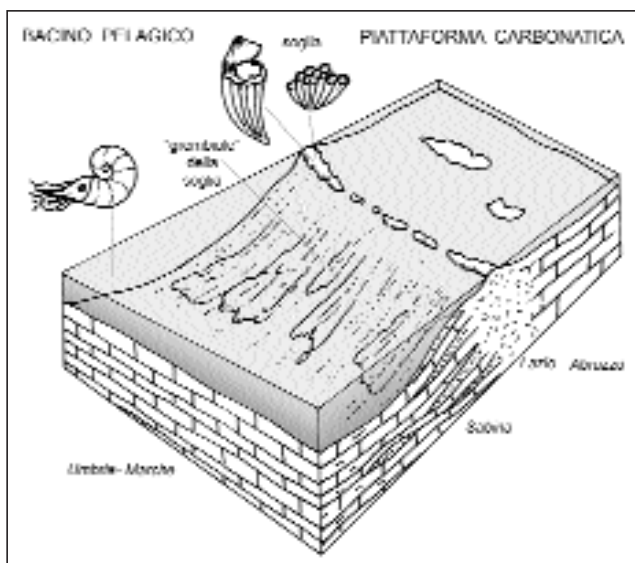


Figura 2 - Ricostruzione schematica di un settore della piattaforma carbonatica laziale abruzzese, al passaggio verso il bacino pelagico umbro-marchigiano. Sono stati rappresentati la soglia, al margine della laguna interna, e la scarpata, con il tipico "grembiule", formato dai detriti che scendono dall'orlo della piattaforma.

tività di particolari tipi di alghe e di foraminiferi (organismi monocellulari), che costituiscono la principale fonte del carbonato di calcio (una parte minore è di tipo puramente chimico). Lungo i margini di tali aree, invece, dove l'energia delle acque (dovuta al moto ondoso e alle maree) e l'ossigenazione sono molto più elevate, si formano classiche *scogliere coralligene*, costruite dall'attività di organismi di vario tipo. Le Isole Bahamas, nell'Oceano Atlantico, al largo della Florida, costituiscono l'analogo attuale più noto. Per le piattaforme dell'Appennino si parla perciò comunemente di "modello bahamiano" (fig. 2). Di tutta la piattaforma, l'ambiente più ricco di vita, che lascia abbondanti resti fossili, è la scogliera, più esattamente denominata *soglia* della piattaforma; in

tale posizione si sviluppano numerosi tipi di *organismi costruttori*, come coralli, alghe, briozoi, gasteropodi, lamellibranchi e altri ancora, che con le loro parti "dure", cementate insieme, formano una robusta impalcatura (fig. 3). Rimandiamo per ogni altro dettaglio e approfondimento all'articolo "*Le scogliere del passato*", pubblicato sul numero scorso di questa rivista, e descriviamo, invece, brevemente l'altro membro del sistema piattaforma-bacino.

Il *bacino pelagico* (che in seguito indicheremo semplicemente come *bacino*) indica la parte di mare che

circonda la piattaforma carbonatica: all'esterno della soglia, infatti, il fondo del mare scende rapidamente e la profondità delle acque passa a centinaia e migliaia di metri. Il ripido declivio che parte dalla soglia costituisce la *scarpata* della piattaforma e lungo di essa scendono e si accumulano per gravità grandi quantità di detriti, formati a spese della soglia, le cui strutture sono frequentemente aggredite e frammentate da violente mareggiate. Le acque sovrastanti la scarpata e la sua prosecuzione sono popolate da organismi *pelagici*, totalmente diversi da quelli di piattaforma, i cui resti si mescolano a sedimenti differenti da quelli della piattaforma; a partire dalla soglia, sul fondo del mare si trova la fascia di detriti che scendono lungo la scarpata (il cosiddetto "grem-

biule della soglia”) e, man mano che ci si allontana dalla scarpata, strati di marne, argille, selce, arenaria variamente alternati. Come si può comprendere, le rocce di un bacino si distinguono nettamente da quelle di una piattaforma, sia per la loro natura, sia per i fossili che contengono, e possiamo così ricostruire il mosaico di ambienti marini che hanno dato origine, in milioni di anni, alle rocce dell’Appennino. Un’ultima informazione. Nel tempo, le piattaforme carbonatiche registrano fedelmente ogni oscillazione che il livello del mare subisce ciclicamente (con periodi che vanno dalle migliaia alle centinaia di migliaia di anni) e lo fanno modificando il loro sviluppo per adattarsi alle nuove condizioni. In alcuni periodi il livello del mare si abbassa gradualmente per migliaia di anni e finisce per arrestarsi a lungo in quello che viene chiamato “*stazionamento basso*”: in tali condizioni, a ridosso della vecchia soglia rimasta emersa si forma una fascia di

brecce a grandi blocchi e di detriti depositi in acqua lungo pendii a forte acclività. Nello stesso tempo, l’intera piattaforma emersa è soggetta a fenomeni carsici e la sua superficie si ricopre di cavità (doline) e di solchi. Quando invece il livello del mare si solleva fino a raggiunge il massimo del ciclo e vi rimane per lunghi periodi (“*stazionamento alto*”), si assiste ovviamente all’avanzata generale del mare che sommerge abbondantemente la piattaforma. Come conseguenza, gli organismi responsabili della sedimentazione carbonatica migrano per rimanere in acque basse (i coralli coloniali, per esempio, devono rimanere a modeste profondità per sopravvivere) e la fascia della soglia si ricostituisce in una posizione diversa dalla precedente: nuovi accumuli sedimentari carbonatici si diffondono su tutta l’estensione della piattaforma. Come risultato, strato dopo strato le rocce delle antiche piattaforme carbonatiche registrano, con il tipo e la distri-

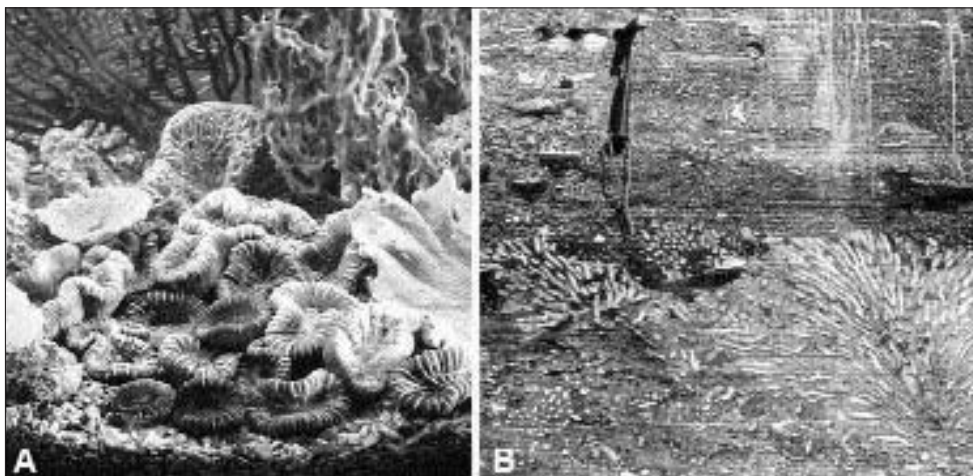


Figura 3 - (A) Un esempio della ricca associazione di organismi costruttori in una scogliera attuale. (B) Cespi di coralli fossili di una soglia di oltre 200 milioni di anni fa, affioranti nelle Alpi Calcaree Settentrionali.

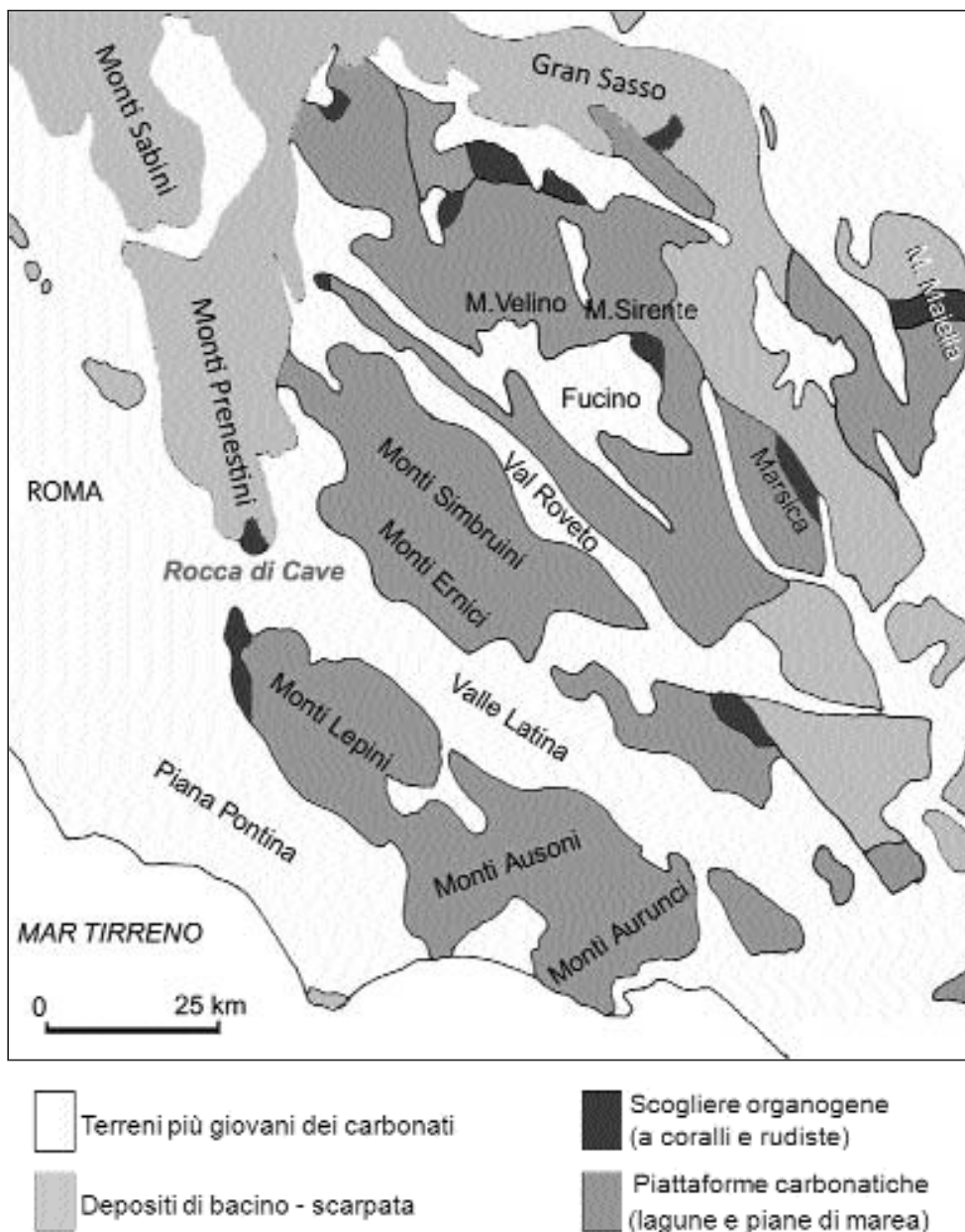


Figura 4 - Distribuzione dei resti della Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese (e di un lembo della piattaforma della Maiella, del tutto simile) nell'Appennino centrale; sono stati messi in evidenza i tratti di soglia conservati. Nel processo di deformazione, il grosso «piastrone» di calcari si è lacerato in numerosi settori, spinti ad accavallarsi parzialmente uno sull'altro (come tegole di un tetto), fino a formare le lunghe dorsali montuose che oggi caratterizzano questa parte dell'Appennino.



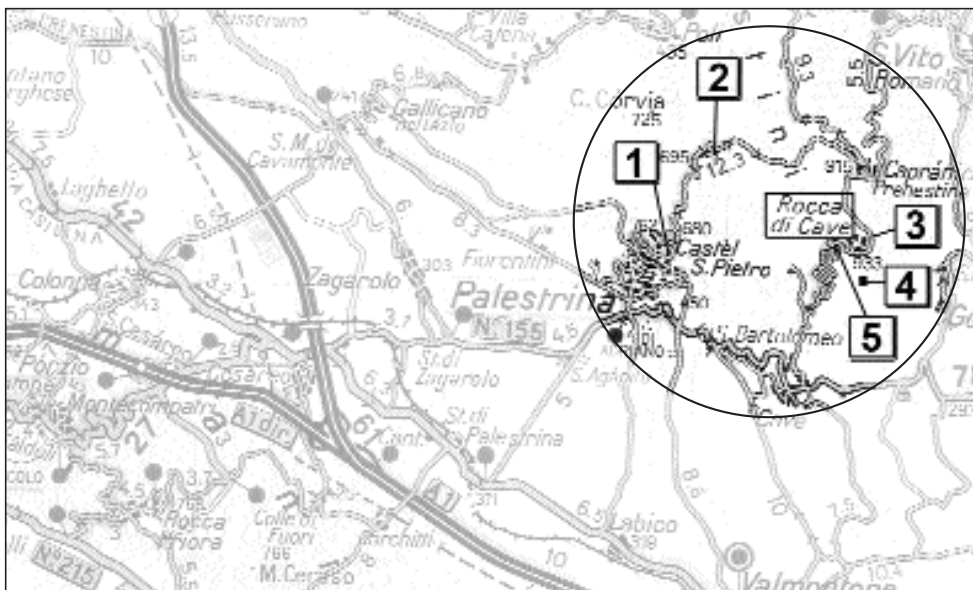


Figura 5 - Stralcio stradale dell'area dell'itinerario. A Palestrina si può arrivare da S. Cesareo, che si raggiunge con la Via Prenestina o con l'Autostrada A1dir. È messo in evidenza il percorso da Palestrina a Rocca di Cave; i numeri nei riquadri indicano la posizione dei punti di sosta previsti.

buzione spaziale dei sedimenti, il continuo “respiro” degli oceani, prodotto da numerosi fattori: alcuni di importanza locale (sollevamenti e abbassamenti di settori della crosta terrestre), altri di portata planetaria (legati a cause astronomiche). Per approfondimenti su questi aspetti si rinvia all'articolo “*Gli archivi dei mutamenti climatici e le cause delle variazioni climatiche*”, pubblicato nello scorso numero di questa rivista e completato in questo stesso numero.

### **La piattaforma carbonatica laziale-abruzzese**

Come già accennato, nell'antico oceano in cui si sono formate le rocce dell'Appennino si sono sviluppate alcune grandi piattaforme carbonatiche, separate da ampi bacini e bracci di mare.

Dopo circa 150 milioni di anni di lenta crescita, i movimenti della crosta fecero mutare profondamente quella geografia: interi settori del fondo oceanico furono deformati e grandi pacchi di rocce iniziarono a scivolare uno sull'altro, muovendosi da ovest verso est, fino a far emergere dal mare lunghe dorsali, che finirono per costruire l'ossatura della nostra penisola, mentre l'Oceano ligure-piemontese (dal quale si erano già formate le Alpi) si estingueva. Nel corso di tali movimenti, durati molti milioni di anni, ma non ancora del tutto esauriti, i rigidi e grossi “piastroni” delle piattaforme carbonatiche si frammentarono in blocchi che si accatastarono in modo complesso, coinvolgendo nella deformazione anche le rocce dei bacini, meno resistenti. I resti di una di quelle piattaforme, che i geologi

hanno chiamato *laziale-abruzzese*, formano oggi gran parte dei rilievi montuosi del Lazio centro-meridionale e del contiguo Abruzzo. La figura 4 mostra uno schema geologico semplificato degli affioramenti della piattaforma e dei bacini che la circondavano. Come si vede, la maggior parte dei rilievi è formata da lembi della piattaforma interna, la laguna, mentre i resti della fascia di soglia, che si sono salvati dalle intense deformazioni e dall'erosione, sono molto pochi e di modeste estensioni: uno di questi affiora a Rocca di Cave. Quella è la meta del nostro itinerario.

## L'ITINERARIO GUIDATO

### Da Palestrina a Rocca di Cave

L'itinerario inizia da Palestrina, adagiata sullo sperone SW dei Monti Prenestini, là dove l'ampio mantello di tufi che ricopre gran parte della Campagna Romana si arresta contro i primi contraforti dell'Appennino (fig. 5).

Palestrina (l'antichissima *Preneste*, fondata, secondo Tito Livio, da Telegono, figlio di Ulisse e di Circe) si può raggiungere da Roma seguendo la Via Prenestina Nuova, che ricalca in genere il percorso dell'antica via romana (il lungo rettilineo alberato finale è fiancheggiato dal basolato originale, in blocchi di lava leucitica del Vulcano laziale, quasi intatto per lunghi tratti). Meno pittoresco, ma con migliore sede stradale è il percorso lungo la Via Casilina, fino poco oltre S. Cesareo, e poi lungo la S.S. n°155 di Fuggi; si può anche raggiungere S. Cesareo con l'autostrada Roma-Napoli, uscendo al casello omonimo e proseguendo poi lungo la S.S. n°155.

Entrati in Palestrina, si prosegue a monte della città lungo la carrozzabile che sale a Castel S. Pietro Romano (S.P. 58/a Palestrina-Capranica); se non si è interessati alla visita di Palestrina, una volta risalito il Viale Pio XII (che dalla S.S. n°155 sale in città) conviene girare a sinistra (in Via A. De Gasperi), seguendo i segnali per Capranica e Castel San Pietro Romano, lungo la circonvallazione che raggiunge la SP 58/a subito a monte di Palestrina, presso la Porta S. Francesco.

**Sosta 1. Sedimenti depositi nel mare che, tra 65 e 12 Ma (milioni di anni) fa, ricopriva le pendici occidentali dell'antica scogliera di Rocca di Cave, emersa con tutta la piattaforma già alla fine dell'Era mesozoica, prima della deformazione.**

Lungo tutta la salita per Castel San Pietro (ma già qua e là all'interno di Palestrina) affiorano terreni di età compresa tra 65 e 12 Ma fa (Eocene-Miocene medio), depositi ai margini di un bacino marino che si approfondiva verso ovest e verso nord lungo una scarpata a modesta pendenza. Alla fine del periodo Cretaceo, infatti, l'intera piattaforma laziale-abruzzese era emersa e sottoposta a erosione, anche carsica. Il bacino pelagico che la circondava verso ovest e verso nord, i cui resti formano oggi l'ossatura del settore sabino-umbro-marchigiano, era invece ancora attivo e in esso si raccoglievano abbondanti sedimenti marnosi, calcarei e selciferi. Lungo la scarpata che scendeva dal bordo della piattaforma emersa rotolavano spesso detriti prodotti dall'erosione della costa. Come è mostrato dalla fig. 6,

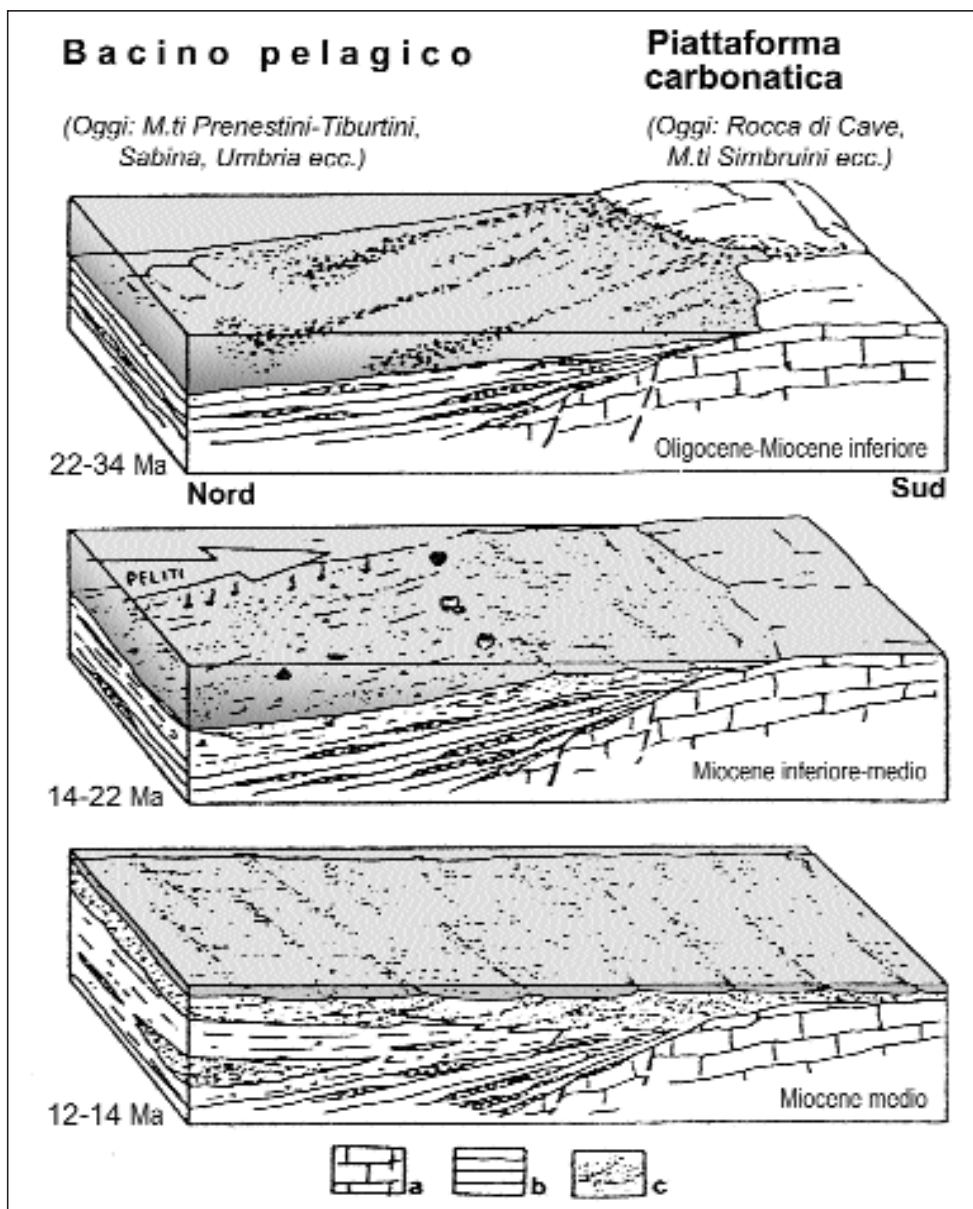


Figura 6 - Evoluzione geografica del settore di passaggio tra Piattaforma laziale-abruzzese e Bacino umbro-sabino nel corso dell'Era Cenozoica, ricostruita in tre intervalli di tempo successivi (in alto il più antico). Il mare ha invaso progressivamente la scarpata, accumulando via via grossi spessori di sedimenti. Legenda: a) calcarei della piattaforma, emersa; b) sedimenti depositi sul fondo del bacino, calcarei, marnosi e selciferi; c) marni alternate a livelli di breccie formate dall'erosione della costa e rotolate lungo la scarpata. La freccia con la scritta "peliti" (cioè argille compatte) indica un apporto di materiali detritici fini prodotti dall'erosione di terre emerse lontane. (da Civitelli et al., 1986)

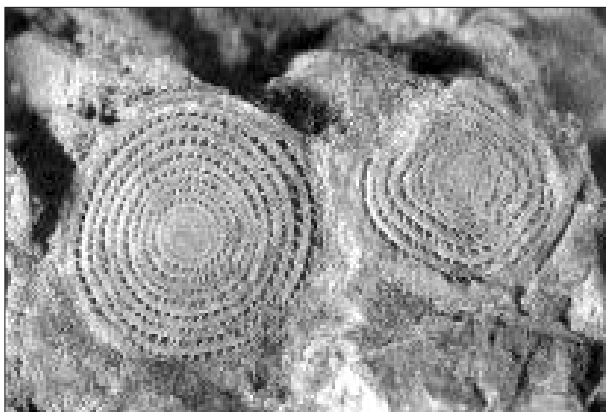


Figura 7 - Calcare con nummuliti, protozoi foraminiferi con guscio calcareo fatto a disco, qui sezionati per mostrare la struttura interna del guscio, formato dall'accrescersi di numerose camerette lungo una spirale. Il diametro di questi foraminiferi "giganti" (detti per questo macroforaminiferi) è di circa un centimetro.

nel tempo il livello del mare riprese a salire (il fenomeno si chiama *ingressione marina*), sommergendo via via nuove parti della scarpata e finì per raggiungere, come vedremo, anche il rilievo di Rocca di Cave.

Superato il tornante poco fuori Palestrina, si continui a salire fino a raggiungere i resti del tratto occidentale delle mura megalitiche (che partivano dall'acropoli, sul colle dove ora sorge Castel S. Pietro, e scendevano fino al piano per circondare l'antica Preneste) e ci si fermi circa 200 m più avanti (piccolo slargo).

*Tornando indietro a piedi lungo il taglio a monte della strada, si riconoscono facilmente le litologie che caratterizzano questa parte della successione, di età compresa tra l'Eocene superiore e l'Oligocene; ai calcari marnosi e marne, che rappresentano la sedimentazione "locale", in un mare aperto, si alternano grossi strati di breccie calcaree*

*nacemente cementate, che contengono abbondanti resti fossili, tra cui gusci di nummuliti (fig. 7). Molto interessante la presenza di clasti (frammenti) di calcari di piattaforma carbonatica, di età cretacea: l'area emersa dal cui smantellamento provenivano i clasti delle breccie era il margine della piattaforma carbonatica, localizzabile nei rilievi su cui sorge il paese di Rocca di Cave, visibile da questo punto di sosta direttamente verso E.*

Si riprenda il percorso: in breve, oltrepassato il tratto orientale delle mura megalitiche,

la strada comincia ad attraversare una continua alternanza di marne e calcari, che continuerà fino a Capranica Prenestina.

Giunti al bivio per Castel S. Pietro (a sinistra) vale la pena di fare una breve deviazione per raggiungere (comodamente in macchina) il belvedere in cima al paese, che offre una splendida vista panoramica su Roma e l'intero complesso vulcanico dei Colli Albani.

Tornati sulla strada per Capranica, l'itinerario si snoda per alcuni chilometri sempre all'interno della stessa alternanza di calcari e marne, in quanto gli strati, che, salendo da Palestrina, mostravano una modesta pendenza verso W, diventano gradualmente quasi orizzontali. In pratica, stiamo attraversando in questo tratto l'ampia sommità appena arcuata di una piega anticlinale ad asse circa N-S (fig. 8).

Il paesaggio merita attenzione; la strada corre quasi alla sommità di modesti ri-

lievi, con forme dolci, che contrastano con il rilievo di Rocca di Cave (visibile avanti a noi verso destra) e con quelli alla sommità della dorsale prenestina (davanti a noi verso sinistra), che in direzione nord confluisce nei Monti Tiburtini. Questi diversi aspetti della morfologia sono il risultato dell'erosione differenziale, cioè della diversa resistenza delle rocce all'erosione naturale, che in queste zone è dovuta in gran parte alle acque di scorrimento. Le marne, infatti, sono poco permeabili e l'acqua di pioggia scorre su di esse erodendole, mentre i calcari dei rilievi di Rocca di Cave e dei Prenestini sono notevolmente carsificati, proprio per la loro natura, e le acque vi penetrano facilmente e scendono in profondità. Un'ultima osservazione. Dopo alcuni chilometri la strada corre per un centinaio di metri su una stretta sella; siamo su uno

spartiacque di una certa importanza: le acque di pioggia che alimentano la valle a destra (sud) raggiungono il fiume Sacco e, percorrendo la Valle Latina, raggiungono il Fiume Liri, per arrivare poi al Garigliano e, finalmente, al mare. Le acque che cadono a sinistra della strada, invece, vengono convogliate rapidamente nell'Aniene e, attraverso il Tevere, raggiungono presto il mare.

### Sosta 2. I sedimenti della scarpata sabina: le "Marne di Guadagnolo".

Numerosi buoni affioramenti consentono ripetute osservazioni (per es., presso le piazzole di sosta al km 6,400); si consiglia comunque una sosta lungo il ramo superiore del tornante in prossimità del km 6,800 lungo lo scasso stradale appena oltrepassato l'ingresso alla Fattoria "Le Cannucceta".

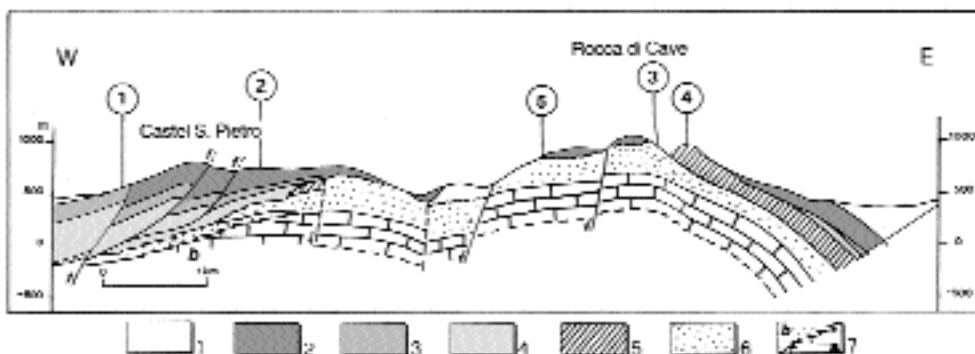


Figura 8 - Sezione geologica attraverso i rilievi tra Castel S. Pietro e Rocca di Cave. La struttura è deformata in ampie pieghe, con la curvatura verso l'alto (piega anticlinale) o verso il basso (piega sinclinale), a causa di forze che hanno compresso gli strati, spingendoli da Ovest verso Est. Le linee che tagliano gli strati sono faglie, cioè lacerazioni lungo le quali le rocce si sono mosse come indicato dalle piccole frecce.

Legenda: 1) terreni più giovani del Miocene; 2) Formazione di Guadagnolo; 3) marne e brecce a macroforaminiferi (nummuliti); 4) depositi del bacino pelagico: calcari, marne e selci; 5) soglia più giovane (età: Turoniano-Senoniano) della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese; 6) soglia più antica (età: Cenomaniano) della stessa piattaforma; 7) calcari della piattaforma del Cretaceo inferiore (a, laguna; b, soglia, spostata più a Ovest rispetto alle soglie successive). I numeri nei cerchi indicano i punti di sosta previsti nell'itinerario.

*Le rocce che ci troviamo di fronte sono più giovani di quelle osservate presso Castel S. Pietro, ma continuano a testimoniare lo stesso tipo di ambiente, una scarpata che scendeva in mare aperto. Esse differiscono da quelle sottostanti per l'abbondanza delle marne (rocce che derivano da un miscuglio di argilla e calcare), alle quali continuano a intercalarsi strati di calcari detritici, cioè formati da clasti di calcari di varie dimensioni (da millimetriche a centimetriche). Questi sedimenti detritici che si sono intercalati alle marne provenivano, anche in questo caso, dal margine della piattaforma carbonatica già da tempo emersa (si riveda la figura 6), che scivolavano lungo il pendio della scarpata.*

*Sui rilievi di Rocca di Cave (visibili ora verso SE) le Marne di Guadagnolo, come sono state denominate, poggiano direttamente sui calcari cretaci della piattaforma carbonatica e hanno solo pochi metri di spessore (come vedremo direttamente nella sosta 5); nell'area in cui ci troviamo il loro spessore è già di alcune centinaia di metri e va aumentando verso N, dove le marne affiorano ampiamente nei Monti Tiburtini e Sabini, con molte centinaia di metri di spessore. Da Rocca di Cave alla Sabina è quindi possibile ricostruire la geometria dell'antica scarpata sottomarina di raccordo tra piattaforma carbonatica e bacino, lungo la quale i sedimenti si accumulavano con spessori crescenti dalla costa verso la base del pendio. Ancora più a N, nel reatino, gli arrivi di calcari detritici si fanno sempre più rari e gli spessori si riducono drasticamente, fino a scomparire, e rimangono solo le marne a testimoniare la storia del bacino.*

*Nel punto di sosta si può osservare un breve tratto della successione di marne e calcari. Le marne appaiono in grossi strati di*

*colore grigio ceruleo (giallastro per alterazione in superficie o lungo fratture); i calcari detritici sono in banchi di colore chiaro e vi si riconoscono (meglio se ci si aiuta con una lente) numerosi frammenti di fossili marini.*

L'itinerario prosegue entro le Marne di Guadagnolo fino a Capranica. Intorno al km 9 gli strati sono ormai orizzontali, mentre dal km 10 le intercalazioni di calcari detritici si fanno via via più frequenti e di spessore maggiore; il paesaggio di conseguenza comincia a cambiare: i versanti si fanno più ripidi e compaiono i segni dell'erosione carsica (doline), tipici dei calcari. Verso destra si profila Rocca di Cave, prossima sosta.

Un suggerimento: se ne avrete l'occasione, fate questo percorso nella tarda primavera e potrete godere la fioritura delle ginestre, che rivestono tutti i rilievi tra Castel S. Pietro e Capranica di un continuo mantello giallo dorato.

All'ingresso di Capranica (915 m s.l.m.; km 12 da Palestrina) si prenda (a destra) la S.P. 17d Capranica-Rocca di Cave (segnale «Itinerario panoramico»). Ben presto si scorge, verso Sud, alla sommità di un piccolo rilievo, il paese di Rocca di Cave e l'imponente fortezza con l'alto mastio, alla cui sommità brilla la cupola dell'osservatorio astronomico che completa il Museo. Dopo circa 2 km, all'altezza delle prime case di Rocca di Cave (che si scorgono in alto, alla sommità della ripida parete che fiancheggia la strada), si apre a sinistra uno slargo da cui parte una strada bianca in leggera discesa (Via di Colle Pozzo): è questa la località suggerita per la prossima sosta.

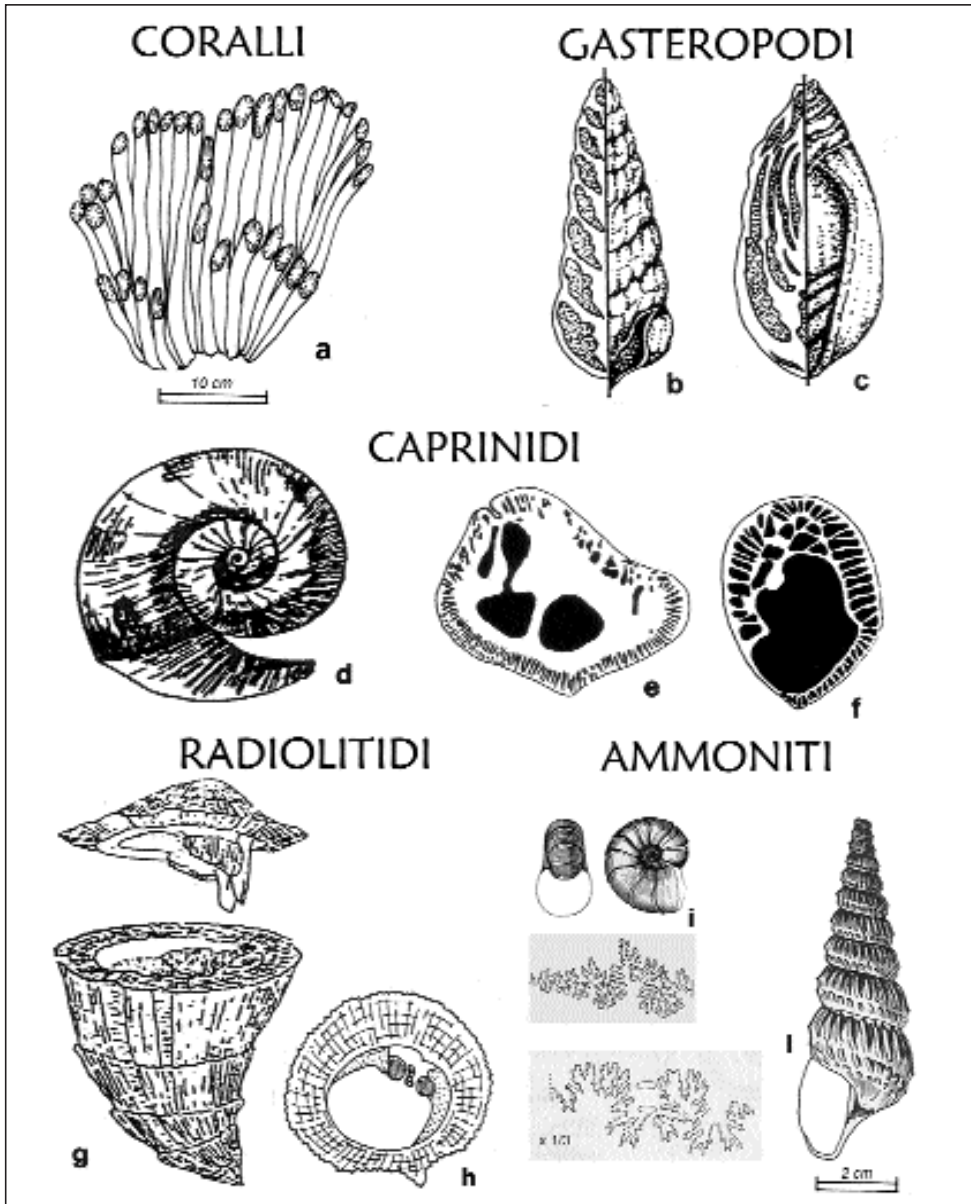


Figura 9 - Principali macrofossili nei calcari della soglia cenomaniana. **a: Coralli (Celenterati); a)** coralli coloniali.; **b-c: Gasteropodi; b)** *Plesioptygmatis nobilis*; **c)** *Trochactaeon obtusum*; **d-f: Caprinidi; d)** forma generale delle caprinidi: *Caprina adversa*; **e)** *Caprina carinata*; **f)** *Neocaprina gigantea*; **g-h: Radiolitidi; g)** forma generale delle radiolitidi: *Radiolites angeiodes*; **h)** *Sauvagesia nicaisei*; **i-l: Ammoniti (Cefalopodi); i)** *Desmoceras latidorsatum*. **l)** *Turrillites costatus*. (Nelle figure e, f, h: sezioni trasversali del guscio; in e, f il nero indica cavità; i, l: nel rettangolo grigio il disegno della linea di sutura tra le camere. Disegni: a: M.P.; b-h: Simona Carosi).

## Le soglie cretatiche e la trasgressione miocenica di Rocca di Cave.

I rilievi di Rocca di Cave sono di grande interesse geologico come una delle pochissime località in cui affiorano i resti della soglia occidentale della Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese, cioè della fascia di raccordo tra l'area di laguna (le cui rocce affiorano oggi nei Monti Simbruini ed Ernici) e la scarpata di transizione al mare aperto, cioè verso un bacino pelagico (i cui depositi affiorano nei Monti Prenestini, Tiburtini e Sabini). I resti dell'antica soglia sono molto più antichi delle rocce finora attraversate dal nostro itinerario: abbiamo fatto un salto indietro nel tempo fino a oltre 100 Ma fa e le rocce che abbiamo davanti risalgono al periodo Cretaceo, quando sulle terre emerse vivevano ancora i grandi dinosauri.

In realtà il tratto di soglia affiorante a Rocca di Cave è formato da due settori di età diversa. Negli affioramenti della parte centrale e occidentale del rilievo su cui sorge il paese la sedimentazione della soglia si riferisce al Cenomaniano (da 100 a 90 Ma fa); in quelli a SE, lungo la sommità di Colle del Pero, la successione carbonatica arriva, invece, al Turoniano-Senoniano (da 90 a 70 Ma fa) (si riveda la figura 8). In ogni caso l'intera area è emersa verso la fine del Cretaceo e mostra gli effetti di un'antica erosione carsica, con formazione di tasche e cavità verticali che sono state colmate da fanghi calcarei finissimi durante un breve ritorno del mare; la successiva – e definitiva – emersione della soglia e dell'intera piattaforma carbonatica è durata fino all'inizio del Miocene

(circa 20 Ma fa), quando si è verificata una nuova generale ingressione marina, le cui testimonianze esamineremo nella sosta 5).

### Sosta 3. La soglia cenomaniana (da 100 a 90 Ma fa).

La parete rocciosa che delimita lo slargo e, più ancora, quella che fiancheggia il sentiero che corre qualche metro a monte della strada bianca (e che si può seguire per oltre un centinaio di metri, fino a un depuratore abbandonato) rappresentano uno spettacolare taglio nel cuore dell'antica "scogliera".

*I calcari bioclastici (cioè formati di frammenti di gusci di varie dimensioni) si alternano a veri banchi organogeni formati da organismi costruttori, spesso conservati interi e ancora nella posizione che avevano da vivi; sono rocce ricchissime di fossili, tra i quali prevalgono le **rudiste** (con le Famiglie Caprinidi e Radiolitidi), in associazione con **gasteropodi** (Famiglie Nerineidi e Acteonidi), **esacoralli**, **idrozoï** e frammenti di **echinidi** (fig. 9).*

*Molto frequenti sono le nerinee, eleganti gasteropodi con una spira allungata, che può raggiungere i 10 cm e oltre di lunghezza; spettacolari sono le forme di coralli coloniali, più rari, ritrovati anche in cespi di alcuni dm. I fossili più diffusi sono, però, le rudiste, bivalvi adattati alla vita di scogliera, con gusci di grosso spessore e una valva di forma conica, mentre l'altra, più piccola, funziona come un "coperchio" del cono (si veda la **Tavola 1**, a pag. 24).*

*Di particolare interesse la presenza di resti di **ammoniti**, trovati poco a Est di Rocca di Cave, segnalati da G. Accordi, G. Boninsegni e G. Pallini (2001) e raccolti in segui-*



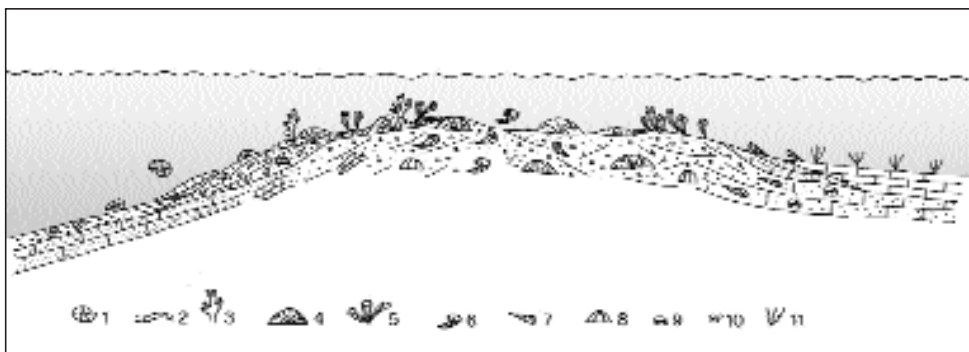


Figura 10 - Profilo ecologico attraverso la scogliera cenomaniana. (Da G. Accordi, G. Boninsegni e G. Pallini, 2001). Legenda: 1 Ammoniti. 2 Coralli laminari. 3 Coralli ramificati. 4 Coralli massivi. 5 Radiolitidi. 6 Caprinidi. 7 Gasteropodi. 8 Echinidi. 9 Foraminiferi bentonici. 10 Foraminiferi planctonici. 11 Alghe calcaree.

to anche da ricercatori che operano presso il Museo geopaleontologico (si riveda la figura 9, i-l). Questi ben noti cefalopodi dalla conchiglia a spirale (simile al guscio del Nautilus, che vive oggi nel Pacifico) sono qui piuttosto rari e di piccola taglia (qualche cm), e comprendono sia forme con la tipica spirale piana (come il *Desmoceras*), sia forme con spirale molto allungata (come il *Turrilites*), tanto da assomigliare ai gasteropodi a forma di cono: a differenza di questi ultimi, però, la loro cavità interna è suddivisa in numerose camere per mezzo di sottili setti, ancorati alla parete del guscio lungo tipiche linee di sutura.<sup>(1)</sup>

Le ammoniti erano abili nuotatrici e vivevano in mare aperto: in molte rocce della Sabina e dell'Umbria, deposesi nell'ambiente di scarpata-bacino che circondava la piattaforma carbonatica, se ne trovano in abbondanza. Le onde e le correnti potevano però facilmente trasportare le loro leggere conchiglie e spingerle ad arenarsi su spiag-

ge o bassi fondali: così è stato per le ammoniti di Rocca di Cave, i cui resti si sono in tal modo mescolati a quelli della scogliera. Una prova della vicinanza del braccio di mare che lambiva la soglia della piattaforma (fig. 10).

I banchi organogeni sono qua e là attraversati verticalmente da filoni, larghi da qualche cm a pochi dm e ramificati, formati di calcari finissimi, in genere di colore biancorosato: sono riempimenti di fessure da parte di fanghi calcarei, probabilmente legati alle prime fasi di emersione di questa scogliera.

Nella figura 9 sono raffigurate alcune delle forme più comuni o più significative, ma per meglio conoscere (e poi riconoscere sul terreno) quegli organismi conviene esaminare le splendide collezioni di fossili della scogliera cenomaniana raccolti nel Museo geopaleontologico di Rocca di Cave, dove, inoltre, un diorama riproduce al naturale un piccolo tratto della scogliera.

Una raccomandazione. I fossili che l'erosione, operando in tempi lunghissimi, ha messo in luce sono preziose testimonianze, oggetto di studi specifici, e meritano di essere

<sup>(1)</sup> Forme con spirale allungata o addirittura in parte svolta compaiono solo nella fase finale della lunghissima evoluzione delle ammoniti, poco prima della loro estinzione.



Figura 11 - Ricostruzione schematica dell'ambiente della soglia turoniana lungo una sezione che parte dalla scarpata (verso Ovest, dove oggi è Castel S. Pietro), passa attraverso la soglia (Rocca di Cave) e raggiunge, al di là di un braccio di mare poco profondo, la piattaforma interna (verso Est, dove oggi è il Monte Scalambra).

Legenda: 1) calcari di laguna; 2) calcari di piattaforma in prossimità della soglia; 3) calcari biocostruiti della soglia; 4) calcari detritici derivati dallo smantellamento erosivo della soglia; 5) detriti calcarei grossolani che scivolano in canali lungo la scarpata; 6) calcari formati ai piedi della scarpata dall'accumulo di 5; 7) calcari fini e marne dell'ambiente pelagico; 8) strutture superficiali dovute a erosione carsica in zone emerse; 9) nerineidi; 10) coralli massivi; 11) coralli ramificati; 12) caprinidi, 13) ippuritidi.

conservati. Si eviti perciò di tentare di prelevarli, sia perché l'operazione finirebbe per distruggerli, sia perché è possibile raccogliere splendidi e numerosi esemplari nel detrito lungo la strada bianca e nell'area del depuratore.

Continuiamo a seguire nel tempo la storia della soglia e passiamo al settore in cui affiora un tratto di soglia più giovane di quella appena vista. Tornati sulla strada per Rocca di Cave, si percorra l'ampia curva a destra e, dopo circa 300 m, prima di entrare nel paese, si giri a sinistra in Via di Genazzano e si prosegua per qualche centinaio di metri. Poco dopo il campo sportivo si incontra, sulla sinistra, una carrareccia, che sale a tornanti in direzione dell'alto serbatoio dell'acqua, ben visibile sulla sommità di Colle del Pero.

#### Sosta 4. La soglia turoniano-senoniana (da 90 a 70 Ma fa).

Parcheggiata l'auto, si risalga la carrareccia fino al serbatoio, ai piedi del quale si trovano diversi affioramenti di calcari stratificati che permettono uno sguardo su una scogliera di età più giovane della precedente. Quando era attiva, questa soglia passava (in direzione dell'attuale Est) a un braccio di mare un po' più profondo, delimitato a sua volta, ancora più a oriente, da una linea di secche che orlavano la grande distesa lagunare della piattaforma carbonatica (i depositi di secca affiorano sulle pendici del M. Scalambra, chiaramente riconoscibile dal punto di sosta) (fig. 11).

La soglia turoniano-senoniana è ricchissima di resti fossili, simili come tipi a quelli

della soglia cenomaniana, ma con generi e specie diverse. Le rudiste sono largamente diffuse, non solo con altre specie della famiglia Radiolitidi, ma anche con forme della famiglia Ippuritidi, accompagnate da coralli anche in forme isolate e da diverse specie di gasteropodi (fig. 12).

Questa sosta è anche un bellissimo punto panoramico e offre la possibilità di localizzare la nostra posizione nello

spazio geografico e nella realtà geologica, poiché le varie soste effettuate ci hanno aperto delle «finestre» su tempi diversi. Portiamoci perciò nel punto più alto e aperto, per avere libero l'intero orizzonte. Il Nord ci è indicato, con buona approssimazione, da Capranica Prenestina.

Immaginiamo di essere nel periodo Cretaceo: sotto i nostri piedi abbiamo la soglia della piattaforma laziale-abruz-

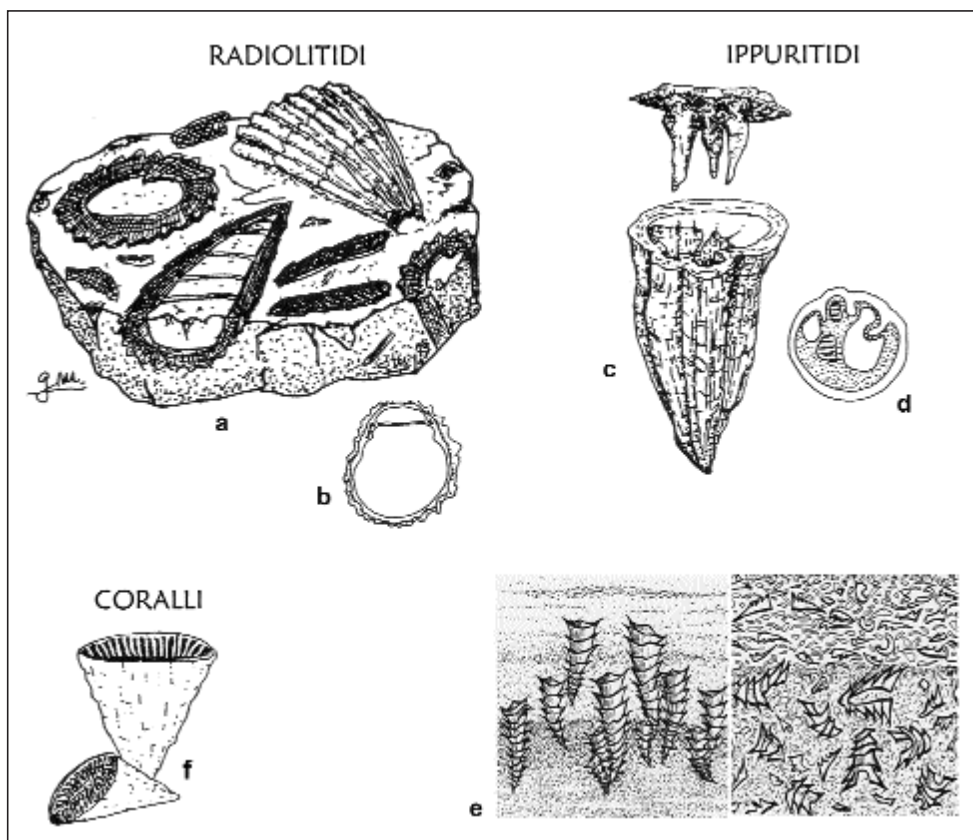


Figura 12 - Principali macrofossili nei calcari della soglia turoniano-senoniana. a-b: Radiolitidi; a) associazione a radiolitidi; b) *Distefanella salmojrighi*; c-e: Ippuritidi; c) forma generale delle ippuritidi: *Ippurites radius*; d) *Vaccinites narentanus*; e) a sinistra: ippuritidi in posizione di vita; a destra: accumulo di gusci di ippuritidi frammentati da tempeste; f: Celenterati; f) coralli isolati: *Aulosmilia cuneiformis*. (Nelle figure b, d: sezioni trasversali del guscio. Disegni: a: Goffredo Mariotti; b-d, f: Simona Carosi; e: AGIP).

zese; verso Est, al di là di alcuni modesti rilievi sulla cui sommità si riconoscono i paesi di Bellegra e di Olevano Romano, si inseguono su più quinte le dorsali dell'Appennino centrale, da quella dei Simbruini, la più vicina, a quella del Monte Velino, la più lontana. Sono essenzialmente rilievi calcarei e corrispondono ai frammenti della vasta laguna interna dell'antica piattaforma. Altri rilievi analoghi si susseguono verso Sud-Est, con i Monti Ernici, e, al di là della depressione della Valle Latina, anche verso Sud, con i Monti Lepini.

Anche questi rilievi appartengono a dorsali calcaree e sono resti della laguna interna; solo l'estremità più vicina dei Monti Lepini conserva, presso il paese di Cori, un altro lembo di soglia cenomaniana, prosecuzione di quello che abbiamo visitato.

Siamo, quindi, sul margine occidentale della piattaforma; per poter trovare i resti del margine orientale della piattaforma, al di là della laguna, bisogna arrivare almeno in Marsica e la distesa di rilievi che scorgiamo ci da un'idea della vastità della parte interna della piattaforma carbonatica (si riveda la figura 4).

Se ora volgiamo le spalle alla laguna e guardiamo verso Ovest, dobbiamo immaginare che in quella direzione si aprisse il bacino pelagico che circondava la piattaforma. In realtà i resti del bacino sono stati rintracciati, ma sono in profondità, sepolti sotto la Pianura Pontina e la Campagna Romana: gli stessi movimenti che hanno dato forma all'Appennino hanno anche fatto successivamente sprofondare il margine occidentale della catena appena emersa, che è stata quindi prima invasa dal

mare e sepolta da nuovi sedimenti, e poi ricoperta anche dai prodotti del grande Vulcano Laziale (di cui vediamo i resti nei Colli Albani).

Come già ricordato, resti del bacino pelagico affiorano invece nei Monti Tiburtini, in Sabina e, in piccola parte, nei Monti Prenestini.

Sono le rocce che abbiamo attraversato lungo il percorso tra Palestrina e Rocca di Cave, ma rappresentano solo la parte più giovane della storia del bacino, quella del tempo in cui la catena appenninica non si era ancora sollevata, ma la piattaforma laziale-abruzzese era già emersa e il mare ne lambiva i margini, nel corso di un lungo periodo di stazionamento basso (si ricordino le soste 1 e 2).

In seguito, lentamente, il livello di quel mare riprese a salire e le acque avanzarono lungo la scarpata (si riveda la figura 6), finché ricoprirono i resti della vecchia soglia.

Quando i movimenti della crosta deformarono le rocce della piattaforma e del contiguo bacino e fecero emergere definitivamente il settore dell'Appennino in cui ci troviamo, i resti della soglia cenomaniana erano coperti da sedimenti calcarei in grossi strati, ricchi di fossili marini del periodo Miocenico, quindi molto più giovani della soglia. La demolizione dei rilievi appenninici negli ultimi milioni di anni ha eliminato grossi spessori delle rocce affioranti, ma questa parte della storia è ben conservata proprio nel piccolo rilievo su cui sorge Rocca di Cave.

La parte inferiore del rilievo, come si può vedere lungo il suo versante settentrionale, è formata dai calcari della soglia cenomaniana; la sommità del ri-

lievo è formata, invece, da un grosso spessore di strati calcarei di età miocenica media, sui quali è stata costruita la rocca che ospita il Museo geopaleontologico.

Non solo: lungo il versante occidentale dello stesso rilievo l'erosione ha messo in luce una piccola area in cui è possibile osservare il «momento» in cui il mare, nella sua avanzata, è tornato a sommergere la soglia cenomaniana. Vale la

pena di «leggere» quella documentazione: lo faremo nella sosta 5.

Prima di lasciare questa zona per passare alla sosta successiva, è possibile, per chi lo desidera, osservare un altro affioramento della soglia turoniana, ricchissimo di fossili, che si trova lungo il versante occidentale di Colle del Pero. Scesi di nuovo sulla Via di Genazzano, si continui a seguire questa strada per qualche centinaio di metri, fino a uno

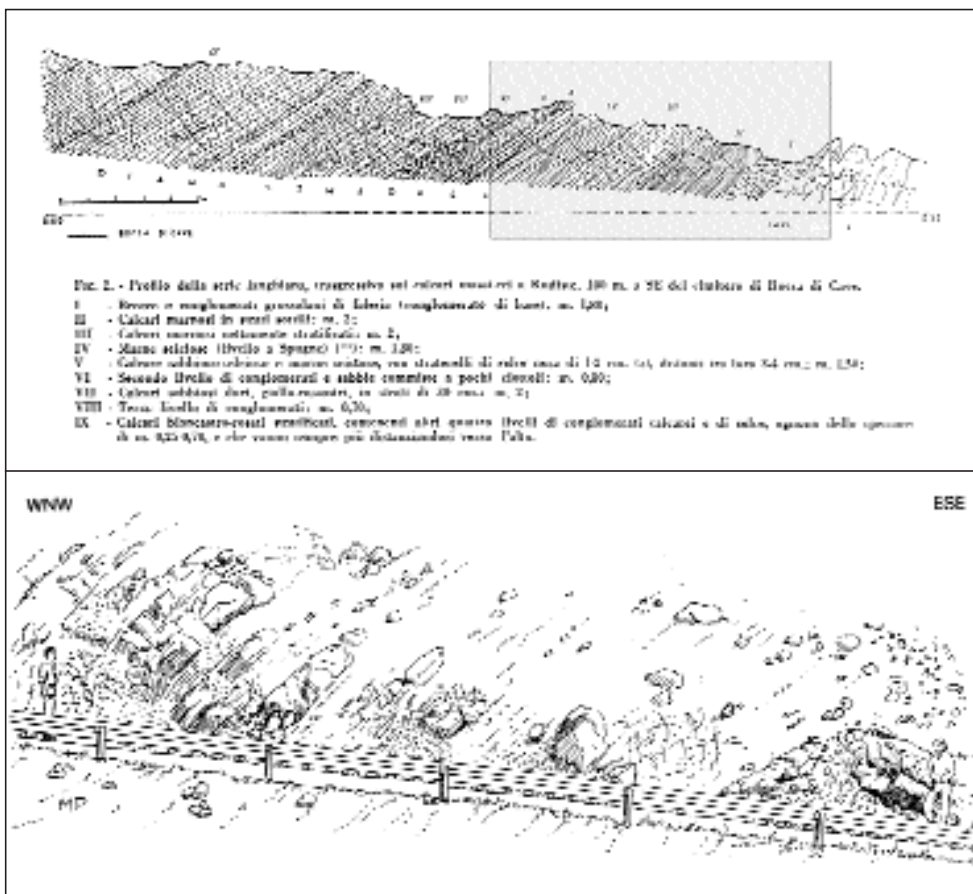


Figura 13 - Affioramento della trasgressione dei terreni miocenici sui calcari cretacei a rudiste, lungo la strada tra Rocca di Cave e Cave, poco a SE del cimitero. **Sopra:** sezione geologica dell'affioramento descritto nell'itinerario (da Maxia, 1956); **sotto:** dettaglio del tratto compreso tra i livelli I e VI (nel riquadro messo in evidenza in grigio).

slargo che consente un facile parcheggio. Si prosegue poi, a piedi, lungo la mulattiera che si dirama a sinistra e che è segnalata all'inizio come "strada per i fossili" (è il percorso normalmente effettuato come itinerario guidato per i visitatori del Museo geopaleontologico che lo richiedano).

Dopo qualche affioramento isolato di calcari ricchi di gasteropodi (*acteonidi*), si arriva ben presto a un affioramento continuo (sulla sinistra della strada, il cui fondo diventa cementato) di calcari in banchi, con rudiste, coralli e abbondanti resti di molti altri organismi, che si possono seguire senza interruzioni per molte decine di metri.

Al termine della osservazioni si torni sulla Via di Genazzano e si risalga a Rocca di Cave; giunti all'ingresso del paese, si prosegue in direzione di Cave, seguendo la S.P. 52b (Cave-Rocca di Cave; prosegue il segnale «Itinerario panoramico»), fino a raggiungere il tornante del cimitero (dove vi è ampio spazio per parcheggiare). Si prosegue, scendendo a piedi, lungo il tratto di strada rettilineo direttamente per circa 200 m, fino in prossimità della curva; da qui si torni indietro per le osservazioni.

#### **Sosta 5.** La «*trasgressione miocenica*» e la «*lacuna paleogenica*».

Il taglio a lato della strada mette in luce con ricchezza di dettagli la breve successione di terreni che, nel Miocene inferiore, ha segnato il ritorno del mare su un settore rimasto a lungo emerso. (Il fenomeno di avanzata del mare sulla terraferma prende il nome di *trasgres-*

*sione* (o anche *ingressione*), mentre la mancanza di rocce che corrispondano a un periodo di tempo di oltre 40 Ma è indicata come «lacuna paleogenica», in quanto Paleogene è il nome del periodo geologico non "documentato").

*Risaliamo lentamente la strada in direzione del cimitero, lungo il lato a monte della strada, osservando con attenzione le rocce che vi affiorano, con l'aiuto dello schema di fig. 13.*

*I terreni che compaiono nella prima parte del tratto in esame sono banchi di calcari ricchi di fossili come quelli visti nella sosta 3: rappresentano la prosecuzione della soglia cenomaniana.*

*I banchi si immergono verso Nord, cioè in direzione del cimitero, e sono bruscamente ricoperti da un banco di circa 2 m di spessore di conglomerato, una roccia formata da ciottoli di varie dimensioni e di diversa natura, a sua volta seguito da un'alternanza di sottili strati marnosi e calcareo-detritici, con vari altri livelli di conglomerati.*

*I terreni emergono in modo discontinuo, perché sono ricoperti da una coltre di detrito di falda, la cui presenza mette in evidenza la facile erodibilità di questi tipi di rocce nei confronti dei calcari.*

*L'alternanza di terreni affiora per almeno una ventina di metri, sempre con immersione regolare verso Nord, per passare poi, in prossimità del cimitero, a una successione di marne alternate a calcari detritici identica a quella che abbiamo già conosciuto come Marne di Guadagnolo nella sosta 2.*

*Se si prosegue il percorso verso Nord, oltre il cimitero, si vede che i calcari si fanno via via più frequenti, come avevamo osservato proseguendo oltre la sosta 2, in direzione di Capranica.*



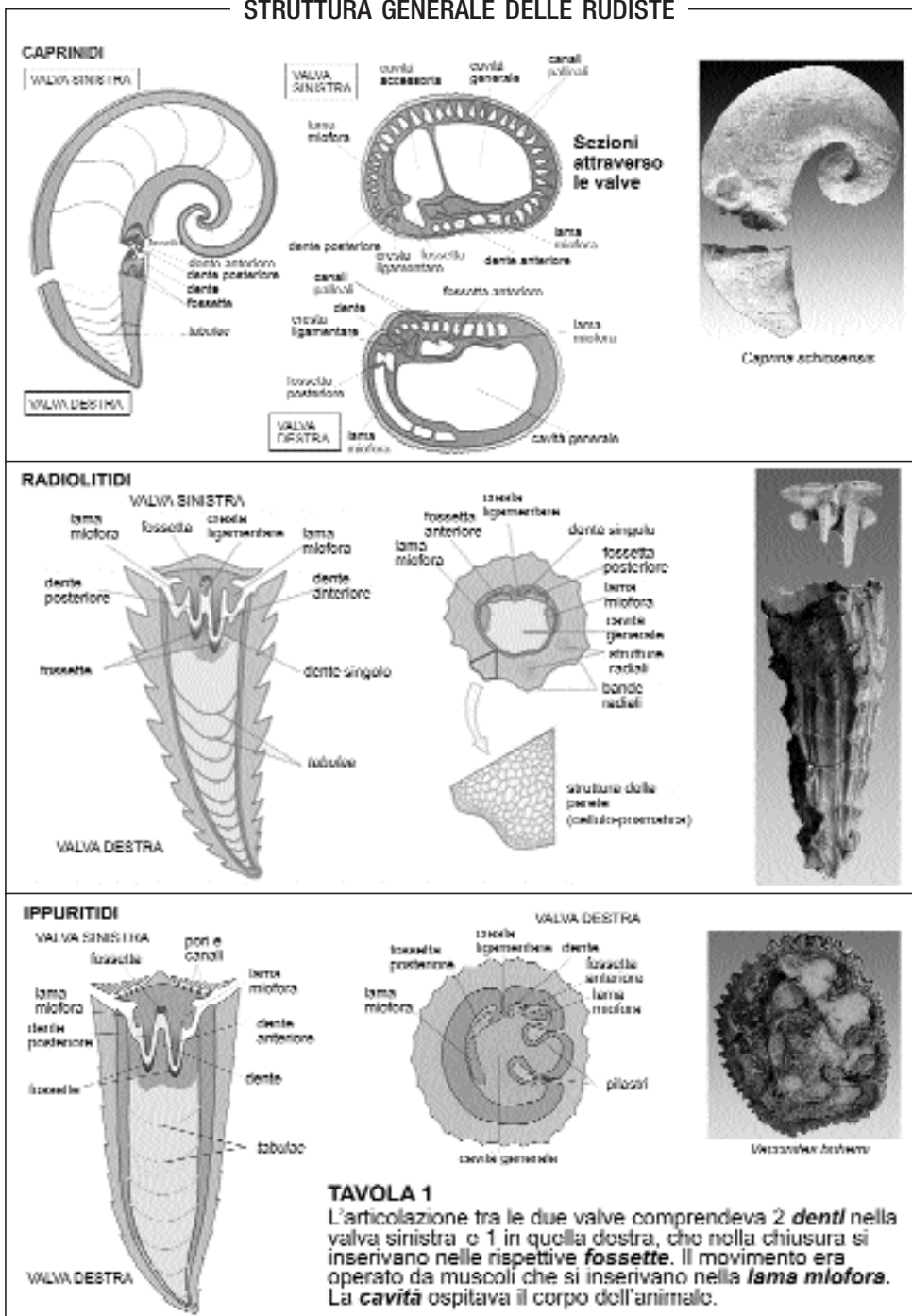
Figura 14 - Panorama del rilievo del cimitero di Rocca di Cave. Si osserva chiaramente l'aumento di spessore dei terreni miocenici in direzione Nord (messi in evidenza in grigio), verso il mare aperto.

Ma torniamo ai terreni che segnano l'arrivo del mare sull'antica soglia emersa. Uno dei primi livelli marnosi è ricco di resti di spugne silicee marine, di minuscole dimensioni, ma molti altri resti di organismi marini sono ampiamente diffusi: sono soprattutto gusci microscopici di foraminiferi, che hanno permesso di individuare l'età delle rocce che li contengono. Di particolare interesse la presenza, nei livelli iniziali della trasgressione, di abbondanti granuli di colore verde scuro di glauconite (silicato idrato di ferro e potassio), di dimensione millimetrica, ma non di rado centimetrica. La datazione radiometrica di questo minerale (con il metodo Potassio-Argo) ha fornito un'età di  $21 \pm 1$  Ma (Discendenti et al., 1971), in buon accordo con i dati paleontologici, che riferiscono l'arrivo della trasgressione nell'area di Rocca di Cave al Miocene inferiore.

Mancano perciò completamente, nella successione che stiamo esaminando, terreni relativi a gran parte del Cretaceo superiore (successivi al Cenomaniano) e al Paleogene, che abbiamo invece incontrato nei rilievi di Palestrina-Castel S. Pietro (visibili in direzione NW, dove abbiamo effettuato la sosta 1); ci troviamo perciò su un settore che è rimasto emerso più a lungo di altri e che solo nel Miocene inferiore è stato di nuovo raggiunto e sommerso dal mare.

Concludiamo la sosta tornando a scendere lungo la strada fino al successivo tornante, in modo da avere una vista d'insieme del rilievo del cimitero, come nella fig. 14. Da questa posizione si può cogliere l'andamento complessivo della superficie di trasgressione (che scende dolcemente verso Nord) e il progressivo aumento di spessore dei terreni miocenici, da Rocca di Cave andando verso Nord: nello stesso senso andava au-

## STRUTTURA GENERALE DELLE RUDISTE





*mentando, a suo tempo, la profondità del mare da cui emergeva l'antica scogliera cenomaniana.*

Il nostro itinerario finisce qui, ma possiamo aggiungere ancora qualche riflessione. I fossili che ci hanno permesso di riconoscere antiche soglie di piattaforme carbonatiche ci dicono anche che tali strutture si sono formate in un mare tropicale: ma oggi siamo molto a Nord della fascia dei tropici.

Come si spiega?

La soluzione è semplice, ma il processo che essa implica è di portata planetaria. Le rocce di Rocca di Cave si sono formate effettivamente nella fascia tropicale, ma in seguito *sono state trasportate nella loro posizione attuale*. Del tutto analoghe erano le prove paleontologiche che, circa un secolo fa, suggerirono ad Alfred Wegener la *Teoria della deriva dei continenti*.

Oggi quella splendida intuizione di una Terra mobile è al centro di una teoria globale, confortata da numerose prove geologiche e geofisiche, ma il punto di partenza può essere ancora in osservazioni di terreno come quelle che abbia-

mo fatto lungo in nostro itinerario.

E allora, proviamo a immaginare la Piattaforma laziale-abruzzese nell'Era mesozoica: siamo al largo di un piccolo continente che i geologi chiamano Adria, posto a quel tempo poco a Nord dell'Africa, nelle acque dell'antico Oceano ligure-piemontese, al di là del quale, lungo le rive del continente Europa, si andavano formando altre piattaforme, destinate a fornire materiale per la costruzione delle Alpi...

#### **Riferimenti bibliografici**

- Civitelli G., Corda L. e Mariotti G., 1986 - Il bacino Sabino: 2 (sedimentologia e stratigrafia della serie calcarea e marnoso-spongolitica (Paleogene-Miocene), *Mem. Soc. Geol. It.*, **35**, pp. 33-47.
- Cosentino D., Parotto M. e Praturlon A. (coord.) - Lazio, 14 itinerari. Collana *Guide Geologiche Regionali*, Società Geologica Italiana, Be-Ma editrice, Milano, 1998.
- Accordi G., Boninsegni G. e Pallini G., 2002 - Middle Cenomanian (Rhotomagense Zone, *costatus* Subzone) ammonite assemblages from the carbonate shelf edge of Rocca di Cave (Preneestini Mts., Central Apennines, Italy). *Geologica Romana*, **36**, pp. 251-257.



# Quando il Gondwana accelerò. Meteoriti, glaciazioni ed estinzioni. «Giganti» australiani. La «dieta» delle ammoniti. Un «altro» essere umano. Fuliggine mortale

a cura di Francesco Grossi e Chiara Amadori

## Quando il Gondwana “accelerò”

Il Gondwana era l'insieme delle masse continentali che costituiva la metà meridionale della Pangea, il supercontinente formatosi nell'Era paleozoica che comprendeva tutte le terre emerse e che durò fino al Giurassico inferiore, quando iniziò la sua frammentazione. Dal Gondwana si formarono gli attuali continenti dell'emisfero meridionale: Sudamerica, Africa, Antartide, Australia, ai quali si deve aggiungere l'India, all'inizio “incastrata” tra Africa e Antartide. Secondo una recente ricerca effettuata da un team di geologi dell'università di Yale e pubblicata sulla rivista *Geology*, il Gondwana avrebbe subito una rotazione molto veloce di 60 gradi durante il Cambriano inferiore (tra circa 530 e 525 milioni di anni) (fig. 1). Il team di ricercatori, guidati da Ross Mitchell, ha analizzato l'antica magnetizzazione delle rocce del bacino di Amadeus, in Australia centrale, e in questo modo è possibile risalire allo spostamento delle masse continentali rispetto ai poli magnetici. È stato calcolato che alcune regioni raggiunsero velocità di almeno 16-20

cm/anno, spostamenti notevoli se paragonati alle più alte velocità dei continenti attuali, in media di circa 4 cm/anno. Come risultato della rotazione, ad esempio, l'area che ora comprende il Brasile si sarebbe rapidamente spostata da una zona vicino al polo sud verso i tropici.

Generalmente, lo spostamento può essere sia il risultato della tettonica delle

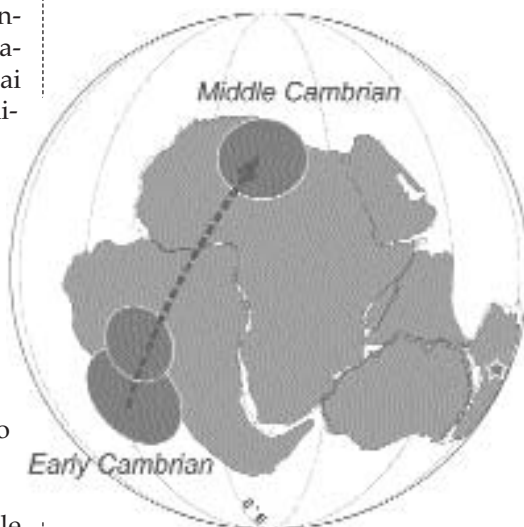


Figura 1 - Lo spostamento di alcune parti del supercontinente Gondwana rispetto al Polo Sud (immagine: Ross Mitchell, Università di Yale); la stella indica il bacino di Amadeus analizzato dagli autori



placche (il moto individuale delle placche continentali tra di loro), sia della *true polar wander* (una vera "migrazione polare"), in cui la crosta cui corrispondono le terre emerse, solidale con il sottostante mantello (che, ricordiamo, arriva a fino al nucleo liquido esterno, a 3.000 km di profondità) ruoterebbe come un'unica massa rigida rispetto all'asse di rotazione del pianeta; questi spostamenti, facendo variare la simmetria della distribuzione delle masse del pianeta, provocano uno spostamento dell'asse di rotazione e, di conseguenza, fanno variare la posizione dei poli geografici.

Il ruolo di tale imponente processo come probabile acceleratore del normale "motore" della deriva dei continenti è un tema al centro del dibattito della comunità scientifica da decenni. In questo caso, Mitchell e i suoi collaboratori suggeriscono che la "normale" tettonica delle placche non basti a spiegare gli elevati tassi di moto del Gondwana nel Cambriano inferiore.

Il fenomeno ha sicuramente avuto un notevole impatto sulle condizioni ambientali che esistevano in un periodo cruciale nella storia della vita sulla Terra, chiamato "Esplosione del Cambriano", quando comparvero rapidamente la maggior parte dei principali gruppi di animali complessi.

Secondo Mitchell «*ci sono stati drammatici cambiamenti ambientali in atto durante il Cambriano, giusto nel momento stesso in cui era in corso il massiccio spostamento di Gondwana. A parte la nostra comprensione della tettonica delle placche, la migrazione dei poli potrebbe avere avuto enormi implicazioni per l'esplosione della vita del Cambriano in quel momento*».

Questi grandi movimenti della massa crostale avrebbero infatti provocato la modificazione di fattori ambientali quali la circolazione oceanica, le concentrazioni di carbonio e altre variabili che influenzano lo sviluppo e l'evoluzione delle forme di vita, che subì, anch'essa, una vistosa "accelerazione".

(F.G.)

#### Per approfondire

Mitchell, R.N., Evans, D.A.D., Kilian, T.M., 2010. Rapid Early Cambrian rotation of Gondwana. *Geology*, v. 38 (8), pp. 755-758. (doi: 10.1130/G30910.1)

## Meteoriti, glaciazioni ed estinzioni

Sei diversi siti archeologici nordamericani hanno consegnato nelle mani di un team di ricercatori una fitta polvere di diamanti. Le particelle, di dimensioni nanoscopiche e determinate attraverso l'uso del microscopio elettronico, avrebbero avuto origine da uno sciame di comete o da piccoli asteroidi precipitati sulla Terra quasi tredicimila anni fa. Lo ha ipotizzato un gruppo di ricercatori guidati dall'archeologo Douglas Kennett, dell'Università dell'Oregon, e dal geologo James Kennett, dell'Università della California, che ha pubblicato le proprie analisi sulla rivista *Science* nel 2009. Questi piccolissimi frammenti di diamante si producono quando il carbonio è sottoposto ad alte temperature e pressioni, condizioni molto frequenti durante gli impatti cosmici. Sulla Terra si formano in seguito a grandi esplosioni o a processi chimici di vaporizzazione. I ricercatori hanno

ora trovato miliardi di microscopici diamanti nei sedimenti di diversi stati degli Usa (Arizona, Oklahoma, Michigan e South Carolina), e in due regioni canadesi (Manitoba e Alberta).

Lo strato in cui queste polveri sono state raccolte si è depositato in un intervallo di tempo che corrisponde a un periodo glaciale chiamato *Younger Dryas*, che ha caratterizzato la fine del Pleistocene, tra i 12.800 e gli 11.500 anni fa. La teoria, che ha già da qualche anno il sostegno di parte della comunità scientifica, propone un'esplosione in atmosfera e/o un impatto violento con la Terra di uno sciame di condriti carbonacee<sup>(1)</sup> o comete che caddero su vaste aree del continente, e grazie al rinvenimento dei nanodiamanti questa teoria avrebbe maggior supporto. Secondo gli autori, l'impatto sarebbe stato anche causa del raffreddamento climatico. L'evento avrebbe avuto enormi conseguenze sia per gli esseri umani, con il declino della cultura preistorica Clovis (fig. 2), sia per l'ambiente, con l'estinzione dei mammoth nordamericani, dei cammelli e di altri grandi mammiferi. Gli incendi causati dall'impatto devastarono tutta la superficie del continente, e il freddo dello *Younger Dryas* avrebbe portato ulteriori conseguenze sulle popolazioni umane e animali. La conferma del presunto impatto è fornita dalle analisi compiute sullo strato che segna l'origine dello *Younger Dryas*, trovato in una cinquantina di siti

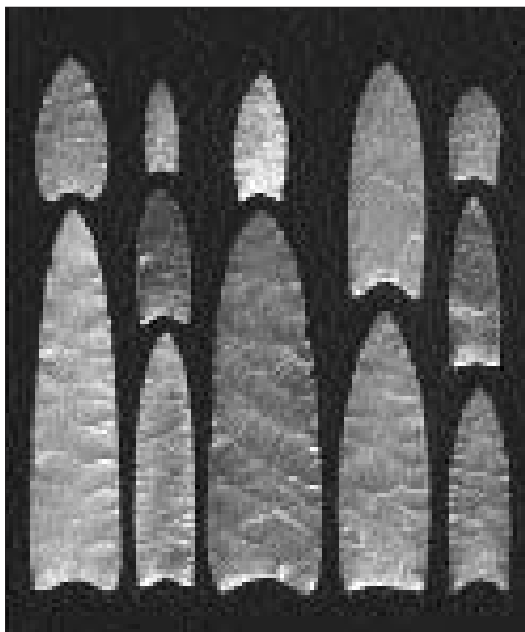


Figura 2 - Punte di lance di forma rastremata, tipica dei nativi nordamericani Clovis

dell'età cloviana sparsi per il continente. Oltre ai nanodiamanti, lo strato contiene altri materiali poco comuni o in concentrazioni insolitamente elevate: microsferule metalliche, sferule di carbone, iridio.

Tuttavia, alcuni ricercatori sostengono che l'estinzione della fauna a grandi mammiferi avvenuta in Eurasia settentrionale e nelle Americhe non fosse stata affatto sincrona. Ad esempio, le estinzioni nel Sud America sembrano essere accadute almeno 400 anni dopo le estinzioni in Nord America, così come l'estinzione dei mammoth lanosi in Siberia sembra avvenuta posteriormente rispetto al Nord America. Questo dato diminuirebbe l'importanza della "teoria dell'impatto" sugli ecosistemi a livello globale.

(F.G.)

<sup>(1)</sup> condriti carbonacee: meteoriti rocciose caratterizzate dalla presenza di condrule, microscopiche sfere di silicati in vario stato di cristallizzazione, e ricche in acqua e carbonio, spesso sottoforma di composti organici.



### Per approfondire

Kennett, D.J. *et alii*, 2009. Nanodiamonds in the Younger Dryas boundary sediment layer. *Science*, 323 (5910), p. 94.

(doi: 10.1126/science.1162819)

Kerr, R.A., 2009. Did the Mammoth Slayer Leave a Diamond Calling Card? *Science*, 323 (5910), p. 26.

(doi: 10.1126/science.323.5910.26)

## La scomparsa dei "giganti" australiani

Il continente australiano ha subito, negli ultimi 50.000 anni, una notevole perdita di specie animali: circa un terzo delle specie di mammiferi e gran parte dei rettili e uccelli di grandi dimensioni. La ragione di questa estinzione è al centro del dibattito scientifico da parecchi decenni, e i due scenari che si contrappongono vedono come principale responsabile l'influenza dell'uomo, secondo alcuni, e il cambiamento climatico o ambientale secondo altri.

Uno dei punti maggiormente dibattuti è l'esatta datazione della scomparsa di ciascuna specie. Nel corso degli anni, alcuni siti paleontologici ubicati in caverne e su rive di laghi sembrano confermare che l'estinzione sia avvenuta prima di 35.000 anni fa, ma altri, al contrario, fanno pensare che alcuni marsupiali giganti siano sopravvissuti fino a 25.000 anni o anche in tempi più recenti. L'esatta datazione è fondamentale per determinare il "colpevole": l'uomo ha raggiunto il continente australiano circa 50.000 anni fa, mentre a partire da 40.000 il clima ha subito importanti modifiche, cambiando in modo drastico gli habitat.

La fauna estinta comprende molte specie di grandi dimensioni, soprattutto

mammiferi marsupiali. Tra le specie di quella che è stata appunto ribattezzata "megafauna" c'era il *Procoptodon*, una specie di enorme canguro alto 3 metri e dal peso di quasi 250 kg, e il *Diprotodon*, la versione gigante dell'attuale vombato, che raggiungeva le 2 tonnellate di peso. La megafauna comprendeva anche alcuni carnivori, come il tilacino o lupo marsupiale della Tasmania (*Thylacinus cynocephalus*), il leone marsupiale (*Thylacoleo carnifex*) e il diavolo della Tasmania (*Sarcophilus harrisii*).

Tra questi, il tilacino costituisce un'eccezione, in quanto "resistette" al primo impatto antropico e anche alle mutazioni climatiche, sopravvivendo nel continente australiano fino a circa 3.000 anni fa, mentre in Tasmania si estinse solo nel 1936, a causa della caccia indiscriminata (fig. 3).

Tra i grandi uccelli estinti ricordiamo il *Genyornis*, esemplare non volatore di 2 metri d'altezza e dal peso di 200 kg e, tra i rettili, la *Megalania*, una lucertola di circa 5 metri di lunghezza! In totale, su 24 generi appartenenti alla megafauna, 23 scomparvero nel Pleistocene superiore.

Nuove, raffinate tecniche di datazione mostrano che i fossili di queste specie e i resti degli strumenti umani risalgono allo stesso periodo, caratterizzato da un clima mite, in cui gli animali e l'uomo convissero per un intervallo di tempo relativamente breve: sarebbero state, quindi, le attività umane e non un cambiamento climatico le responsabili dell'estinzione della megafauna australiana attorno a 40.000 anni fa.

È quanto affermano Richard Roberts, dell'Università di Wollongong, e Barry Brook, dell'Università di Adelaide, gli autori di un recente studio i cui risulta-



Figura 3 - Un tilacino appena catturato, in una foto d'epoca

ti sono stati pubblicati sulla rivista *Science* all'inizio del 2010.

L'uomo introdusse pratiche distruttive dirette, come la caccia, e indirette, come l'uso del fuoco per eliminare la vegetazione, che causò evidenti sconvolgimenti negli ecosistemi: «*il dibattito sulle possibili cause delle estinzioni del tardo Pleistocene è continuato per più di 150 anni, con gli studiosi divisi su due fronti contrapposti*», ha spiegato Brook. «*L'Australia è stata colonizzata durante un periodo in cui il clima era relativamente favorevole, il che corrobora l'ipotesi che sia stato l'uomo, e non il cambiamento climatico, a causare l'estinzione*».

A rendere ulteriormente contraddittorio il quadro delle conoscenze era stato, anni prima, il sito di Cuddie Spring (datato da 36.000 a 30.000 anni fa), nella

parte occidentale del New South Wales, in cui i fossili di enormi canguri, uccelli giganti e diprotodonti furono trovati negli stessi strati sedimentari assieme ad utensili di pietra, inducendo i ricercatori ad accettare l'evidenza di una lunga coesistenza dell'uomo con la megafauna.

Nel nuovo lavoro, invece, Roberts argomenta che la datazione effettuata mostra che i fossili e gli strumenti umani rinvenuti si sono in realtà mescolati nell'arco di migliaia di anni, molto dopo l'estinzione degli animali giganti. «*Dato che gli esseri umani arrivarono in Australia tra 60.000 e 45.000 anni fa, l'impatto umano fu il fattore principale che causò l'estinzione*», ha aggiunto Brook.

Ma, secondo un altro studio da parte di Fillios e collaboratori sul sito di

Cuddie Springs, i risultati non confermano questa ipotesi. Secondo questo team, ci sarebbero prove sufficienti per affermare che gli uomini di questa località lavorassero effettivamente ossa di animali già morti, ma che la megafauna esistette, anche se in declino, ancora per molto tempo dopo l'arrivo dei cacciatori. Anche l'archeologo James O'Connell, dell'Università dello Utah, ha lavorato nello stesso sito e propende per una spiegazione conciliante: il clima potrebbe non essere stato il fattore fondamentale nel determinare l'estinzione, ma a suo parere giocò un ruolo significativo. Come spesso accade nel mondo scientifico, il dibattito costruttivo pone nuovi traguardi da raggiungere e nuovi studi sono attesi per dirimere l'enigma della scomparsa di questi "giganti" australiani.

(F.G.)



### Per approfondire

- Fillios, M., Field, J., Charles, B., 2010. Investigating human and megafauna co-occurrence in Australian prehistory: Mode and causality in fossil accumulation at Cuddie Spring. *Quaternary International*, 21, pp. 123-143.
- Jones, C., 2010. Early human wiped out Australian's giants. *Nature*. (doi: 10.1038/news.2010.30)
- Roberts, R.G., Brook, B.W., 2010. And Then There Were None? *Science*, 327 (5964), pp. 420-422. (doi: 10.1126/science.1185517)

## La "dieta" delle ammoniti

Le ammoniti sono tra i fossili più noti anche al grande pubblico: tra i più abbondanti invertebrati marini della storia della Terra, appartenevano alla classe dei cefalopodi, quindi antichi parenti degli attuali polpi, seppie, calamari e del *Nautilus* (l'unico con il quale condividono la caratteristica di essere protetti da una conchiglia). Comparvero nel periodo Devoniano, circa 400 milioni di anni fa, hanno dominato i mari soprattutto nel Giurassico e nel Cretacico e si sono estinte 65 milioni di anni fa, durante la fase di crisi biologica "famosa" grazie alla scomparsa dei dinosauri. Eppure, anche se molto note e rappresentate da innumerevoli reperti fossili, il loro ruolo nella catena alimentare degli antichi mari non è del tutto definito, perché, come spesso accade per rappresentanti di gruppi estinti, non si hanno corrispettivi attuali di quegli organismi ed inoltre organi e tessuti degli organismi originari si conservano solo in minima parte. Alcuni ritrovamenti eccezionali, uniti alle moderne tecnologie, cercano di ridurre queste lacune e di delineare un quadro più chiaro: è il caso

di un recente studio pubblicato sulla rivista *Science*, condotto da ricercatori del Museo Nazionale di Storia Naturale di Parigi e dal Museum of Natural History di New York (Kruta *et al.*, 2011).

Sulla base di esemplari di *Baculites* (uno dei generi di ammoniti più diffusi nel Cretacico superiore) rinvenuti in South Dakota e ottimamente preservati dal tempo, i ricercatori hanno effettuato una scansione delle strutture interne di alcune ammoniti ben conservate e sono stati così in grado di ricostruire in 3 dimensioni l'apparato boccale (fig. 4). La ricostruzione, corredata dalla produzione di un video, ha mostrato che questi molluschi avevano le mascelle (quella superiore grande circa la metà di quella inferiore) e una radula dentata (l'organo raschiatore che usano i molluschi per trovare il cibo): erano quindi teoricamente in grado di mangiare piccole prede. Questi organi masticatori erano stati riscontrati anche in altri casi, ma stavolta i ricercatori hanno anche rinvenuto un chiaro indizio a proposito della loro alimentazione: in uno dei reperti sono stati infatti trovati dei resti di prede: piccoli crostacei e larve di gasteropodi che vivevano nella colonna d'acqua come zooplancton. La ricerca getta così luce sul ruolo ecologico e sull'alimentazione di questi invertebrati marini, ponendo anche delle ipotesi sulla loro estinzione.

Spiega infatti Fabrizio Cecca, uno degli autori della pubblicazione: «*Il plancton ritrovato rappresenta la prima prova delle abitudini alimentari delle ammoniti e ci aiuta a comprendere le ragioni dell'estinzione di questi animali*». L'enorme diminuzione di plancton registrata 65 milioni di anni fa potrebbe aver così contribuito alla scomparsa dei suoi predatori.

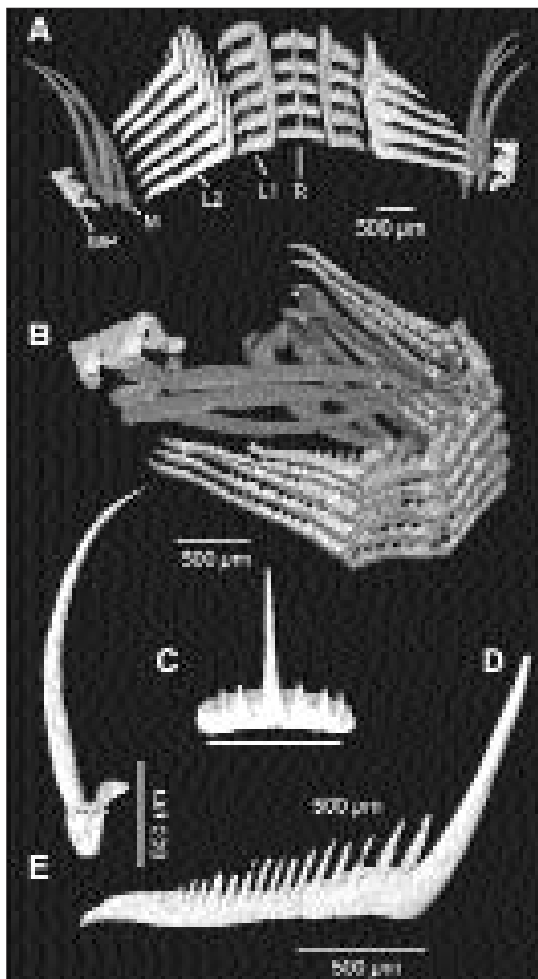


Figura 4 - Morfologia tramite scanning della radula e dei denti di *Baculites*

Tuttavia, altri gruppi di ammoniti (filloceratidi e litoceratidi) avevano probabilmente un apparato boccale e un'alimentazione diversa, più simile a quella della sottoclasse Nautiloidea (comprendente l'attuale *Nautilus*), e anch'essi si sono estinti nel medesimo intervallo di tempo, alla fine del Cretacico, al contrario dei loro "parenti" più stretti. Come sempre, solo altri resti fossili sottoposti

a nuove analisi potranno sciogliere tutti i dubbi ancora irrisolti.

(F.G.)

#### Per approfondire

Kruta, I., Landman, N., Rouget, I., Cecca, F., Tafforeau, P., 2011. The Role of Ammonites in the Mesozoic Marine Food Web Revealed by Jaw Preservation. *Science* 331, pp. 70-72.  
(doi: 10.1126/science.1201002)

### Il Denisovan, un "altro" essere umano

C'è un nuovo protagonista sulla scena della paleontologia umana, ed il suo nome è *Denisovan*, o Uomo di Denisova. È questo il nome provvisorio di una nuova specie (o sottospecie) umana, nome che deriva dalla grotta siberiana nella quale sono stati trovati, nel 2008, alcuni resti fossili di ominidi eurasiatici arcaici che non appartengono né a *Homo sapiens*, né a *Homo neanderthalensis*. Fino a metà dell'800 credevamo di essere gli unici rappresentanti del genere *Homo*, fino alla

prima scoperta di *H. neanderthalensis*. Oggi, con ogni probabilità, dobbiamo ancora una volta aggiungere un ritratto nella nostra "foto di famiglia".

La grotta di Denisova è stata frequentata da esseri umani da circa 280.000 anni fa, come testimoniano lame, ornamenti e altri strumenti in pietra trovati nella grotta, oltre ai resti del Denisovan. Il materiale fossile consiste nel molare di un individuo adulto (fig. 5) e un osso della falange del mignolo di un individuo di sesso femminile dall'età stimata





Figura 5 - Molare fossile del Denisovan

tra i 5 ed i 7 anni e che visse attorno a 40.000 anni fa. La ricerca ha coinvolto diversi gruppi di ricerca, con in prima linea gli antropologi del Max Planck Institut di Lipsia (Germania) ed i genetisti dell'Harvard Medical School di Boston. Anche se i resti fossili non sono molti, gettano in ogni caso una luce nuova nella nostra "famiglia" umana, proprio grazie ad analisi di biologia molecolare sul DNA dei reperti rinvenuti, un tipo di indagine effettuata dai genetisti che permette, laddove possibile, di integrare le classiche analisi paleoantropologiche con gli aspetti biologici e fornire così delle informazioni decisive sull'evoluzione delle forme prese in esame. Fino a pochi anni fa, risultati di questo tipo erano impensabili e sono possibili grazie alle moderne tecniche di analisi biomolecolari.

Già dall'analisi morfologica del dente si era intuita l'eccezionalità del ritrovamento: il molare è più grande di quello di qualsiasi *H. sapiens*, ed anche di tutti quelli noti del Neandertal. I ricercatori sono poi riusciti ad isolare il DNA nucleare dall'osso della falange, il quale contiene un maggior numero di informazioni sul corredo genetico delle specie rispetto al DNA estratto dai mito-

condri, che si usa solitamente perché più facile da estrarre. I denisoviani risultano essere sostanzialmente diversi sia da noi *H. sapiens* che dai Neandertal, seppure sono più strettamente imparentati con quest'ultimi. Bence Viola, uno degli autori della ricerca, sostiene che la differenziazione tra queste due forme umane sarebbe avvenuta circa 350.000-400.000 anni fa, quando le

popolazioni delle forme ancestrali fuoriuscirono dall'Africa separandosi dai loro antenati e si divisero a loro volta, con i denisoviani che si stanziarono in Asia orientale ed i Neandertal in Eurasia occidentale. Soltanto successive ondate migratorie dall'Africa portarono l'antenato dell'uomo moderno in Eurasia dove già esistevano queste popolazioni di ominidi.

I ricercatori sostengono infatti che gli abitanti delle isole pacifiche della Papua Nuova Guinea possiedono nel loro patrimonio genetico il 4-6% di quello dei denisoviani, e sarebbero quindi i lontani discendenti di queste antiche ibridazioni.

"La nostra ipotesi quindi è che gli antenati degli attuali melanesiani abbiano incontrato i denisoviani in Asia sudorientale incrociandosi con loro, e che in seguito si siano spostati in Papua Nuova Guinea" dice Viola.

Appena pochi mesi prima della scoperta dell'Uomo di Denisova, altre analisi biomolecolari avevano attestato che anche tra *H. neanderthalensis* e *H. sapiens* ci sarebbero stati delle ibridazioni, suggerendo la possibilità che gli incroci tra esseri umani arcaici e moderni (che alcuni ricercatori escludevano del tutto non avendo prove genetiche a sostegno) fossero molto più frequenti di



quanto anche i più possibilisti ritenessero in precedenza.

Riassumendo, sono quindi due i nuovi, fondamentali contributi portati dal Denisovan: una nuova forma all'interno del nostro genere *Homo*, e la possibilità che questa abbia incrociato il proprio patrimonio genetico con noi "uomini moderni".

Inoltre, la biologia ci ha insegnato che individui di una stessa specie che si riproducano danno vita a prole fertile, mentre gli ibridi di specie diverse danno prole non fertile, ossia che non è in grado di riprodursi (come il mulo ed il bardotto, "figli" di asino/a e cavalla/o). Date queste evidenze, vi sono alcuni biologi dell'evoluzione che hanno suggerito di cancellare le differenze tra le denominazioni specifiche per umani moderni (*H. sapiens*) e neandertaliani, e di considerare entrambi i gruppi di forme arcaiche (Neandertal e Denisovan) come sottospecie di *Homo sapiens*, così come era una volta per il Neandertal (*H. sapiens neanderthalensis*). D'altro canto, le analisi sul DNA di queste forme umane sono ancora poche per disegnare con certezza l'albero genealogico della nostra famiglia.

(C.A.)

### **Per approfondire**

Reich, D. *et alii*, 2010. Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia. *Nature*, 468 (7327), 1053-1060. (doi: 10.1038/nature09710).

## **Una "fuliggine" mortale**

La storia della vita sulla Terra è stata costellata da cinque grandi eventi di estinzione, crisi biologiche che hanno

portato all'estinzione un gran numero di specie e organismi. Probabilmente la più nota è quella avvenuta alla fine del periodo Cretacico, 65 milioni di anni fa, che pose fine ai dinosauri e assieme ad essi a tantissimi altri organismi marini e terrestri.

Ma una crisi biologica ancora più catastrofica fu quella che colpì il mondo vivente alla fine del periodo Permiano, circa 250 milioni di anni fa, considerata il più grande evento di estinzione in massa della storia della vita sulla Terra. Si estinsero infatti più del 90% di tutti gli organismi marini e circa il 70% di quelli terrestri, un vero e proprio crollo della biodiversità globale. Come per le altre crisi biologiche, anche per quella permiana, che segna la fine dell'Era Paleozoica e l'inizio della Mesozoica, sono state proposte diverse ipotesi: massicce eruzioni vulcaniche, impatti meteoritici, oceani resi tossici da qualche evento eccezionale, o l'integrazione di questi ed altri eventi.

Recentemente, una nuova ricerca scientifica ha riaperto l'interesse attorno a questo tema che da sempre affascina paleontologi, biologi ed evolucionisti di tutto il mondo, portando all'attenzione di tutti nuovi dati.

La rivista *Nature Geoscience* ha infatti pubblicato il lavoro di Stephen Grasby, del Servizio Geologico del Canada, che assieme ai suoi collaboratori ha analizzato alcune rocce che costituiscono le isole più settentrionali della regione artica canadese, un settore che, 250 milioni di anni fa, costituiva un antico mare a nord-ovest dell'unico supercontinente Pangea.

Negli strati di carbone, i ricercatori hanno individuato delle particelle dalla forma molto particolare, con delle bolle in-

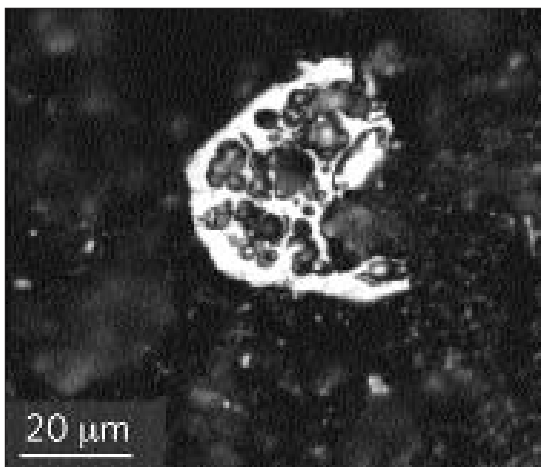


Figura 6 - Una delle particelle di carbone combusto analizzate

cluse (fig. 6), del tutto simili alle “cenosfere”, le ceneri e polveri leggere prodotte attualmente da una centrale a carbone o, più semplicemente, da un camino, in pratica una fuliggine di carbone finissimo. Queste particelle si formano perciò solo quando viene immesso in atmosfera del carbone fuso, e sarebbero quindi la testimonianza diretta delle emissioni vulcaniche appena precedenti la fine del Permiano, che produssero la combustione dei depositi di carbone sottostanti.

Era infatti noto che, alla fine di questo periodo, ci furono imponenti eruzioni vulcaniche in particolar modo in Siberia, testimoniate dai “Siberian Traps”, un gigantesco espandimento di basalti<sup>(2)</sup> il cui studio ha permesso di stimare la lava eruttata in più di 1.000 miliardi

<sup>(2)</sup> basalto: roccia effusiva di origine vulcanica dal colore scuro e dal contenuto di silice (SiO<sub>2</sub>) inferiore al 50%, relativamente basso rispetto ad altre rocce vulcaniche; si forma da un magma solidificatosi velocemente a contatto dell’aria o dell’acqua.

di tonnellate e una superficie ricoperta di circa 2 milioni di chilometri quadrati, praticamente come l’Europa. Flussi di roccia fusa così formatesi rilasciarono elevatissime concentrazioni di anidride carbonica nell’atmosfera che, unite alle forti emissioni di metano e alla presenza di metalli tossici, influenzarono drammaticamente il ciclo del carbonio a livello globale, con conseguenze disastrose sulla vita, a cui si aggiunse il riscaldamento globale e l’effetto serra. Una situazione così grave dal punto di vista

degli equilibri biologici fu ulteriormente compromessa dalla presenza delle cenosfere: queste hanno circa le stesse dimensioni e lo stesso peso delle più piccole particelle di cenere vulcanica, per questo si pensa dunque che anch’esse siano arrivate ad un’altitudine di circa 20 km in atmosfera, siano state prese in carico dai venti e così diffuse globalmente su tutto il Pangea. Una volta ricadute negli oceani, queste polveri di carbone combusto, arricchite in elementi tossici (metano, arsenico, cromo), costituirono una miscela proibitiva per la sopravvivenza della maggior parte degli organismi. Sia in terra che in mare, la quasi totalità delle specie viventi fu così “soffocata” da un’enorme nuvola di cenere tossica, con i sopravvissuti che, all’inizio dell’Era Mesozoica, iniziarono a ripopolare il mondo.

(F.G.)

#### Per approfondire

Grasby, S.E., Sanei, H., Beauchamp, B., 2011. Catastrophic dispersion of coal fly ash into oceans during the latest Permian extinction. *Nature Geoscience*, 4, pp. 104-107. (doi:10.1038/ngeo1069)



## *Nuove testimonianze fossili sui primi organismi pluricellulari*

# 2,1 miliardi di anni!

Francesco Grossi

Nel numero precedente di questi Quaderni avevamo riportato la notizia, data dalla prestigiosa rivista *Nature*, di uno straordinario ritrovamento: numerosi resti fossili in ottimo stato di conservazione, oltre 250 forme, che hanno tutto l'aspetto di organismi pluricellulari, risalenti a 2,1 miliardi di anni fa (fig. 1). Poiché dopo la comparsa sulla Terra dei primi organismi procarioti unicellulari, circa 3,5 miliardi di anni fa, le prime forme di vita pluricellulari finora note

erano le faune tipo Ediacara (località del primo ritrovamento, in Australia) e quelle di vari depositi di età cambriana, comparse "solo" poco più di 500 milioni di anni fa, sembrava che la storia della vita sulla Terra fosse stata prevalentemente una storia di vita unicellulare. Ma, come avevamo già anticipato, i nuovi dati hanno notevolmente modificato quelle conclusioni, per cui vale la pena di dedicare alla notizia qualche approfondimento.

Il ritrovamento è stato realizzato in un bacino sedimentario vicino la città di Franceville, in Gabon (Africa centro-occidentale), da un gruppo internazionale di ricercatori guidato da Abderrazak El Albani, dell'Università di Poitiers.

I fossili, a cui non sono stati ancora attribuiti nomi scientifici, presentano forme e dimensioni molto variabili, con margini frastagliati e irregolari e con elementi radiali. Le loro dimensioni raggiungono i 12 centimetri di lunghezza per uno spessore che non supera il centimetro.

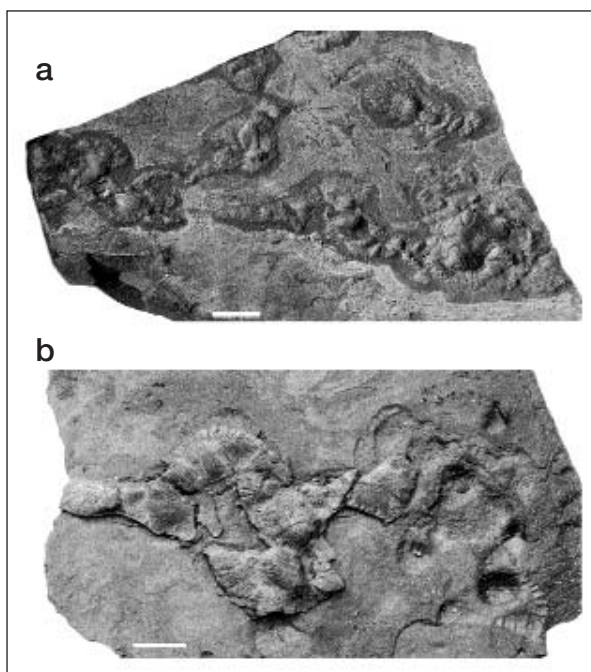


Figura 1 - Alcuni tra gli eccezionali resti fossili



I ricercatori hanno appurato l'origine organica dei campioni in base alla misurazione dei rapporti relativi degli isotopi di zolfo in essi contenuti, grazie a una sofisticata tecnica di scansione in 3D, la microtomografia a raggi X (fig. 2). Con questa analisi sono stati in grado di ricostruire con buona precisione la struttura interna dei fossili senza danneggiarli.

Spesso non è facile distinguere colonie di organismi unicellulari da un organismo pluricellulare, specie in rocce così antiche, ma in questo caso, secondo gli autori, la morfologia chiaramente defi-

nita suggerisce che ci fosse comunicazione tra le singole cellule della colonia, caratteristica tipicamente associata all'organizzazione multicellulare della vita.

La classificazione di questi organismi risulta non facile in quanto non esistono forme di vita (attuali o fossili) comparabili, se non alcune colonie batteriche di dimensioni nettamente inferiori. Oltre alle dimensioni, anche la loro struttura tridimensionale escluderebbe la possibilità che si tratti di unicellulari straordinariamente grandi e propenderebbe per l'ipotesi di organismi colonia-

li che rappresenterebbero il primo (finora conosciuto) tentativo di struttura pluricellulare.

Come già anticipato, dall'analisi delle strutture sedimentarie dello straordinario giacimento gabonese i ricercatori hanno appurato che questi organismi vivevano in prossimità delle coste alla profondità di circa 20-30 metri, in acque ricche in ossigeno e generalmente calme, ma periodicamente interessate da episodi di tempesta. Non è ancora chiaro, per il momento, in che modo ottenessero l'energia necessaria per vivere. Vediamo allora perché questo ritrovamento può segnare un

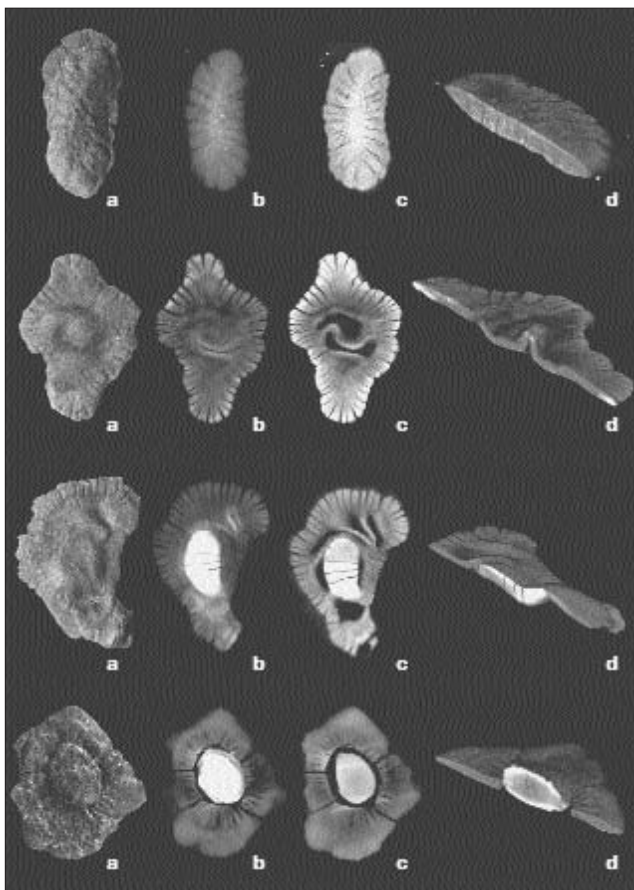


Figura 2 - Microtomografia a raggi X di alcuni resti, con ricostruzione virtuale delle relative sezioni

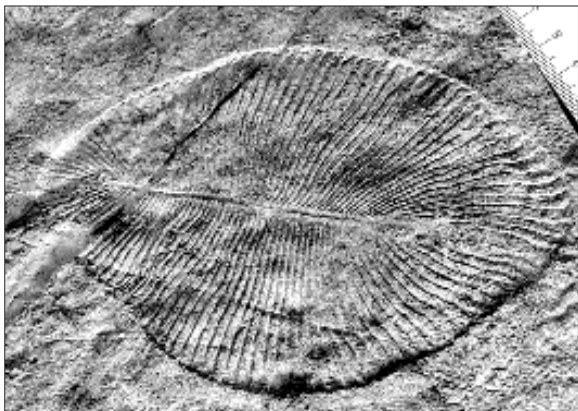


Figura 3 - Dickinsonia costata, uno dei fossili della fauna di Ediacara

punto di svolta nelle nostre conoscenze sull'evoluzione della vita sulla Terra.

La vita apparve sul nostro pianeta 3,5 miliardi di anni fa, quando fecero la loro comparsa i primi *procarioti* (ossia organismi unicellulari privi di nucleo), le stromatoliti, strutture biosedimentarie (ossia costituite in parte da resti organici e in parte da sedimenti) derivate dall'intrappolamento di fanghi e sabbie da parte di cianobatteri; questi ultimi rappresentano un *phylum* di batteri fotosintetici ancora attualmente molto diffusi, soprattutto in ambienti caratterizzati da clima temperato-tropicale. Successivamente, circa 1,4 miliardi di anni fa, comparvero i primi unicellulari *eucarioti* (ovvero con cellula provvista di nucleo), gli Acritarchi, come dimostrano alcuni resti fossili in rocce argillose degli Urali (Russia) e del Montana (Stati Uniti). L'esistenza della vita complessa prima del miliardo di anni fa è molto controversa. Questi probabili primi plu-

ricellulari sono molto importanti, in quanto retrodatano l'origine della pluricellularità di oltre 1,5 miliardi di anni.

Fino ad oggi, infatti, le più antiche forme di vita pluricellulari certe appartengono alle faune tipo Ediacara, risalenti a circa 570 milioni di anni or sono (figg. 3-4), e a quelle della più fortunata "esplosione di vita" del Cambriano (più recente di 40 milioni di anni), mentre so-

no datate circa 900 milioni di anni alcune tracce fossili interpretate come attività di scavo, sebbene molto primitive, e come tali riferite a organismi pluricellulari.

L'esistenza di vita complessa precedente la radiazione adattativa della fauna di Ediacara era, quindi, prima di questi ritrovamenti, un fenomeno piuttosto incerto, a parte il caso di *Grypania spiralis*, un organismo eucariota (o una colonia di organismi) di forma tubolare ritorta lunga circa 1 centimetro, risalente a cir-

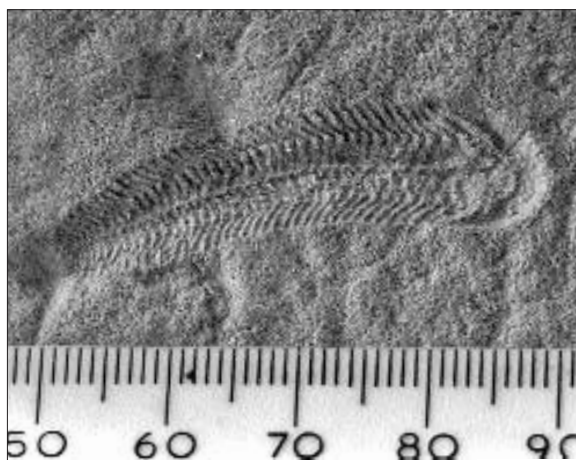


Figura 4 - Spriggina fluondersi, altro rappresentante della fauna precambriana



Figura 5 - *Grypania spiralis*, eucariota vissuto 2 miliardi di anni fa

ca 2 miliardi di anni fa, rinvenuta in sedimenti del Michigan negli anni '70 e dalla posizione sistematica ancora non definita (fig. 5).

Proprio come avvenne anche per l'esplosione di vita cambriana, questo primo "esperimento" di pluricellularità sarebbe stato possibile solo grazie al grande evento di diffusione di ossigeno nell'atmosfera terrestre che si verificò proprio tra 2,45 e 2 miliardi di anni or sono, dovuto all'azione di fotosintesi dei cianobatteri, i quali utilizzavano l'acqua come fonte di idrogeno liberando ossigeno (come fanno i cianobatteri viventi).

L'aumento delle concentrazioni di ossigeno favorì lo sviluppo di un livello di complessità degli organismi viventi mai raggiunto fino a quel momento. Gli organismi ora scoperti, così come la *Grypania spiralis*, sono comparsi infatti proprio quando l'atmosfera terrestre si modificò radicalmente, arricchendosi di ossigeno e provocando un'estinzione di

massa di tutti i primitivi organismi anaerobici. La *catastrofe dell'ossigeno* o *grande evento di ossidazione* si può forse considerare il primo caso di inquinamento terrestre ed è considerato il fenomeno che ha innescato l'evoluzione della vita nelle forme che poi oggi conosciamo. Il fatto che questi organismi complessi si siano sviluppati proprio in un periodo immediatamente successivo a questo evento è

coerente con l'ipotesi che il cambiamento della composizione chimica dell'atmosfera, degli oceani e del clima terrestre abbiano favorito la nascita di forme di vita più articolate, che hanno sviluppato parti del corpo capaci di comunicare tra loro e specializzate per funzioni differenziate.

Le analisi su questi eccezionali fossili sono lontane dall'essere concluse, così come molte sono ancora le domande che attendono una risposta: vedremo, anzitutto, se verrà confermata la natura pluricellulare di questi organismi vissuti più di 2 miliardi di anni fa e, in secondo luogo, se rimarranno un isolato frammento di vita nel tempo profondo o verranno invece affiancati da nuovi, straordinari ritrovamenti.

#### Per approfondire

Abderrazak El Albani *et alii*. Large colonial organisms with coordinated growth in oxygenated environments 2.1 Gyr ago. *Nature*, 2010; 466 (7302), pp. 100-104.

(doi: 10.1038/nature09166)

Gould S.J., 1990. La vita meravigliosa. Feltrinelli, pp. 240.



## *Sauvagesia sharpei*

Francesco Grossi

Come già precisato nel numero precedente di questi *Quaderni*, la rubrica prende in esame, per ciascun numero della rivista, uno o più fossili tra quelli presenti nella collezione del Museo "Ardito Desio", esaminandone brevemente gli aspetti riguardanti la sistematica, la descrizione morfologica, l'antico ambiente e l'intervallo cronologico in cui vissero, per conoscere un po' più da vicino i protagonisti delle antiche scogliere presenti nell'area di Rocca di Cave un centinaio di milioni di anni fa.

Ricordiamo che, in paleontologia, ciascuna specie è inserita, dal punto di vista della classificazione, in un *genere* di appartenenza assieme ad altre *specie* ad essa comparabili, così come più generi, simili tra loro per alcune caratteristiche, sono inseriti in una stessa *famiglia*, e così via per livelli superiori (si veda lo schema a colori nella seconda pagina di copertina). Sono, queste, le *categorie tassonomiche*, ordinate in maniera gerarchica, secondo una nomenclatura codificata per la prima volta dal famoso botanico svedese Carl von Linné (Linneo) nel 1758. La prima parte della *scheda identificativa* dell'organismo fossile riguarda la sua collocazione nella grande famiglia di appartenenza, cui segue la cosiddetta *sinonimia*, ossia la lista delle più importanti citazioni di quella stessa specie in lavori paleontologici. Questo elenco serve al paleontologo per vedere come, nel corso del tempo, dalla prima istituzione, sia eventualmente cambiato il genere di appartenenza della specie in esame, in seguito a nuovi studi, e anche per correggere eventuali errori di classificazione del passato; inoltre, è comunque uno strumento importante per chi volesse approfondire le informazioni sulla specie in questione.

*Phylum* MOLLUSCA

*Classe* BIVALVIA

*Ordine* HIPPURITOIDA

*Famiglia* RADIOLITIDAE

*Genere* **Sauvagesia** BAYLE, 1887

### *Sauvagesia sharpei* (Bayle, 1857)

1857 *Sphaerulites sharpei* Bayle, p. 690

1886 *Sphaerulites sharpei* - Choffat, p. 29, tavv. 2-4, fig. 1





- 1891 *Sauvagesia sharpei* - Douvillé, p. 669, fig. 1  
 1904 *Sauvagesia sharpei* - Douvillé, p. 174  
 1909 *Sauvagesia sharpei* - Toucas, p. 88, fig. 56, tav. 17, figg. 5-7  
 1911 *Sauvagesia sharpei* - Parona, p. 285  
 1912 *Sauvagesia sharpei* - Parona, p. 16  
 1926 *Sauvagesia sharpei* - Parona, p. 34, tav. 4, fig. 5  
 1930 *Sauvagesia sharpei* - Zuccardi Comerci, p. 12, tav. 1, fig. 3  
 1932 *Sauvagesia sharpei* - Kühn, p. 166  
 1938 *Sauvagesia sharpei* - Voorwijk, p. 64, tav. 4, fig. 20  
 1957 *Sauvagesia sharpei* - Pejovic, p. 93, tav. 32, figg. 1-4, tav. 33, fig. 1-2  
 1957 *Sauvagesia sharpei* - Pasic, p. 118, tav. 15, fig. 3, tav. 29, fig. 1, tav. 33, fig. 2  
 1965 *Sauvagesia sharpei* - Torre, p. 77, tav. 2, fig. 12, tav. 3, fig. 1  
 1966 *Sauvagesia sharpei* - Pamouktchiev, p. 35, tav. 5, fig. 1  
 1967 *Sauvagesia sharpei* - Polsak, p. 85, fig. 24, pl. 46, figg. 1-5  
 1971 *Sauvagesia sharpei* - Carbone, Praturlon, Sirna, p. 150  
 1973 *Sauvagesia sharpei* - Plenicar, p. 219, tav. 2, fig. 1, tav. 11, figg. 2-3  
 1976 *Sauvagesia sharpei* - Charvet, Decrouez, Polsak, tav. 3, fig. 2  
 1980 *Sauvagesia sharpei* - Carbone, Russo, Sirna, p. 204  
 1980 *Sauvagesia sharpei* - Iannone, Laviano, p. 224, fig. 30  
 1981 *Sauvagesia sharpei* - Carbone, Sirna, p. 434

La specie *Sauvagesia sharpei* è un bivalve appartenente al grande gruppo delle rudiste (ordine Hippuritoida) e alla famiglia Radiolitidae, istituita nel 1857 da Bayle e inizialmente riferita dall'Autore a un diverso genere, *Sphaerulites*. Nel 1891 Douvillé attribuì questa specie al genere *Sauvagesia*.

*S. sharpei* è una forma frequente nei depositi dell'Italia centrale-meridionale ma è stata segnalata anche nel Carso goriziano; in particolare, nell'area di Rocca di Cave è una delle specie di rudiste maggiormente diffuse, anche se spesso è stata rinvenuta con individui

frammentari. Come vedremo, fortunatamente il riconoscimento di alcuni caratteri morfologici di *S. sharpei* ne permette l'identificazione anche se l'esemplare è conservato solo in parte o se è inglobato, come spesso succede, nella roccia calcarea, tanto da lasciare visibile all'osservazione solo una sezione del guscio.

Tutte le rudiste appartenenti alla famiglia Radiolitidae sono caratterizzate da una valva destra allungata, di forma conica o cilindrica, che si fissava al substrato, mentre la sinistra, di forma appiattita o cupoliforme, fungeva da "opercolo" (fig. 1). Inoltre, tutte le specie appartenenti a questa famiglia hanno il guscio costituito da una struttura vacuolare detta "cellulo-prismatica",



con *laminae* e *muri* trasversali che lasciano tra loro dei vuoti utili per alleggerire il guscio. Inoltre, sono molto sviluppate le bande radiali o sifonali, scanalature sulla superficie della conchiglia nelle quali si appoggiavano i sifoni inalanti ed esalanti.

All'interno della famiglia, il genere *Sauvagesia* è poi caratterizzato da una cresta ligamentare (una spatola calcitica che serviva da sostegno per il legamento), molto evidente, da una struttura cellulo-prismatica poligonale e da *laminae* spesso ripiegate tanto da generare un'ornamentazione finemente costolata, molto evidente sulla superficie esterna del guscio.

Una buona sezione per poter identificare la specie è quella trasversale, ossia quella che taglia il bivalve perpendicolarmente rispetto alla crescita in altezza della valva conica o cilindrica, perché permette di osservare la struttura cellulo-prismatica, la cresta ligamentare e altri caratteri morfologici interni.

Oltre a tutte le caratteristiche proprie della famiglia Radiolitidae e del genere *Sauvagesia*, la specie *S. sharpei* è caratterizzata da una forma tipica delle bande radiali: quella posteriore (S) è larga cir-

ca la metà dell'anteriore (E); entrambe sono piuttosto appiattite e separate da una zona, detta "di interbanda", concava. Su entrambe le bande radiali sono presenti numerose piccole pieghe. Altra caratteristica tipica di *S. sharpei* è la cresta ligamentare dalla forma triangolare. In Tavola I sono illustrati alcuni esemplari di *S. sharpei* ancora in roccia esposti nelle vetrine del Museo "Ardito Desio" (I:1), insieme a un calcare ricco di questa specie presente in affioramento lungo il sentiero geopaleontologico (I:2). Le immagini mettono in evidenza il contatto ravvicinato del guscio di diversi elementi: una modalità di vita "gregaria" che era propria di tutte le rudiste e che permetteva loro di abitare ambienti marini ad elevata energia del moto ondoso (come quello della scogliera biocostruita) fissando la propria valva al substrato calcareo accanto ad altri individui della stessa specie.

Per quanto riguarda la distribuzione paleogeografica e cronostratigrafica, *S. sharpei* è stata segnalata nei livelli dal Cenomaniano superiore al Turoniano inferiore (ossia tra circa 100 e 90 milioni di anni fa) di Italia, Portogallo, Francia (Provenza), Algeria ed Istria.

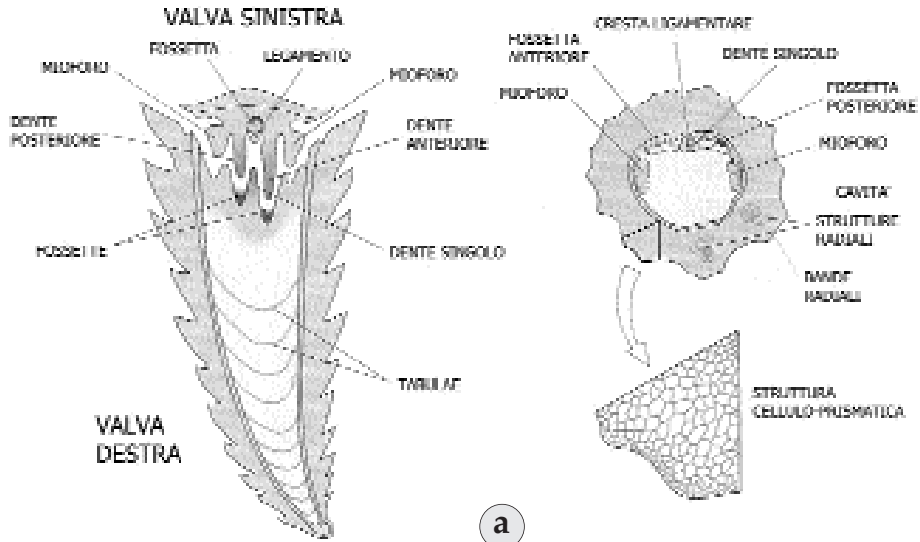
### **Bibliografia**

- Carbone, F., Praturlon, A., Sirna, G., 1971. The Cenomanian shelf-edge of Rocca di Cave (Preneestini Mts., Latium). *Geologica Romana*, 10, pp. 131-198.
- Cestari, R., Sartorio, D., 1995. Rudists and facies of the Periadriatic Domain. Agip S.P.A., San Donato Milanese, pp. 1-207.
- Cestari, R., 2008. Le rudiste come vincolo stratigrafico per il rilevamento geologico in alcune località fossilifere dell'Appennino centrale. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, LXXVII, pp. 41-60.
- Iannone, A., Laviano, A., 1980. Studio stratigrafico e paleoambientale di una successione cenomaniano-turoniana (Calcare di Bari) affiorante presso Ruvo di Puglia. *Geologica Romana*, 19, pp. 209-230.

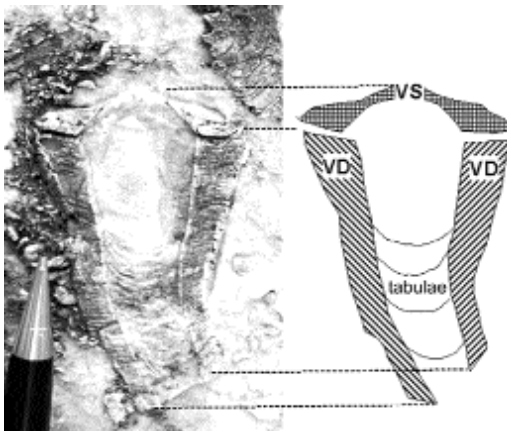


Struttura generale delle radiolitidi

RADIOLITIDAE



a



b



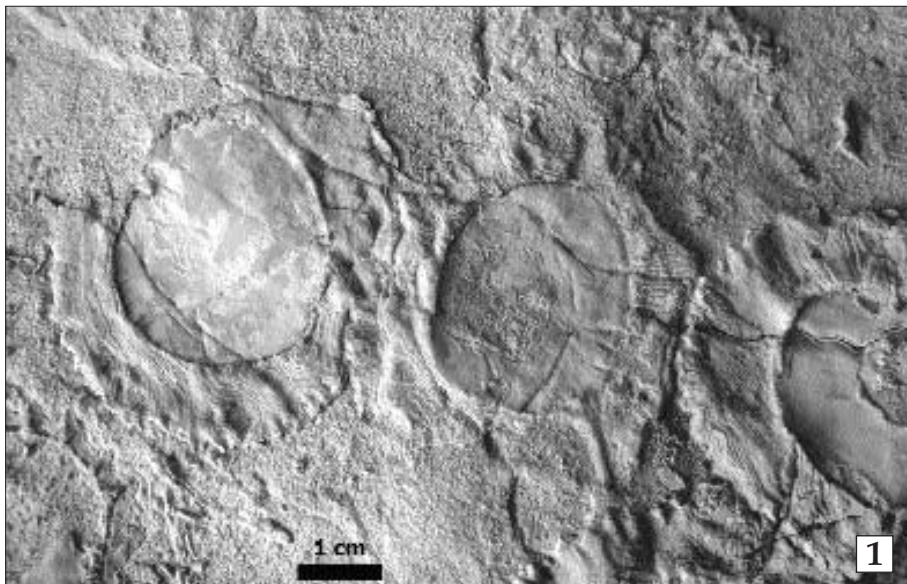
c

Figura 1

a. Morfologia e nomenclatura delle rudiste Radiolitidae (modificato da Cestari e Sartorio, 1995);  
 b. Sezione longitudinale naturale di un radiolite accompagnata da un disegno (vd: valva destra;  
 vs: valva sinistra) (da Cestari, 2008); c. Disegno di *Sauvagesia sharpei*



## TAVOLA I

*Sauvagesia sharpei* (Bayle)

1 - Sezioni trasversali naturali (per erosione) di alcuni esemplari di *S. sharpei*. Si noti il contatto tra gli esemplari presenti. 2 - Altre sezioni in roccia lungo il percorso geopaleontologico.



# *Neithea zitteli*

Francesco Grossi

Phylum MOLLUSCA  
 Classe BIVALVIA  
 Superordine PTERIOMORPHIA  
 Ordine PTERIOIDA  
 Famiglia PECTINIDAE  
 Genere *Neithea* DROUET, 1825

## *Neithea zitteli* (Pirone, 1884)

- 1884 *Janira Zitteli* Pirone, p. 10, tav. III, figg. 1-15  
 1901 *Neithea Zitteli* - Redlich, pp. 76-81  
 1926 *Neithea Zitteli* - Parona, p. 52, tav. V, fig. 3  
 1992 *Neithea zitteli* - Dhondt & Dieni, pp. 212-214, fig. 1  
 2011 *Neithea zitteli* - Grossi & Amadori, p. 44



Figura 1 - Ritratto di Giulio Andrea Pirone e prima pagina del lavoro del 1884 in cui l'Autore istituisce la specie *Neithea zitteli*.



La specie *Neithea zitteli* è un bivalve della famiglia Pectinidae istituito nel 1884 da Giulio Andrea Pirona (fig. 1), nei terreni cretaci del Friuli e inizialmente riferito dall'Autore ad un diverso genere, *Janira*.

Nel 1901, Redlich attribuì questa specie al genere *Neithea*, *taxon* già istituito nel 1825 da Drouet (fig. 2).

Dal punto di vista della nomenclatura, è interessante notare come anche il nome specifico, oltre quello generico, sia inizialmente riportato in maiuscolo e non in minuscolo come dovrebbe: ai tempi, così si usava nel caso la specie fosse dedicata a una personalità del mondo scientifico, in questo caso al noto paleontologo tedesco Karl Zittel.

*N. zitteli* è una forma frequente nei depositi dell'Italia nord-orientale, mentre nell'area di Rocca di Cave, e in generale nell'Appennino centrale, ne esiste una sola segnalazione, relativa all'esemplare conservato nel Museo "Ardito Desio".

È una specie caratterizzata da una forma trigona, allungata, di dimensioni notevoli, fortemente inequivalve (cioè con morfologia delle due valve molto diversa), con angolo apicale di circa 65°. La valva destra è piuttosto grande (poco meno di 10 cm) e molto convessa,

con umbone molto spesso e incurvato, mentre la sinistra è più piccola, meno convessa, quasi appiattita, con un margine depresso, un rapporto lunghezza/larghezza circa pari a 1 e umbone piano e liscio. La superficie esterna è solcata da 6 coste maggiori, negli intervalli delle quali vi sono 2 o 3 coste secondarie, tondeggianti.

In Tavola II è illustrato l'esemplare esposto al Museo, di cui è ben conservata la valva destra, osservabile nella figura I,1; in Tavola II,2 è visibile lo stesso esemplare in norma laterale, ancora parzialmente inglobato nella roccia calcarea nella quale è stato rinvenuto.

Le biofacies nelle quali è stata rinvenuta *N. zitteli* e la sua morfologia molto robusta suggeriscono un ambiente con alta energia del moto ondoso, come quello di avanscogliera (Dhondt e Dieni, 1992).

Per quanto riguarda la distribuzione paleogeografica e cronostratigrafica, *N. zitteli* era stata finora segnalata nel Cenomaniano (circa 100 milioni di anni fa) dell'Italia nord-orientale e della Slovenia occidentale, ed il reperto rinvenuto nei livelli cenomaniani di Rocca di Cave permette quindi di estendere la sua distribuzione areale anche all'Appennino centrale.

### Bibliografia

- Dhondt A.V., Dieni, I., 1992. Non-rudist bivalves from the late Cretaceous rudist limestones of NE Italy, *Memorie di Scienze Geologiche*, 45 (1992), pp. 165-241.
- Grossi F., Amadori C., 2011. Il bivalve *Neithea zitteli* (Pirona, 1884), prima segnalazione in Appennino Centrale. XI Giornate di Paleontologia, *Abstract*, p. 44.
- Parona C. F., 1926. Ricerche sulle rudiste e su altri fossili del Cretacico superiore del Carso goriziano e dell'Istria. *Memorie dell'Ist. Geologico della R. Università di Padova*, 7, 56 pp.
- Pirona G.A., 1884. Nuovi fossili del terreno cretaceo del Friuli. *Memorie dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, 22, 1-12.

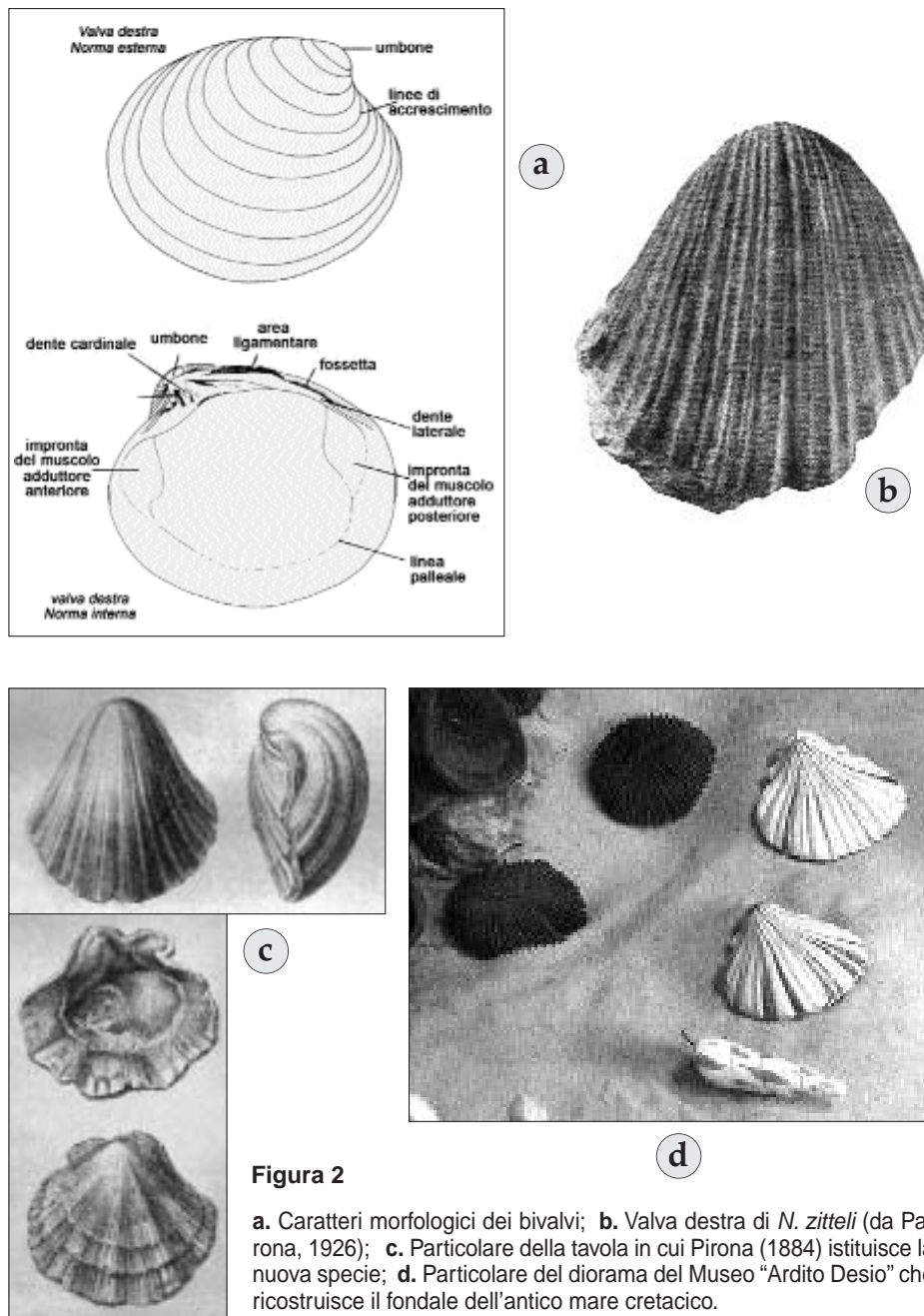
I bivalvi e *Neithea*

Figura 2

**a.** Caratteri morfologici dei bivalvi; **b.** Valva destra di *N. zitteli* (da Parona, 1926); **c.** Particolare della tavola in cui Pirona (1884) istituisce la nuova specie; **d.** Particolare del diorama del Museo "Ardito Desio" che ricostruisce il fondale dell'antico mare cretaceo.



## TAVOLA II

*Neithea zitteli* (Pirona)

1 - L'esemplare di *Neithea zitteli* conservato nel Museo; è ben visibile la valva destra, robusta, convessa e solcata da coste.  
2 - Lo stesso esemplare visibile in norma laterale. La barra bianca corrisponde a 1 cm e vale per entrambe le figure.



# Il Polo Museale della Sapienza

Luigi Campanella

## 1. Identità

Il Polo Museale della Sapienza risponde a tre aspetti fondamentali.

- È un insieme di opportunità culturali, scientifiche e tecnologiche; un parco di strutture museali e relativi spazi organizzati accomunati dall'appartenenza allo stesso mega-Ateneo, dalla vicinanza geografica, dai comuni interessi, costituiti in un sistema teso a sviluppare il senso dei luoghi e a valorizzare l'identità delle comunità umanistico-scientifiche della Sapienza.
- Documenta e conserva le testimonianze dei grandi eventi della "storia delle esperienze" scientifiche didattiche, formative e professionali maturate – in 710 anni di vita – nei luoghi della Sapienza, in sinergia con il territorio circostante e svolte sotto lo stimolo delle scuole di ricerca e di cultura che hanno dato lustro al più grande Ateneo d'Europa.
- È un grande laboratorio didattico e culturale, un insieme di luoghi del sapere, della storia, delle tradizioni, propizi per rintracciare l'origine delle moderne esperienze professionali, nei contenuti preziosi di archivi, raccolte, strumentazioni.

**Luigi Campanella:** Ordinario di Chimica analitica, Università "Sapienza" di Roma, Presidente della Società Chimica Italiana, Presidente del MUSIS



Figura 1 - Il logo del Polo Museale

## 2. Struttura

Il Polo Museale della Sapienza è strutturato in 5 aree, ciascuna costituita da musei per un totale di 20 unità:

- **Area archeologica** (antichità etrusche e italiane, arte classica, origini, vicino oriente).
- **Area arte contemporanea** (museo-laboratorio di arte contemporanea).
- **Area medica** (storia della medicina, anatomia patologica).
- **Area scientifico-tecnologica** (chimica, fisica, idraulica, merceologia, arte e giacimenti minerali, matematica)
- **Area naturalistica** (mineralogia, geologia, paleontologia, anatomia com-

parata, antropologia, zoologia, orto botanico, erbario).

### 3. Visione

L'orientamento strategico del Polo Museale della Sapienza opera per la condivisione e la razionalizzazione delle risorse e per giungere a specifiche intese volte alla realizzazione di forme coordinate di gestione, offerta e promozione di funzioni e di servizi culturali.

Il Polo attiva il coordinamento degli interventi di didattica museale che coprono tutte le tipologie museali presenti nel sistema, anche attraverso la formazione degli operatori museali e lo scambio da un lato di esperienze e materiali e dall'altro di studenti a livello coordinato.

Promuove iniziative ed eventi culturali presso le comunità universitarie e territoriali a supporto e integrazione delle attività dei singoli complessi museali, per incrementarne la conoscenza e la capacità propositiva, e radicarne il ruolo sociale nella conoscenza socio-territoriale. Dal punto di vista organizzativo, è così coordinata la fruibilità dei musei, la ripartizione delle risorse, la richiesta di finanziamenti ad Enti e Istituzioni, la risposta a bandi per progetti culturali e di promozione turistica, la partecipazione a iniziative di coordinamento e consulenza promosse dal sistema universitario italiano.

### 4. Obiettivi

L'orientamento strategico si concretizza in una serie di obiettivi.

- Costruire itinerari ideali e articolati che colleghino le multiformi espressioni della memoria storica e della ricerca dell'Ateneo, e che corrono non solo attraverso e all'interno dei Musei, ma anche verso il territorio.
- Assicurare una migliore visibilità dei musei anche al fine di adeguarli alle esperienze e alla domanda/offerta internazionali.
- Armonizzare la gestione delle strutture museali equilibrandone i contenuti impiantistici, scientifici, tecnologici e culturali, in modo da rendere omogenea l'offerta rispetto alle varie aree.
- Ottimizzare l'uso delle risorse disponibili, stabilendo priorità, emergenze e urgenze e procedure per rispettarle.



Figura 2 - Tassidermisti al lavoro nel Museo di Zoologia



Figura 3 - Ingresso del Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza che ospita il Museo di Geologia

## 5. Futuro

### *I progetti*

Il Polo Museale della Sapienza si basa su un "sistema informatizzato unitario" per l'intero Polo unificando le procedure informatiche di catalogazione dei beni materiali ed immateriali posseduti dalle singole strutture museali, anche in relazione con altri progetti informatici e culturali della Sapienza.

Il Polo Museale realizza specifici *percorsi didattico-museali* per singole aree tematiche, anche in sinergia con enti locali (Ufficio Scolastico Regionale) e istituzioni centrali (MIUR); nello stesso tempo attiva un articolato spettro di relazioni con quotidiani, organi di informazione telematica, Aziende di Promozione Turistica, Tour Operators, al fine di diffondere le informazioni indispensabili per la conoscenza e la frequentazione dei musei del Polo, ed accrescerne il richiamo, soprattutto sui più giovani.

Inoltre, il Polo promuove una gamma di servizi nelle singole strutture museali, compatibile con le risorse e il personale disponibile quali aree attrezzate per "navette", reception (accoglienza), ascolto informatico (supporto audio-logico con cuffiette), spazi per la didattica e la divulgazione scientifica frontale (esperienze in vivo/dimostrazioni). A tal fine opera attraverso un *sistema di comunicazione telematica*

strutturato su organico sito web per l'intero Polo, su prodotti culturali e bollettini di informazione online, su newsletter e su punti video collocati nelle strutture museali.

### *Conclusioni*

Passando da un'articolazione – quella del passato – dei Musei di Ateneo come strutture riferite soltanto ai Dipartimenti di appartenenza, ad un modello integrato – come l'attuale – si è voluto accrescere la qualità e soprattutto la ricchezza dell'offerta culturale, anche in relazione a possibili forme di *outsourcing* da attività a sostegno del turismo e della richiesta culturale.

Al tempo stesso si è inteso dotare l'Ateneo nelle sue tre componenti, docenti, amministrativi e tecnici, studenti, di un vero e proprio sistema scientifico basato sulla storia ed evoluzione delle discipline, sulla disponibilità di testimonianze e reperti, sull'apprendimento "in vivo".

# OROLOGIO SOLARE ZODIACALE

Istruzioni per la costruzione e l'uso (a cura di B. Pulcinelli)

L'orologio solare segna le ore diurne dalle 8 alle 16 e indica inoltre il segno zodiacale corrispondente alla posizione apparente del Sole lungo l'eclittica. Le ore sono identificate dalle linee verticali, mentre le linee curve, delimitano il periodo corrispondente dell'anno (i numeri a lato di ogni fascia indicano la durata, in giorni, del periodo). Per costruire la meridiana si devono eseguire alcune semplici operazioni, indicate di seguito, con l'aiuto delle illustrazioni a pagina 57.

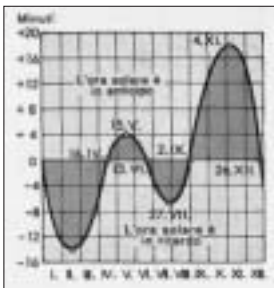
1. Incollare su un cartoncino leggero la doppia pagina centrale.
2. Ritagliare la scala laterale (righello), graduata con le latitudini da 0° a 90°.
3. Pieghare il foglio lungo la linea centrale, in modo che i due quadranti della meridiana rimangano verso l'esterno. Ripiegare poi in senso opposto le due fasce grigie con i simboli delle costellazioni zodiacali, seguendo le linee *estate-autunno* e *inverno-primavera* (vedi la foto a pag. 57).
4. Forare le due facce in corrispondenza del centro dei quadranti e inserire in ognuno dei fori uno stuzzicadenti che sporga di 48 mm, per fungere da gnomone (vedi la fig. 1 a pag. 57).
5. Poggiare il foglio, piegato a forma di tetto, sopra il righello (fig. 2) oppure a lato del righello (come nella foto), in modo che la base di uno dei quadranti sia allineata con il triangolino nero della scala graduata, mentre la base dell'altro quadrante sia allineata con la posizione della latitudine del luogo (per Roma: 42°; fig. 2). Il righello va fissato al foglio con nastro adesivo.
6. Rivolgere a Sud la faccia corrispondente alla stagione corrente, con l'aiuto di una bussola).
7. La punta dell'ombra dello stilo centrale indicherà l'ora solare vera\*, il segno zodiacale in cui si osserva apparentemente il Sole.

\* L'ora vera si discosterà di un periodo variabile fino a oltre 15 minuti da quella degli orologi che usano l'ora civile, mentre nei giorni 16 aprile, 15 giugno, 2 settembre, 26 dicembre corrisponderà esattamente, a meno di uno scarto dovuto alla differenza di longitudine della località rispetto al centro del fuso orario.

## Tempo delle meridiane e Tempo civile (a cura di M. Chirri)

Il Sole, nel suo moto apparente, ritorna al meridiano dell'osservatore con periodi maggiori o minori di 24 ore, a seconda del periodo stagionale. Questo è conseguenza della rotazione annuale della Terra che si compie, secondo la II legge di Keplero, a velocità variabile. In effetti, nel solstizio invernale la durata del giorno solare è di 24 h 11 s, nel solstizio estivo è di 23 h 34 s. La differenza fra *tempo vero*, misurato dalla meridiana, e *tempo medio*, usato a scopi civili (ora dell'orologio), si ricava dalla cosiddetta *Equazione del Tempo (E.T.)*, che esprime graficamente la differente durata del dì in relazione all'orbita della Terra. Come si può vedere nel grafico qui sotto, la piccola differenza fra la durata del giorno solare vero e quello civile si accumula giorno dopo giorno, fino a due massimi (il mezzogiorno vero anticipa quello civile) e due minimi (il mezzogiorno vero ritarda su quello civile); mentre in 4 giorni dell'anno la differenza si annulla e i due periodi si equivalgono. Di conseguenza, *per trovare l'ora civile è necessario sottrarre all'ora della meridiana il valore espresso dall'E.T. giorno per giorno*, che si ricava dal grafico qui a lato.

Inoltre, se la località dell'osservatore non si trova lungo il meridiano centrale del fuso orario di appartenenza, l'ora della meridiana deve essere ulteriormente corretta, aggiungendo (se si trova a Ovest, o sottraendo se ad Est) la differenza dovuta alla longitudine: 4 minuti per 1°. (Per esempio: Roma ha longitudine 12° 30' Est, per cui la differenza rispetto al meridiano centrale del fuso, posto a 15° E, è di 2° 30', pari a 10 minuti; poiché Roma si trova a Ovest del fuso centrale, questi minuti vanno sommati all'ora solare vera).



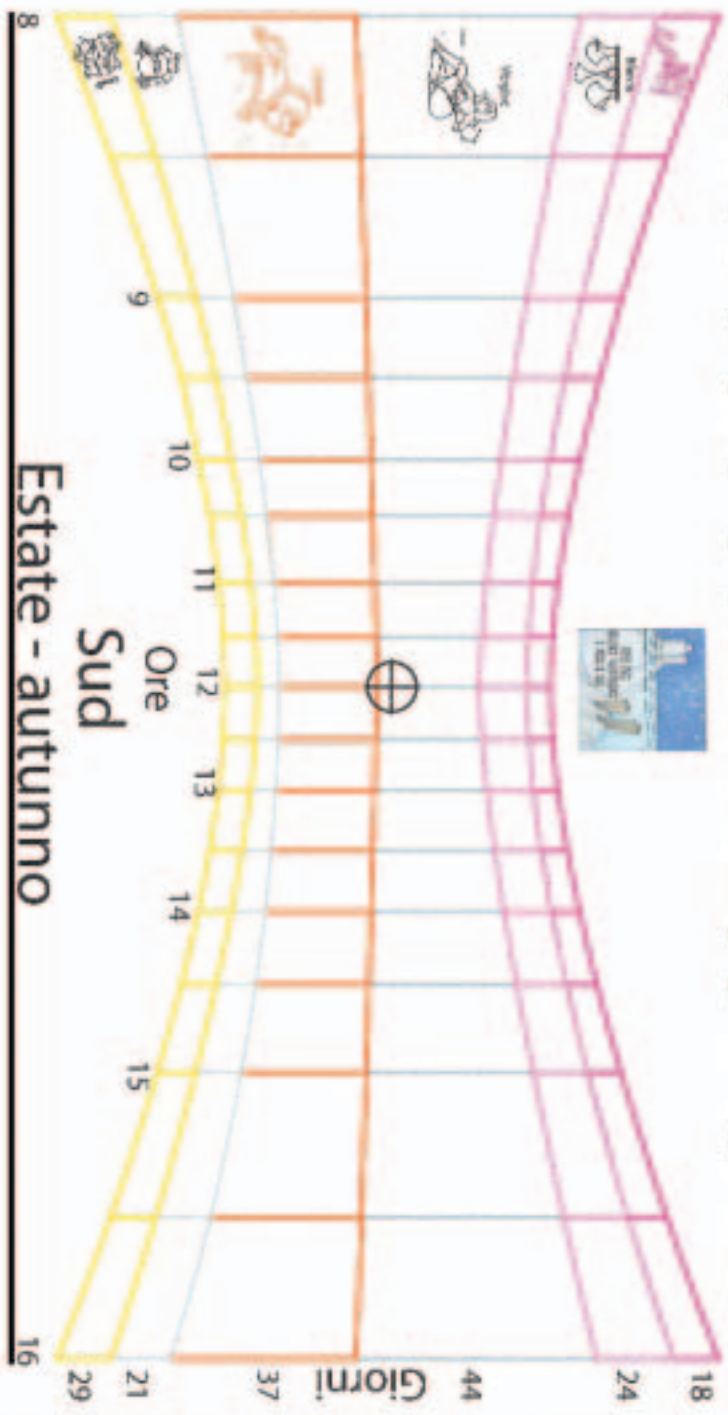


## Attenzione

STACCARE LE PAGINE CENTRALI  
PER COSTRUIRE  
UN OROLOGIO SOLARE.

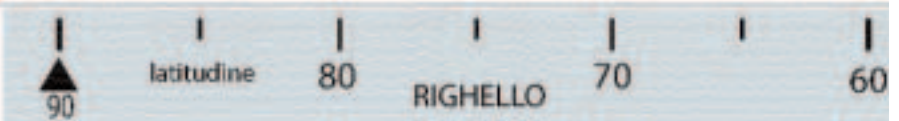
INCOLLARE QUESTA FACCIATA  
SU UN SUPPORTO  
(VEDERE LE ISTRUZIONI ALLE PAGINE 52 E 57)

# OROLOGIO SOLARE ZODIACALE

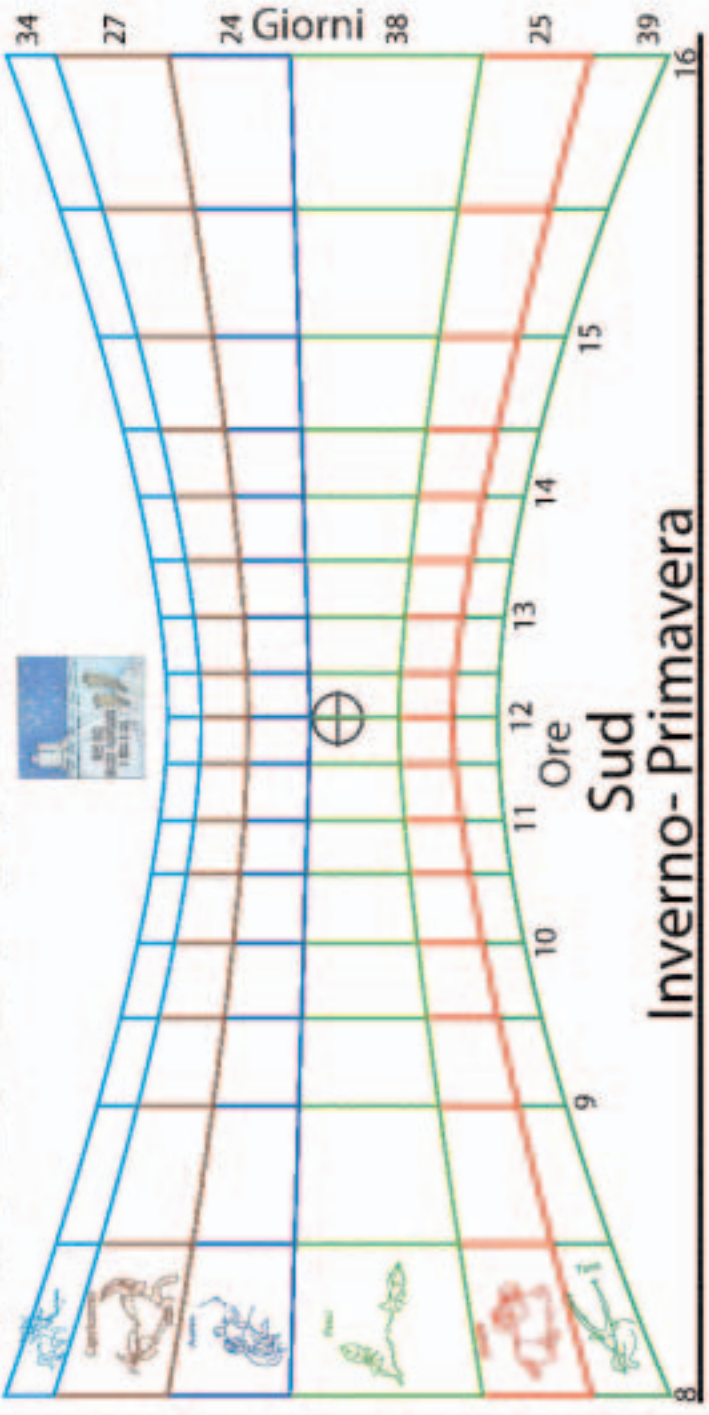


Estate - autunno

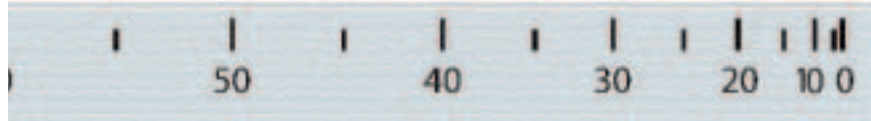
25 - 30 19. 10. 17. 00.	Scorpio	31 - 8 20. 00. 17. 00.	Bilancia	17 - 18 20. 8. 14. 00.	Vergine	21 - 30 18. 00. 12. 00.	Leone	21 - 31 18. 00. 12. 00.	Cancro	21 - 31 20. 00. 12. 00.	Gemelli
-------------------------------	---------	------------------------------	----------	------------------------------	---------	-------------------------------	-------	-------------------------------	--------	-------------------------------	---------



# OROLOGIO SOLARE ZODIACALE



	Acquario		20 - 29 19 - 21 07 - 09
	Pesci		12 - 18 18 - 19 08 - 09
	Ariete		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Toro		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Gemelli		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Cancro		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Leone		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Vergine		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Bilancia		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Scorpione		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Sagittario		19 - 19 23 - 19 05 - 06
	Capricorno		19 - 19 23 - 19 05 - 06





## Attenzione

STACCARE LE PAGINE CENTRALI  
PER COSTRUIRE  
UN OROLOGIO SOLARE.

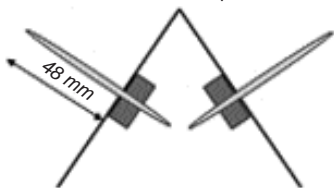
INCOLLARE QUESTA FACCIATA  
SU UN SUPPORTO  
(VEDERE LE ISTRUZIONI ALLE PAGINE 52 E 57)



Segue da pagina 52: **istruzioni per la costruzione e la messa in opera**

**Fig. 1**

Per garantire la perpendicolarità tra i due gnomoni e i due semiquadranti può essere utile infilare due stuzzicadenti in due dischi di sughero, ricavati da un tappo tagliato a fettine, avendo cura che sporgano di 48 mm. I due semiquadranti vanno forati in corrispondenza dei crocicchi disegnati sulle facce anteriori; i due gnomoni, montati sui dischi di sughero, vanno infilati dal retro, incollando poi i dischi sul cartoncino.



due stuzzicadenti  
infilati nei tappi

retro del  
doppio orologio

tappo di sughero  
tagliato a fettine

**Fig. 2**



Posizionare la base dell'altro  
semiquadrante in corrispondenza  
della latitudine del luogo

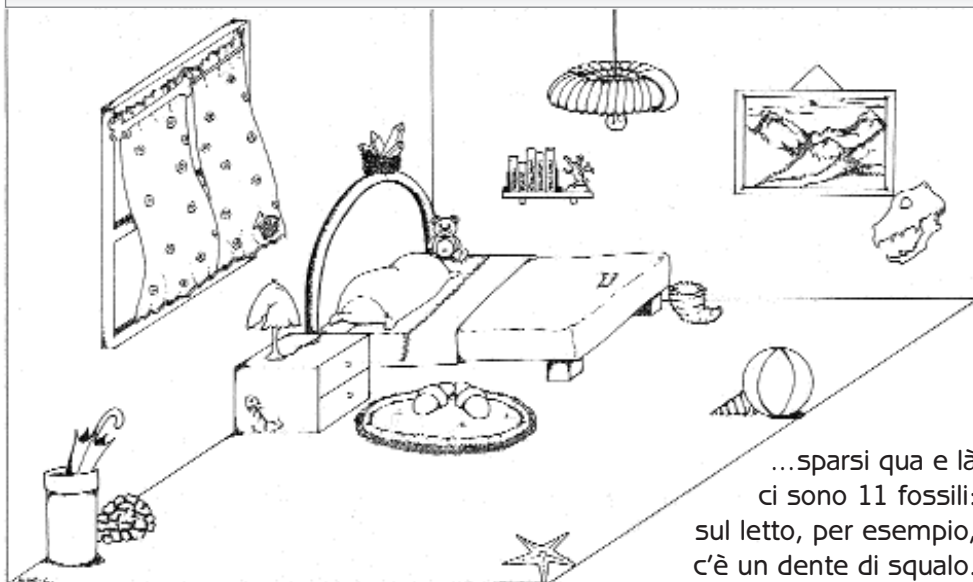
righello delle  
latitudini

Posizionare la base di un quadrante  
in corrispondenza del triangolino nero che indica i 90°





## 2. IL CERCAFOSSILI

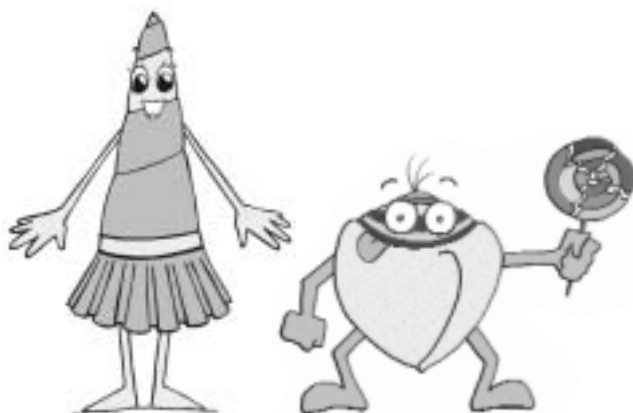


...sparsi qua e là  
ci sono 11 fossili:  
sul letto, per esempio,  
c'è un dente di squalo.  
Dove sono gli altri 10 fossili?

## 3. LI RICONOSCETE?

Sono due tipici abitanti  
delle antiche scogliere  
di Rocca di Cave.  
Con l'aiuto delle figure  
del Quaderno 1  
e di questo quaderno,  
provate a rispondere:

- Chi è **N**?
- Chi è **A**?
- Quanto tempo fa  
vivevano?



N

A

*Il sismografo del Museo, la prevenzione e le false previsioni*

## Terremoti e “bufale”

Francesco Grossi

Il Museo “Ardito Desio” si è recentemente dotato di due sismografi, uno per la rilevazione in continuo dei dati sismici e uno, collegato a un computer, destinato agli aspetti divulgativi e a disposizione dei visitatori nella sala A (fig. 1). Il sismografo SL07 permette anche di registrare tutti i segnali rilevati su una memoria a stato solido SD, che consente lo stoccaggio di tutti i dati per un eventuale, successivo utilizzo anche a distanza di tempo, ed è dotato di un ricevitore GPS grazie al quale è continuamente sincronizzato con l’orario UTC<sup>(1)</sup> in modo da rendere fruibili i dati raccolti.

L’INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) si occupa del monitoraggio sismico a scala nazionale e del coordinamento delle iniziative di monitoraggio locale: in quest’ottica, il sismografo in uso al Museo potrà entrare a far parte della rete e mettere a disposizione della comunità scientifica i dati registrati, oltre che permettere ai visitatori di vedere in

tempo reale la rilevazione di onde sismiche non percepite dall’uomo.

Il terremoto è forse l’evento naturale più “spettacolare”, e assieme alla testimonianza diretta di come il nostro sia un pianeta vivo porta con sé anche l’inevitabile timore delle conseguenze, soprattutto tra le popolazioni di quei territori che, per la loro storia geologica, sono fortemente sismici, come quelli del bacino del Mediterraneo. In un substrato ambientale così sensibile, possono destare allarmismo anche notizie smentite più volte dalla comunità scientifica, che purtroppo non riesce spesso ad avere la stessa visibilità.

È il caso del presunto devastante terremoto che avrebbe dovuto colpire Roma

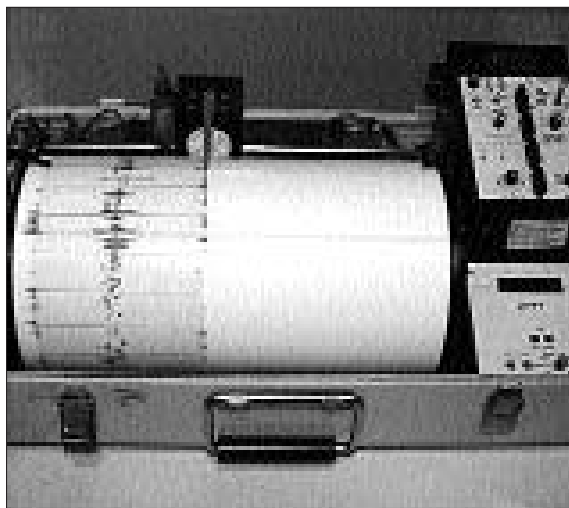


Figura 1 - Sismografo in funzione

<sup>(1)</sup> UTC: *Tempo Coordinato Universale*, o tempo civile, è il fuso orario di riferimento da cui sono calcolati tutti gli altri fusi orari nel mondo. Coincide a meno di approssimazioni infinitesimali con il GMT (*Tempo Medio di Greenwich*), ma è basato su misurazioni condotte con orologi atomici anziché su fenomeni celesti, come nel caso del GMT.

nel mese di maggio 2011: voci rimbalzate da trasmissioni televisive di “fantascienza” a siti internet, “previsioni” senza alcun fondamento scientifico. La data fatale per la Città Eterna doveva essere l'11 maggio, poi, secondo altri sedicenti Nostradamus, sarebbe stata procrastinata al 10 giugno, forse neanche più a Roma, ma in un imprecisato punto dell'Italia centrale... chissà se, alla data di pubblicazione di questo numero de “I Quaderni”, sarà stata ancora rinviata, tanto per far parlare ancora di sé grazie a delle vere e proprie “bufale” mediatiche... vediamo perché.

Tutto sembra partito dagli studi di Raffaele Bendandi (fig. 2), il romagnolo definito “l'uomo dei terremoti” perché si diceva fosse in grado di prevedere i sismi osservando i pianeti... Ma chi era Bendandi? Nacque nel 1893 a Faenza, cittadina che non abbandonò mai e in cui si spense nel 1979, lasciando un'enorme mole di appunti, strumentazioni e note, tutto ora esposto nella sua stessa abitazione, divenuta Osservatorio Geofisico Raffaele Bendandi. Conclusi gli studi con la quinta elementare, sviluppò una sorprendente manualità come orologiaio, forse la sua abilità più spiccata, che gli consentì, in futuro, di costruire degli ottimi sismografi, alcuni dei quali ancora perfettamente funzionanti. Si dice abbia iniziato a interessarsi di terremoti dopo lo spaventoso sisma che nel 1908 colpì Messina (fig. 3): a 15 anni, da completo autodidatta nel settore, Bendandi cominciò a sviluppare le sue teorie.

Secondo il faentino, così come la Luna e il Sole riescono a provocare delle maree liquide sulla Terra, gli stessi astri, coadiuvati dagli altri pianeti in particolari condizioni di allineamento, possono de-



Figura 2 - Raffaele Bendandi

terminare delle “maree solide”, degli spostamenti di masse continentali che provocherebbero i terremoti. A questo, aggiungeva delle influenze dovute al ciclo delle macchie solari, che avrebbero provocato delle tempeste magnetiche tali da produrre sismi. Bendandi fece centinaia di previsioni, in alcuni casi anche confermate, se non fosse che in molti casi c'era un errore di centinaia di chilometri nella localizzazione dell'epicentro. Inoltre, ogni giorno, nel mondo, ci sono un paio di scosse con magnitudo superiore a 6.0: essendo note le aree maggiormente sismiche del pianeta e indicando un settore molto vasto, non è difficile, prima o poi, azzeccare qualche previsione, come sostengono i sismologi...

Raffaele Bendandi lasciò moltissimi appunti, alcuni salvati dalla volontà del romagnolo di bruciare tutto dopo la sua morte (su una busta scrisse “distuggere fuoco”), forse ultimo atto vendicativo verso chi lo aveva sbeffeggiato in vita... Nel carnet di note che riguardano gli anni 1997-2012, in molti casi sono segnate esclusivamente date, senza alcuna associazione a luoghi specifici; solo per il 2011 l'elenco è composto da 70 date, tra le quali non figura neanche l'11 maggio!

Le influenze esercitate dai pianeti del sistema solare sulla Terra, pur se in perfetto allineamento, non bastano però per supportare le teorie di Bendandi. L'attrazione gravitazionale è direttamente proporzionale alle masse e inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra i corpi: la Luna, relativamente piccola ma molto vicina, esercita un'attrazione doppia rispetto a quella

del Sole. Le maree, moti periodici che combinano gli effetti dell'attrazione gravitazionale e della forza centrifuga del sistema Terra-Luna in rotazione, sono quindi influenzate dagli altri pianeti in maniera davvero trascurabile: ad esempio, l'influenza di Venere, il pianeta che esercita sulla Terra la maggiore attrazione dopo Luna e Sole, è di 0,000056 volte quella del nostro satellite, e quella di Giove (massa assai maggiore ma ben più distante da noi) è 0,000006. Tutto ciò non ha quindi nessuna rilevanza nel provocare dei terremoti: dovremmo avere un sisma devastante ad ogni ciclo mareale! Insomma, in qualsiasi discussione sui terremoti (a tutti i livelli, compresi quelli mediatici e amministrativi), il motto dovrebbe essere: più prevenzione e meno false previsioni.

Un filone della ricerca scientifica si occupa da tempo di stabilire se si possa fare affidamento su alcuni precursori si-



Figura 3 - Foto d'epoca dopo il terremoto di Messina del 1908.

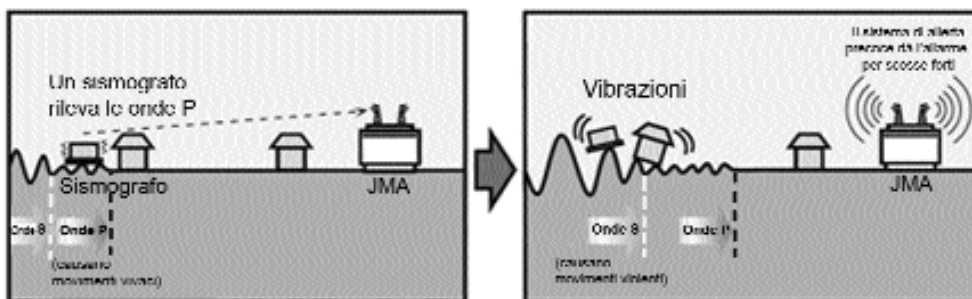


Figura 4 - Schema didattico di early warning della JMA (Japan Meteorological Agency)

smici, come ad esempio il gas radon, cioè se vi sia o meno un nesso (ed eventualmente in che misura) tra l'incremento misurato, in particolari condizioni, della fuoriuscita di radon dal sottosuolo e gli eventi sismici. L'emissione di questo gas nobile in atmosfera è fortemente influenzata dalla conformazione geologica, e in caso di variazioni di pressione o di spostamenti di masse rocciose lungo i piani di faglia si è notata una variazione nelle emissioni del gas, che trova una via di fuga lungo nuove fessure nelle rocce che si fratturano. Ad oggi però non risultano studi accettati dalla comunità scientifica che ne dimostrino un livello di affidabilità tale da renderne possibile l'uso nell'ambito di protezione civile, così come non hanno prodotto risultati certi altre ricerche su precursori come la conducibilità elettrica del suolo, l'emissione di onde radio e altri.

Oltre ad intervenire sulla vulnerabilità delle strutture in fase di progettazione o anche successivamente (interventi che sembrano scontati ma troppo spesso non tradotti in pratica), c'è un altro modo per poterci parzialmente "difendere" dai terremoti: un settore in forte espansione è infatti quello che riguarda gli studi sull'*early warning* sismico (EW), sistemi di *allerta precoce* che permettono di

rilevare le prime manifestazioni di un sisma e mettere così in moto i meccanismi di allarme, anticipando di alcune decine di secondi l'arrivo delle scosse più distruttive. Questo è reso possibile dal fatto che le onde con cui si propaga un evento sismico sono composte dalle onde P (primarie), veloci e ad alta frequenza, e dalle onde S (secondarie), più lente, a bassa frequenza ma portatrici della maggior parte dell'energia sismica. In questo modo, una rete di sensori può "avvisare" dell'arrivo delle onde S in tempo per, ad esempio, rallentare treni, interrompere interventi chirurgici, allertare gli aeroporti e attivare altre azioni di messa in sicurezza in tempo reale. Diversi paesi si servono già di queste strumentazioni, tra cui il Giappone (fig. 4) e il Messico, mentre in Campania una rete simile è da anni in fase di sperimentazione, benché non sia ancora attiva: è la ISNet (Irpinia Seismic Network), costituita da circa 30 stazioni installate nell'Appennino meridionale, i cui sensori registrano in continuo le vibrazioni del suolo.

Il background scientifico delle ultime decine di anni permette di poter disporre di sempre migliori strumenti per conoscere l'evento naturale "terremoto" e alcune nazioni sono all'avanguardia



Figura 5 - Gli effetti del devastante tsunami che ha colpito la costa orientale di Honshu (Giappone)

non solo nella progettazione, ma anche nelle campagne di sensibilizzazione dei cittadini. Il Giappone è stato duramente colpito in termini di vittime dal recente terremoto di Sendai, il cui numero è stato molto elevato non tanto per il crollo di strutture o infrastrutture raggiunte dalle onde sismiche, quanto a causa dello tsunami innescato dal sisma (fig. 5). C'è da tener presente che la magnitudo del momento sismico<sup>(2)</sup> (Mw) ha raggiunto il valore di 9.0, che ne fa il quarto terremoto della storia per energia liberata, veramente un evento eccezionale per potenza distruttiva. Ci sono state ben 21 *aftershocks* (repliche) che hanno supera-

<sup>(2)</sup> momento sismico (Mw): valore adimensionale che misura la "forza" di un terremoto in termini di energia liberata. La scala basata sulla Mw fu sviluppata negli anni '70 come aggiornamento della scala Richter: essa prende in considerazione i parametri geometrici del piano di faglia e gli spostamenti avvenuti, ed è quindi molto più accurata.

to M= 6.0, con la più forte a M=7.4, ben al di sopra della massima scossa che ha colpito l'aquilano nel 2009 (Mw 6.3). La Mw si misura con una scala logaritmica: un punto in più equivale a un'energia liberata dal sisma di circa 30 volte superiore: il sisma dell'aquilano, quindi, fu circa 25.000 volte meno "potente" di quello di Sendai... nonostante ciò, interi paesi sono stati completamente rasi al suolo, raggiungendo quindi, purtroppo, il massimo grado nella scala Mercalli, che valuta i danni. Ancora una volta, in Italia ci siamo fatti trovare impreparati, e sembra che ogni volta si debba iniziare daccapo...

#### Testi consigliati

- Gasparini, P., Manfredi, G., Szchau, L. (eds.), 2007. Earthquake Early Warning. Springer-Verlag.
- Iervolino, I., Gasparini, P., Manfredi, G., Zollo, A., 2011. A pochi secondi dal sisma. *Le Scienze*, 512, pp. 46-54.





## Enzo Boschi, Roberto Piumini “Non sta mai ferma”

a cura di Francesco Grossi



Roberto Piumini, noto scrittore di narrativa per ragazzi, ed Enzo Boschi, per tanti anni Presidente dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), insieme per raccontare la storia di un ragazzino e del terremoto di Messina del 28 dicembre 1908. Il libro è pubblicato per i tipi della casa editrice Gallucci e fa parte di una collana interamente rivolta a ragazzi e adolescenti, con un bel corpus di opere di narrativa e saggistica dedicata alla divulgazione scientifica.

Il protagonista di questa storia ha 9 anni e si chiama Michele Paternò, detto Mico. Vive a Messina e ha sempre tanta voglia di ascoltare le storie di suo zio, Zi' Tore, stravagante esploratore che sembra saperne tantissime, storie che parlano di tempi antichi, di eventi naturali, di segreti custoditi dalla madre Terra. Mico si renderà conto che conoscere la storia

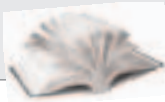
della Terra e i suoi meccanismi è l'unico modo per non farsi trovare impreparati quando, assieme ai suoi familiari e ai compagni di classe, si troverà a fronteggiare il terremoto, e imparerà che il sisma è una delle tante manifestazioni della vitalità del pianeta che permette la nostra stessa vita.

Al termine della storia, un'appendice puramente saggistica (curata dall'INGV) spiega la realtà dei terremoti, al di là di ogni finzione letteraria. Una serie di paragrafi molto didattici, corredati da disegni, hanno come oggetto la deriva dei continenti, l'interno della Terra, le onde sismiche, gli tsunami, la potenza dei terremoti, senza tralasciare alcune semplici ma fondamentali regole comportamentali in caso di scossa sismica. “Non si prevede, ma si previene” è il giusto titolo di quest'ultima parte del volumetto, e come ogni campagna di sensibilizzazione dei cittadini è meritoria perchè permette di comprendere al meglio il “fenomeno terremoto” e ridurre rischi e pericoli.

Il libro di Boschi e Piumini è quindi sicuramente consigliato ai lettori più giovani ma anche ai bambini “cresciuti” che vogliano apprendere alcuni concetti essenziali sui terremoti e sul “motore” che caratterizza l'interno della Terra.

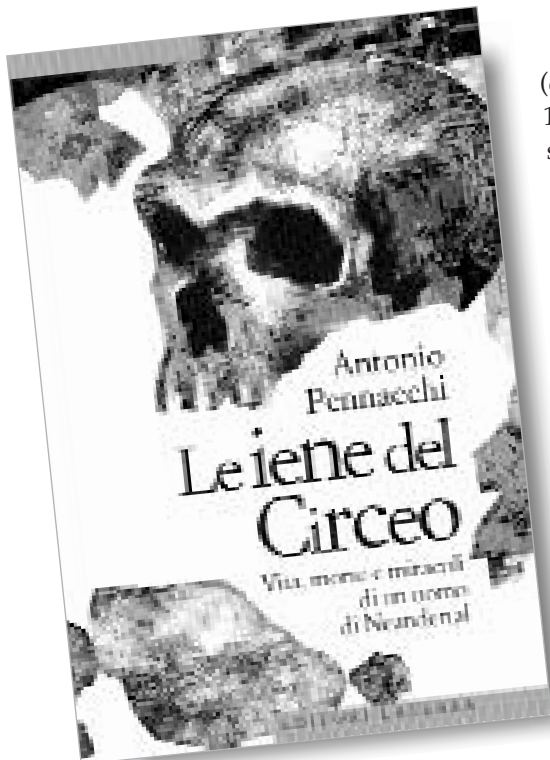
**Enzo Boschi, Roberto Piumini**  
**“Non sta mai ferma”**

Carlo Gallucci Editore, 2005, 109 pp.,  
 collana UAO - Universale d'Avventure  
 e d'Osservazioni.



## Antonio Pennacchi “Le iene del Circeo”

a cura di Andrea Billi e Massimo Mattei



Dal momento della sua accidentale scoperta nel 1939 (*Science News*, 1939; *Nature Research Items*, 1940), il cranio della Grotta Guattari del Monte Circeo

**Andrea Billi:** *Consiglio Nazionale delle Ricerche, IGAG*  
Email: andrea.billi@cnr.it

**Massimo Mattei:** *Dip. di Scienze Geologiche, dell'Università degli studi "Roma Tre"*  
Email: mattei@uniroma3.it

(denominato *Cranio Guattari 1*; figura 1) è stato l'elemento principale su cui si sono basate le ricostruzioni sulle capacità cognitive e sul comportamento dei neandertaliani.

Il cranio, molto ben preservato e caratterizzato dall'allargamento del foramen occipitale (figura 1b), fu interpretato come l'oggetto e la testimonianza di cannibalismo rituale da parte dei neandertaliani durante il Paleolitico medio (Blanc, 1939).

Nel 1989 questa interpretazione, fino a quel momento largamente accettata dalla comunità scientifica internazionale, fu ribaltata durante il convegno internazionale tenuto a Sabaudia in occasione del 50° anniversario del ritrovamento del cranio.

La presenza nella grotta del cranio neandertaliano fu attribuita all'attività predatoria delle iene, di cui la grotta costituiva la tana. Da quel momento il mito del cannibalismo rituale dei neandertaliani, basato sul ritrovamento del Circeo, fu decisamente accantonato.

Il libro di Pennacchi viene pubblicato in un momento in cui le conoscenze sulla storia evolutiva dell'uomo e dei suoi antenati sono in una fase di rapido e co-



stante progresso (si veda, per esempio: Reich *et al.*, 2010). Il libro ha il pregio di portare all'attenzione dei lettori questo straordinario reperto fossile dell'area romana, dando allo stesso tempo l'opportunità alla comunità scientifica di riconsiderare criticamente le diverse interpretazioni suggerite per il Cranio Guattari dal momento del suo ritrovamento.

In breve, il 24 febbraio 1939 alcuni operai scoprirono accidentalmente l'entrata di una grotta, sepolta al di sotto di un corpo di frana, nelle vicinanze di un piccolo albergo del Circeo: l'albergo Guattari.

All'interno della grotta venne ritrovato un cranio di Neandertal, successivamente datato 50.000 anni BP (*Before Present*, prima di oggi) (Schwarcz, 1991), adagiato sul terreno all'interno di un cerchio di pietre (fig. 1).

Il giorno successivo il Prof. Alberto Carlo Blanc, paleontologo dell'Università "La Sapienza" di Roma, visitò la grotta, incontrò gli operai che avevano scoperto il cranio e prelevò il cranio, che fu poi analizzato all'Istituto di Antropologia insieme al Prof. Sergi.

I successivi anni di studio portarono il Prof. Blanc e i suoi collaboratori alla conclusione che il cerchio di pietre e l'allargamento artificiale del foramen occipitale costituivano significative evidenze di cannibalismo rituale celebrato dai neandertaliani nella Grotta Guattari durante la parte finale del Paleolitico medio (Blanc, 1962).

Alla fine degli anni '80 una revisione di tutti i ritrovamenti della Grotta Guattari da parte di studiosi italiani e statunitensi raggiunse la conclusione che il

cranio di Neandertal era stato portato nella grotta e danneggiato dalle iene, che avevano utilizzato la grotta per lungo tempo, come dimostrato dalla presenza di coproliti e da resti di ossa di vertebrati che mostravano evidenti segni di morsi di iene (Stiner, 1991; White & Toth, 1991).

Allo stesso modo i danni rinvenuti sul Cranio Guattari 1 vennero ritenuti compatibili con il morso delle iene (White and Toth, 1991), mentre il cerchio di pietre di Blanc fu reinterpretato come un accumulo casuale legato alla normale dinamica evolutiva della grotta (Stiner and Kuhn, 1992).

Nonostante il permanere di numerosi problemi irrisolti per la piena accettazione di ambedue le interpretazioni, l'ipotesi delle iene ha da quel momento ampiamente eclissato l'interpretazione del rituale neandertaliano nella letteratura scientifica e anche nella presentazione del Museo Preistorico Pigorini di Roma, dove il cranio è conservato attualmente.

In questo libro Pennacchi ripercorre criticamente la storia del cranio del Circeo, dal momento della sua scoperta e iniziale interpretazione da parte del Prof. Blanc, fino alla più recente ipotesi relativa al ruolo delle iene.

Sebbene l'Autore durante l'intera narrazione si esprima apertamente in favore dell'ipotesi del cannibalismo dei neandertaliani, il libro contiene una notevole quantità di osservazioni e obiezioni relative ad ambedue le ipotesi, mettendo in risalto una serie di problemi ancora aperti che sarebbero altrimenti stati sottovalutati e dimenticati nella generale e acritica accettazione dell'ipotesi del-



le iene. In sostanza il libro ha il pregio di stimolare la curiosità dei lettori nei confronti del Cranio Guattari 1, rappresentando anche l'occasione per un rinnovato interesse scientifico verso questo straordinario reperto dell'area romana (Billi & Mattei, 2011).

L'elemento di maggior interesse scientifico, che assume la rilevanza di un vero e proprio *scoop*, lo si incontra alla fine del libro (nell'addendum), quando

l'Autore scopre in maniera fortuita che il suo amico di lunga data, l'ex Senatore della Repubblica Ajmone Finestra, aveva visitato la Grotta Guattari nelle prime ore subito dopo la sua scoperta, prima dell'arrivo del Prof. Blanc.

Nella sua testimonianza il senatore Finestra conferma in pieno la descrizione della scoperta del cranio di Neandertal data da Blanc, testimoniando come il cranio si trovasse sul pavimento della

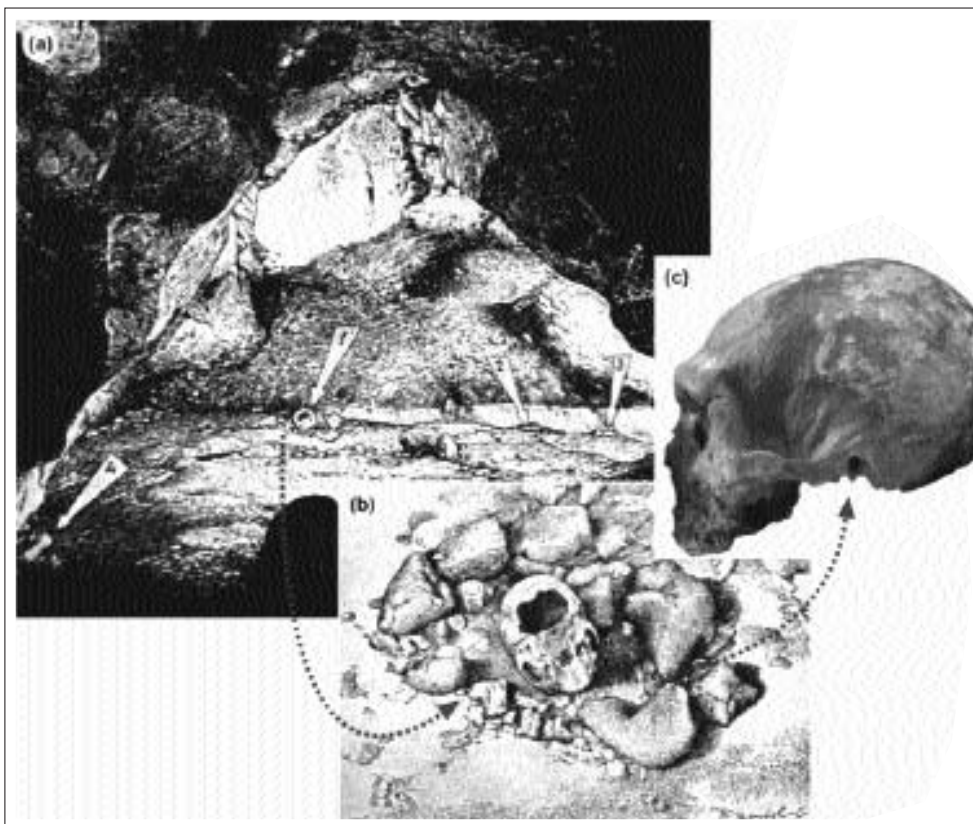


Figura 1 - (a) La sala interna della Grotta Guattari (Monte Circeo) secondo il disegno di Blanc (1958). La freccia 1 indica il cranio di Neandertal Guattari I all'interno di un cerchio di pietre, mentre le frecce 2, 3, e 4 indicano ossa di vertebrati. (b) Il cranio di Neandertal giace sul pavimento della grotta all'interno di un cerchio di pietre, come disegnato da Blanc (1958). (c) Vista laterale del cranio di Neandertal proveniente dalla grotta Guattari (Mallegni, 1991). (Tratto da Billi & Mattei, 2011)



grotta all'interno di un cerchio di pietre che, secondo la sua opinione, era di chiara origine artificiale.

A questo proposito, Pennacchi ha intervistato il senatore Finestra e la sua intervista è ora disponibile su YouTube (<http://www.youtube.com/watch?v=bMyTqkRS-5k>).

Se il suo racconto fosse vero, quello scoperto nel 1939 non sarebbe stato un ac-

cumulo casuale di pietre e l'ipotesi delle iene sarebbe sostanzialmente indebolita.

**Antonio Pennacchi**  
**“Le iene del Circeo”**

Editori Laterza, 2010, 211 pp.,  
 Collana “Contromano”

### ***Bibliografia***

- Billi A. & Mattei M. (2011) - *Top of Form Le iene del Circeo*, A. Pennacchi. [The Hyenas of Circeo] Editori Laterza, Bari, Italy (2010). 211 pp., V 10, ISBN: 978 8842092841. Quaternary Science Reviews. doi:10.1016/j.quascirev.2011.05.008.
- Blanc A.C., 1939. *L'homme fossile du Mont Circé*. L'Anthropologie 49, 253-264.
- Blanc A.C., 1958. *Torre in Pietra, Saccopastore, Monte Circeo: On the position of the Mousterian in the Pleistocene sequence of the Rome area*. In: Koeningswald, G.H.R. (Ed.), *Hudert Jahre Neanderthaler*. Böhlau-Verlag, Köln, pp. 167-174.
- Blanc A.C., 1962. *Some evidence for the ideologies of early man*. In: Washburn, S.L. (Ed.), *The Social Life of Early Man*. Routledge, Chicago, pp. 119-136.
- Mallegni F., 1991. *On the possibility that the Circeo II mandible may have belonged to the same individual as the Circeo I cranium*. In: Piperno, M., Scichilone, G. (Eds.), *Cranio Neanderthaliano Circeo I. Studi e Documenti*. Istituto Poligrafico dello Stato, Rome, pp. 391-408.
- Nature Research Items, 1940. *Fossil man of Monte Circeo, Italy*. Nature 144, 106-106.
- Reich D. et alii, 2010. *Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia*. Nature 468, 1053-1060.
- Schwarz, H.P., 1991. *On the reexamination of Grotta Guattari: uranium-series and electron-spin resonance dates*. Current Anthropology 32, 313-316.
- Science News, 1939. *A Neanderthal skull found in cave near Rome*. Science (Supplement) 90, 12-13.
- Stiner M.C., 1991. *The faunal remain from Grotta Guattari: a taphonomic perspective*. Current Anthropology 32, 103-117.
- Stiner M.C., Kuhn S.L., 1992. *Subsistence, technology, and adaptive variation in Middle Paleolithic Italy*. American Anthropologist 94, 306-339.
- White T.D., Toth N., 1991. *The question of ritual cannibalism at Grotta Guattari*. Current Anthropology 32, 118-138.

## Gli archivi degli antichi mutamenti climatici e le cause delle variazioni climatiche

(parte seconda)

Maurizio Chirri

Gli studi relativi agli influssi astronomici sulla sedimentazione marina, che oggi costituiscono una parte della Stratigrafia denominata *Ciclostratigrafia orbitale*, presero avvio dalla *Stratigrafia sequenziale* (introdotta durante gli anni 70 dai classici lavori del team geologico della Exxon per le indagini petrolifere: Vail P., Haq B. e altri), per spiegare la scoperta di cicli sedimentari ad alta frequenza. Questi lavori si sono ampliati rapidamente, portando contributi notevoli alla Stratigrafia e alla Sedimentologia, definendo con maggiore ampiezza obiettivi e risultati della nuova disciplina. Nell'originaria formulazione di Vail (fig. 1), nella sedimentazione marina sono riconoscibili cicli di vario ordine, indicati con i numerali tra I-IV. Di questi, quelli del III-IV ordine sono riconducibili alle variazioni globali dei parametri chimico-fisici degli oceani, particolarmente quelle indotte da oscillazioni climatiche conseguenti alle variazioni astronomiche della curva di Milankovitch, con periodi rispettivamente di

**Maurizio Chirri:** Direttore del Museo, Docente a contratto, Università degli studi "Roma Tre"

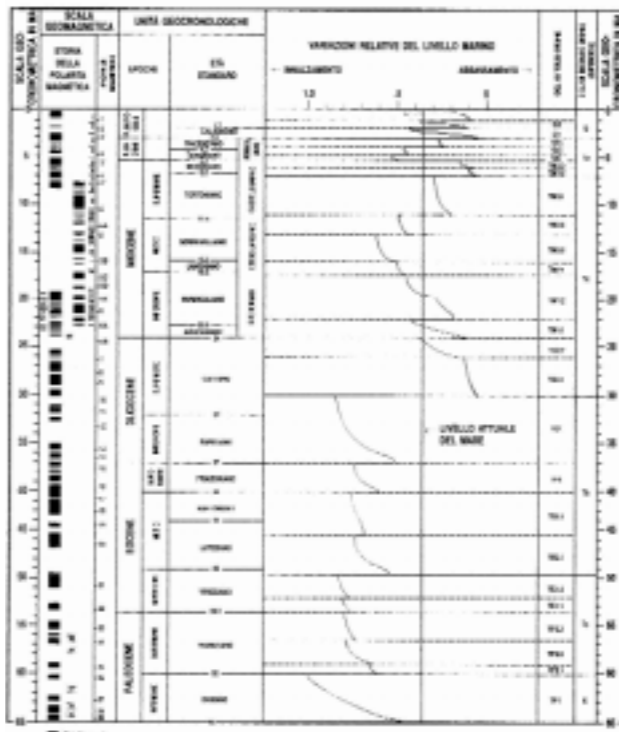


Figura 1 - Tavola con le principali variazioni del livello marino nel Cenozoico. Si riconoscono 15 alti e 12 bassi; da notare il brusco flesso in corrispondenza dei livelli 10-11

23 mila (solo precessione) e 200 mila anni (periodo dovuto alla somma in fase di precessione, obliquità, eccentricità) (fig. 2). Variazioni più ampie in merito ai mutamenti climatici, e per tempi più estesi, si realizzano quando gli stessi fattori astronomici entrano in fase con la tettonica globale, effetto geologico

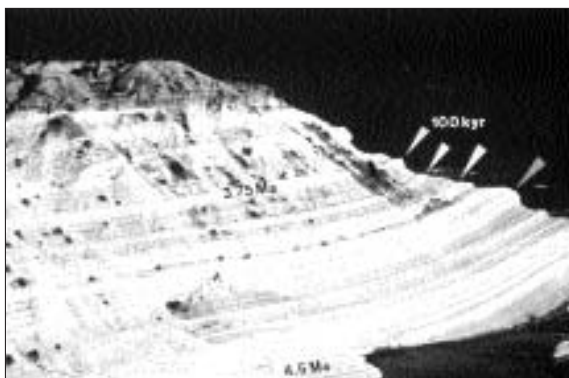


Figura 2 - Ciclicità dovute all'eccentricità nella Formazione dei Trubi, età Zancleano. Punta di Maiata, Agrigento

del motore termico terrestre, generando i cicli di I e II ordine (periodicità da milioni a centinaia di milioni di anni), influenzati anche da risonanze con altri pianeti, che intensificano le ciclicità di Milankovitch.

Gli studi del gruppo del *Bureau des Longitudes* di Parigi (Laskar J., Robutel P., 2004) hanno condotto a identificare due risonanze notevoli: quella con l'orbita di Marte, con periodicità di 405 mila anni, e una seconda con le orbite di Giove e Venere, avente periodicità di 2,4 milioni di anni.

Attraverso questi contributi si sono ulteriormente ampliati i risultati del Programma GSSP (*Global Stratotype Section and Point*), mirato a identificare ad altissima risoluzione cronologica i limiti fra le diverse gerarchie stratigrafiche (ere, periodi, epoche, età). Per un numero crescente di località, gli *stratotipi* sono stati confermati e meglio precisati cronologicamente grazie all'indagine ciclostratigrafica (fig. 3).

Per l'Era cenozoica (66,5 Ma-Attuale), particolarmente nel bacino del Mediterraneo, i risultati hanno consentito di migliorare le datazioni, con una precisione che si avvicina a 10-100 mila anni, per il periodo Neogene, e a circa 100-200 mila anni per il Paleogene.

Le indagini nell'ultimo decennio si sono estese a tutto il Mesozoico, permettendo un affina-

mento della risoluzione cronologica per l'intera era a meno di 1 milione di anni. L'indagine ciclostratigrafica si applica ormai a bacini sedimentari corrispondenti a un'ampia varietà di condizioni paleoambientali, dalle piattaforme carbonatiche, ai domini di transizione, ai bacini pelagici. I fenomeni che caratterizzano le sequenze cicliche coinvolgono:

- Tettonica*
- Eustatismo*
- Apporto sedimentario*
- Clima*

I primi due fattori definiscono la localizzazione e l'evoluzione del bacino se-

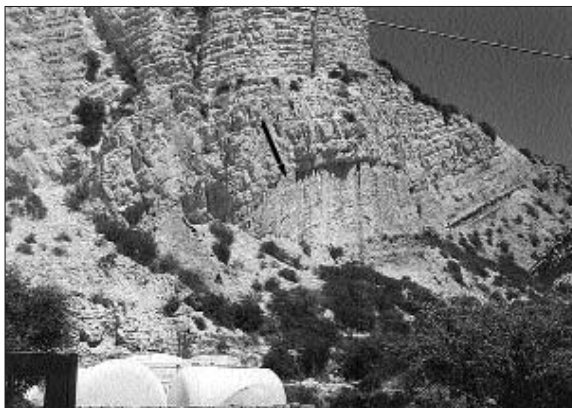


Figura 3 - Limite Miocene-Pliocene (5,33 Ma) (freccia), presso il G.S.S.P. di Eraclea Minoa, Agrigento

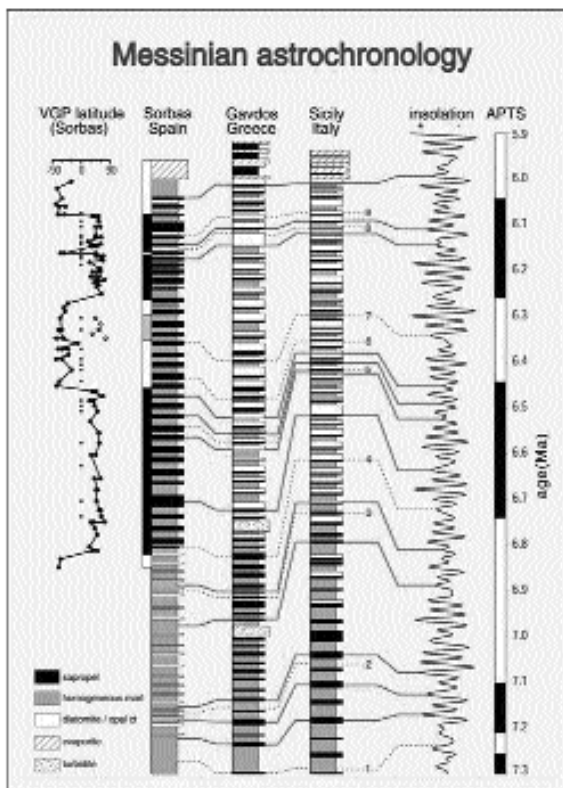


Figura 4 - Tavola per le correlazioni con il parametro insolazione delle ciclicità sedimentarie della Formazione Gessoso-solfifera nell'area mediterranea

dimentario, gli altri due le modalità di deposizione.

I fenomeni che riflettono le ciclicità astronomiche sono l'eustatismo e il clima, capaci di modulare la sedimentazione ciclica, attraverso la ripetizione di un limitato numero di litotipi.

Gli studi ciclostratigrafici consentono ai geologi di identificare fasi trasgressive e regressive e di correlarle con metodi di datazione radiometrica ba-

sati su rapporti isotopici, quali K/Ar, o  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Per esempio, gli strati del Messiniano che fanno parte della Formazione Gessoso-solfifera consentono di lavorare a una scala di elevato dettaglio: in tal caso gli strati sono correlati con le variazioni dell'eccentricità secondo fasi di 200 mila o 400 mila anni (figg. 4-5).

Negli ultimi 30 anni la ciclostratigrafia ha innescato un ampio dibattito, coinvolgendo geologi del sedimentario, sedimentologi, stratigrafi, fisici, statistici, studiosi di dinamica del Sistema solare.

Contemporaneamente le indagini si sono estese a tutto l'Eone Fanerozoico (550 Ma-Attuale). Come già evidenziato, i risultati, soprattutto per il Cenozoico, hanno prodotto convincenti risultati, fino a stabilire parallelamente alla SSTG (Scala Stratigrafica del Tempo Geologico), una SSTA (Scala Stratigrafica del Tempo Astronomico), che permette il riconoscimento dei limi-



Figura 5 - Strati del Messiniano, presso Gibliscemi



ti cronostratigrafici con un dettaglio di un ordine di grandezza in più.

Al Convegno dell'ICS (*International Commission on Stratigraphy*) - IAMG (*International Association of Mathematical Geology*), svoltosi a Liegi nel 2006, si è ipotizzato che entro il secondo decennio del secolo la ciclostratigrafia diventerà uno strumento diagnostico tale da migliorare la conoscenza della storia geologica di almeno un ordine di grandezza.

### Paleoclimi e tettonica

Il riconoscimento di estese glaciazioni e di periodi geologici caratterizzati da temperature medie maggiori di quelle attuali sono interpretati come il riflesso di imponenti fenomeni tettonici che scandiscono e intensificano i cicli astronomici. Nella stratigrafia sequenziale sono riconducibile ai cicli di I-II ordine. Le ciclicità delle ere glaciali dalla recente (5 Ma-Attuale), a quella Permo-carbonifera (250 Ma), all'Ordovicianiana (450 Ma), a quella Proterozoica superiore (650 Ma) e Proterozoica media (900 Ma) e, infine, ad altre più antiche, sembrano essere scandite da intervalli di circa 250 milioni di anni (Rhodes W. Fairbridge, 1987: circa la metà del periodo previsto per il *ciclo del supercontinente*) (fig. 6).

Durante gli ultimi 570 milioni di anni, nell'eone Fanerozoico, le registrazioni paleoclimatiche, raccolte in numero sempre maggiore, evidenziano una distribuzione regolare delle fasce climati-

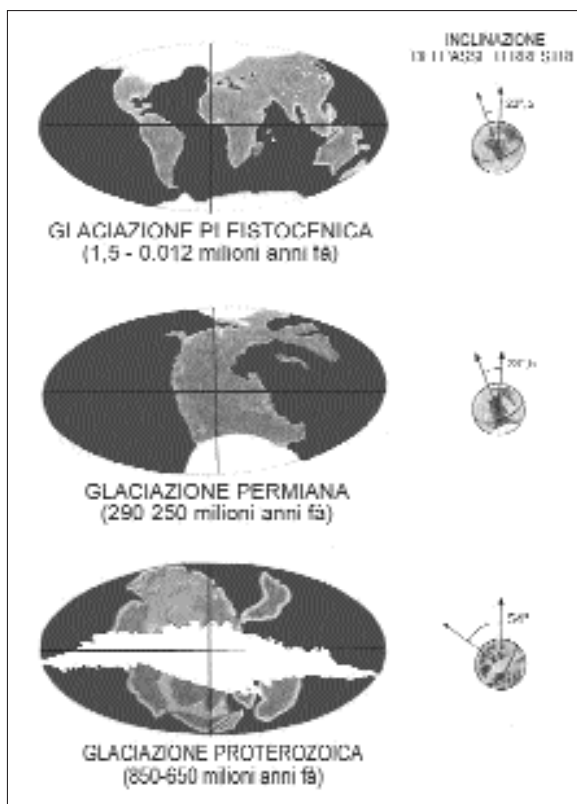


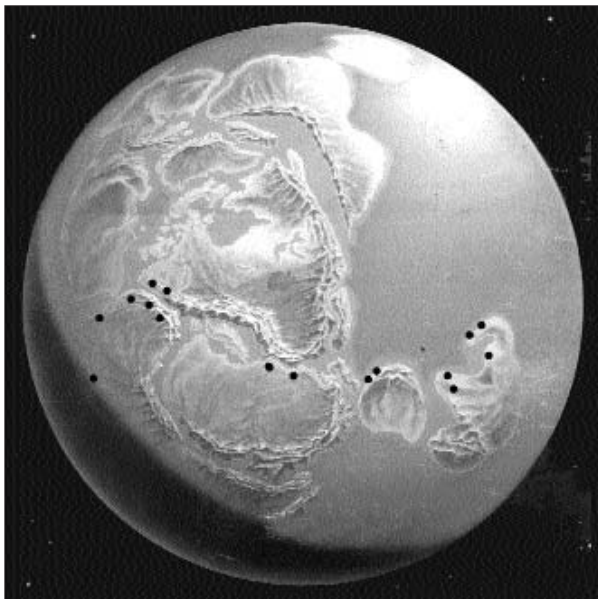
Figura 6 - Schema delle tre principali glaciazioni e corrispondente obliquità

che e una scarsa o assente stagionalità alle basse latitudini. Questi indizi confermano un'inclinazione dell'asse di rotazione prossima ai valori attuali. Cade così l'ipotesi di una ridotta obliquità durante l'Era mesozoica, che alcuni autori avevano suggerito per giustificare la presenza di foreste alle paleolatitudini circumpolari, o gli inesplicabili dinosauri antartici.

### Glaciazioni enigmatiche

Per il Proterozoico, l'eone che si estende fra 2500 e 570 milioni anni fa, i dati

geologici e paleoclimatici sono invece enigmatici. I geologi hanno riconosciuto tre principali glaciazioni proterozoiche. Una antichissima, verificatasi circa 2500 milioni di anni fa, e due più recenti che si sono susseguite fra 800 e 600 milioni di anni fa. Le tracce della più antica glaciazione, chiamata Huroniana, sono ben evidenti in Canada nella zona a nord del lago Huron. Quelle delle due glaciazioni più recenti sono sparse in diversi continenti. In numerose località si trovano affioramenti geologici riferiti al Proterozoico superiore, ovvero rocce antiche fra 800-600 milioni di anni fa. Il Proterozoico superiore è un'era geologica di importanza cruciale per la storia della Terra e per l'evoluzione della Biosfera. Circa 800 milioni di anni fa, il periodico "gioco" delle placche spinse le terre emerse a riunirsi in un unico supercontinente, chiamato dai geologi *Rodinia* (in greco, [*Terra*] dell'alba, fig. 7).



Dove i continenti s'incastarono fra di loro, lunghe catene montuose si innalzarono a segnare le suture. Tali resti segnano oggi le orogenesi Panafricana e Brasiliana. Molte di quelle rocce contengono le testimonianze del passaggio di antichissimi ghiacciai e mostrano un'insolita caratteristica. Le loro paleolatitudini, ricavate grazie alle analisi del magnetismo residuo, indicano ambienti di formazione prossimi ai tropici o addirittura vicini all'equatore dell'epoca. Diversamente dalla Pangea, il successivo raggruppamento continentale che si formò circa 280 milioni di anni fa, i siti con tracce di un'antica glaciazione erano disposti prevalentemente lungo la fascia paleotropicale di Rodinia, che oggi corrisponde a settori di crosta distribuiti dall'Australia occidentale, all'Antartide, al Nord America occidentale, alla Namibia (Africa del Sudovest) (fig. 8).

Inoltre altri dati sono problematici: gli oceani di quelle lontane epoche erano popolati da semplici microrganismi, quali le alghe azzurre cianoficee. Tra i prodotti della loro attività c'erano anche le stromatoliti che formarono le prime scogliere, nei mari caldi del precambriano e lungo le coste delle piattaforme continentali di Rodinia. Sono state trovate stromatoliti proterozoiche in Scandinavia e nelle Svalbard,

Figura 7 - Ricostruzione del supercontinente Rodinia; i pallini scuri corrispondono a depositi sedimentari riferibili a tilliti, antiche morene depositi a latitudini intertropicali

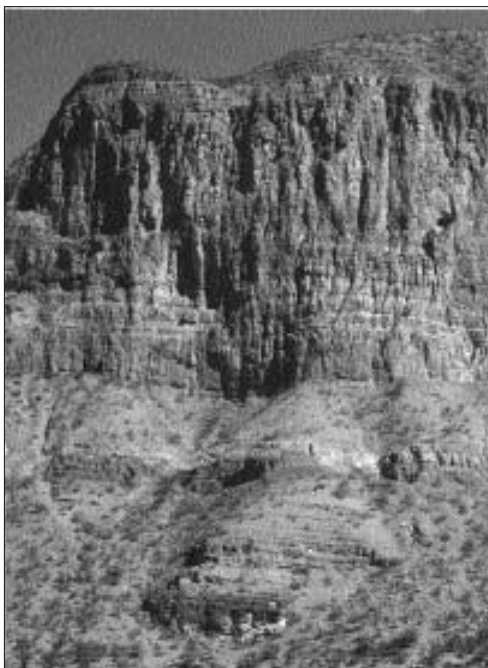


Figura 8 - Namibia, Skeleton Coast: falesie del Proterozoico superiore con massi erratici glaciali

a quell'epoca collocate a latitudini medio-alte. Dunque i ghiacciai della Terra al tempo di Rodinia si spingevano fino ai mari equatoriali, e le scogliere temperate proliferavano in prossimità dei circoli polari. La Terra vista dallo spazio, sarebbe apparsa come una palla di ghiaccio, o come una strana sfera gelata all'equatore. Si fece strada l'ipotesi che il pianeta a più riprese avesse subito delle brusche strigliate climatiche, dovute a rapide variazioni o interruzioni del ciclo geochimico del carbonio. Si ipotizzarono imponenti variazioni della  $CO_2$  atmosferica in grado di produrre vicissitudini climati-

che estreme. Tuttavia si è presto riconosciuto che nessuna plausibile variazione della composizione chimica atmosferica poteva spiegare una flessione della temperatura media globale di circa  $30\text{ }^\circ\text{C}$  rispetto all'attuale, necessaria per giustificare i ghiacciai lungo la linea dei tropici.

Fu anche ipotizzata una diminuzione cospicua della costante solare, decisamente smentita dagli astrofisici. Per confronto, all'apice dell'ultima glaciazione la temperatura media annua risultava di  $8\text{ o }9\text{ }^\circ\text{C}$  inferiore all'attuale valore medio ( $15,2\text{ }^\circ\text{C}$ ).

### Una possibile spiegazione alternativa: la Terra come Urano

Le prove geologiche, sia pure con alcuni dubbi relativi ad alcuni dati sulle antiche latitudini, indicano con chiarezza la portata delle passate vicissitudini climatiche a testimoniare che la Terra per una lunga parte della sua storia è incorsa in disastrose glaciazioni, alternate a climi inspiegabilmente torridi fino ai poli. Ma i dati di terreno sono a loro



Figura 9 - Ricostruzione pittorica della Terra con le distese glaciali all'equatore; l'asse di rotazione rivolto al Sole è inclinato di  $50^\circ$



Figura 10 - *Imponenti falesie del Proterozoico superiore; Spitsbergen, Norvegia*

volta contraddetti dai limiti dell'evoluzione chimica dell'atmosfera e dalla "costanza" della costante solare. La contraddizione, tuttavia, potrebbe essere solo apparente. Un'ipotesi alternativa è stata avanzata da Williams (1994). Per miliardi di anni la piccola sfera terrestre probabilmente ha rotolato nello

spazio, in una condizione che la renderebbe irriconoscibile ai nostri occhi. Piegata quasi come Urano, puntava i suoi poli direttamente verso il Sole, (fig. 9). L'antico equatore riceveva meno energia delle regioni alle alte latitudini, e quando il motore di Gaia spostava le placche nel giusto assemblaggio, si rendevano possibili, come oggi, estese glaciazioni. La disposizione chiave era opposta a

quella che rende attiva oggi la macchina del freddo, le terre emerse dovevano collocarsi prevalentemente ai tropici.

La registrazione geologica secondo questa ipotesi torna a una corretta interpretazione. Le aree glaciali erano alle basse latitudini, mentre nelle zone delle alte latitudini dei due emisferi si trovavano i climi caldi o temperati. Le testimonianze geologiche fuori posto, quali le tilliti nella Scandinavia e nelle Svalbard del Proterozoico, risulterebbero dovute a ghiacciai montani (figg. 10-11).



Figura 11 - *Tillite proterozoica*

### **Il nostro satellite e la Biosfera**

Proprio alla fine dei lunghissimi eoni della "vita primordiale", un meccanismo mirabile ha prodotto le condizioni perché il pianeta subisse una brusca metamorfosi delle condizioni della sua orbita e della macchina del clima. La Luna, un satellite insolitamente grande per un pianeta di tipo terrestre, ha determinato con i suoi imponenti effetti mareali, un



Figura 12 - *Tetracorallo del periodo Devoniano (416-359 Ma); sull'epiteca si riconoscono oltre 400 lamine di accrescimento diurno per anno*

costante allungamento della durata del dì. 500 milioni di anni fa il giorno della Terra durava circa 22 ore. Una testimonianza diretta di tale fenomeno deriva dalla paleontologia. Ancora nel periodo Devoniano, 400 milioni di anni fa, gli anelli di accrescimento annuale dei coralli erano costituiti da circa 400 lamine diurne (fig. 12).

L'anno durava 400 giorni perché, rimanendo invariato il semiasse maggiore dell'orbita, ovvero la durata dell'anno, le giornate erano più corte. Proprio la durata del giorno di 22 ore avrebbe indotto un effetto di risonanza con il periodo di rotazione del confine nucleo-mantello, originando un accrescimento esponenziale della dissi-

pazione meccanica tra le due geosfere. Queste poderose forze endogene sarebbero responsabili della brusca diminuzione (fig. 13) del valore angolare dell'inclinazione dell'asse di rotazione da 50° a 25°, realizzatasi in circa 100 milioni di anni.

In ultima analisi il nostro satellite naturale sarebbe il regolatore di importanti aspetti della dinamica del pianeta. Tuttavia, per alcuni autori gli effetti della Luna sarebbero ancora più ampi.

Forse la costruzione di stromatoliti, dall'Archeano e per tutto il lunghissimo Proterozoico, si erano perfettamente adattate a un mondo con giorni, stagioni e climi così diversi da quelli conosciuti durante gli ultimi 500 milioni di anni. Ma si possono avanzare forti dubbi, che la successiva complessità dei viventi si sarebbe sviluppata altrettanto bene in un mondo dove le regioni delle ombre lunghe si trovavano tra le immense distese tropicali. Circa 600 milioni di anni fa, mentre Rodinia si frammentava e i ghiacciai si scioglievano, concordemente una rivoluzione investiva la Terra e la Vita.

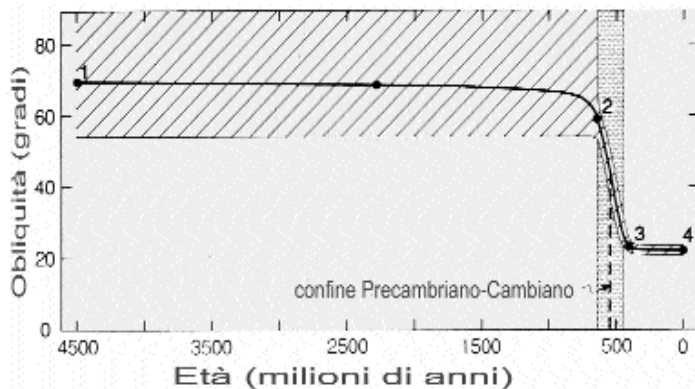


Figura 13 - *Diagramma della storia dell'obliquità della Terra: in evidenza il brusco flesso del Proterozoico superiore*

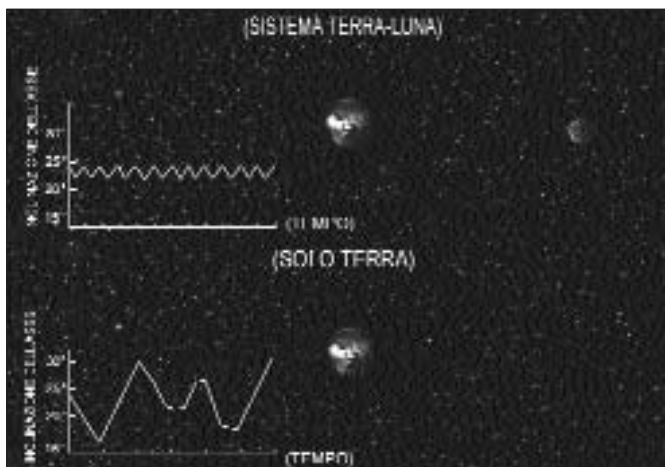


Figura 14 - Diagramma che illustra il ruolo stabilizzatore della Luna, in merito all'obliquità dell'asse: A in presenza della Luna, B obliquità caotica nell'ipotesi di una Terra senza Luna

Forze immani, in parte endogene e in parte cosmiche, raddrizzavano l'asse del pianeta, e la Biosfera conosceva un'improvvisa esplosione di forme. In una località dell'Australia chiamata Ediacara, nel 1946 furono trovati i resti dei più antichi organismi pluricellulari fino ad allora scoperti, risalenti a circa 570 Ma fa. In realtà, oggi sappiamo che organismi pluricellulari sono comparsi molto prima (si veda la rubrica *Paleo News* in questo stesso numero), ma gli eventi biologici verificatisi tra la fine del Proterozoico e l'inizio del Paleozoico appaiono straordinari. All'inizio del secolo scorso, infatti, nei pressi di Burgess Pass, nelle Montagne Rocciose della Columbia Britannica, furono trovati i resti straordinariamente ben conservati di organismi pluricellulari, contenuti in strati argillosi di 520 Ma fa. Tra le circa 50 specie identificate, sono state descritte forme incredibilmente strane, a cui i paleontologi hanno dato nomi caratteristici, quali *Hallucigenia* e *Anomalocaris*,

organismi appartenenti a rami dell'albero della vita che non hanno avuto seguito, ma anche organismi in cui si riconoscono i piani organizzativi dei phyla che oggi costituiscono la grande varietà dei viventi. Fra questi ultimi compare un piccolo fossile, *Pikaia*, lungo pochi centimetri, che mostra un chiaro dettaglio, un'asse, una corda interna, che ne fanno il probabile antenato di tutti i vertebrati.

La vita ha mostrato in quel periodo una repentina fioritura e si sono affermate, in quello che geologicamente è un istante, comunità biologiche pluricellulari profondamente innovative, con una loro complessa ecologia.

Solamente una coincidenza ha sincronizzato gli orologi della Terra, della Luna e della Vita? Cosa sarebbe accaduto se la Terra, come gli altri pianeti terrestri, non avesse avuto un satellite di dimensioni significative?

Simulazioni della dinamica della Terra in assenza della Luna dimostrano che la Terra sarebbe andata incontro a disastrose variazioni epocali dell'inclinazione (fig. 14).

Questo verosimilmente è quanto è accaduto a Marte a causa delle modestissime dimensioni dei suoi satelliti, Phobos e Deimos: l'inclinazione dell'asse del pianeta rosso varierebbe caoticamente tra i 10° e 60° in modo decisamente più ampio di quanto precedentemente previsto.

Tra gli addetti ai lavori si fa strada il convincimento che un satellite di grandi dimensioni sia un requisito essenziale per un asse di rotazione stabile. In qualunque periodo della storia del pianeta, la nostra Luna ha quindi svolto una funzione simile a un "pacemaker" planetario. La lunghissima infanzia della vita e la sua successiva evoluzione verso la complessità hanno goduto di un privilegio che nell'universo potrebbe risultare raro. Quando le future missioni di telescopi spaziali a interferometria ottica, con obiettivi TPF (*Terrestrial Planet Finder*), rinverranno a Terra le immagini di altri sistemi planetari, un'ulteriore sfida tecnologica sarà rappresentata dalla capacità di identificare i satelliti dei pianeti rocciosi. Lo stato delle attuali conoscenze indica che probabilmente la famosa equazione di Drake sulle civiltà extraterrestri è costituita da un ulteriore termine.

### Bibliografia

- Bosellini A., Mutti F., Ricci Lucchi F., *Rocce e successioni sedimentarie*, UTET, 1989.
- Cloud, Preston, *Oasis in Space: Earth history from the Beginning*, W.W. Norton & Company, 1988.
- Coe, A.L. (Ed), *The sedimentary record of sea-level change*, The Open University, 2004.
- Fairbridge, F. Rhodes, *Encyclopedia of Planetary Sciences*, Chapman & Hall, 1991.
- Fortey, Richard, *Età: Quattro miliardi di anni*, Longanesi, 1999.
- Hinnov A. Linda, Ogg G. James, *Cyclostratigraphy and the Astronomical Time scale*, *Stratigraphy*, vol. 4, n° 2-3, 2007.
- Schopf J. William, *La culla della vita*, Adelphi, 2003.

### Glossario

- Archeano:** *Eone corrispondente alla parte antica del Precambriano (4000 Ma-2500 Ma). All'inizio dell'Archeano si erano già differenziate la crosta oceanica e la crosta continentale, alla fine si svilupparono gli organismi eucarioti. Preceduto dall'Adeano, e seguito dal Proterozoico.*
- Eustatismo:** *termine introdotto dal geologo E. Suess (1906) per le fluttuazioni del livello marino, le cui cause sono riferibili a influssi astronomici (teoria astronomica delle glaciazioni), o riflesso della tettonica globale.*
- Epiteca:** *rivestimento esterno del calice del corallite.*
- Huroniana (glaciazione):** *antichissima glaciazione del Proterozoico medio, le cui tracce sono particolarmente riscontrabili in Canada, presso la regione dei Grandi laghi.*
- Proterozoico:** *Eone corrispondente alla parte più recente del Precambriano (2500 Ma-542 Ma). Durante il Proterozoico l'atmosfera si arricchì progressivamente in ossigeno, permettendo alla fine dell'Eone, lo sviluppo dei metazoi (organismi complessi).*
- Piattaforma carbonatica:** *area marina di scarsa profondità, con isole e lagune, estesa da decine a centinaia di km, caratterizzata da una sedimentazione carbonatica, avente spessori da centinaia a migliaia di metri. Esempio attuale le Bahamas.*
- Tilliti:** *nome di origine scozzese: rocce costituite da sedimenti di origine glaciale.*
- Stromatoliti:** *strutture sedimentarie calcaree di ambiente di mare sottile, costituite da finissime lamine sovrapposte, costruite dall'attività di alghe cianoficee. Rappresentano l'evidenza macroscopica di attività biologica fin dall'Archeano inferiore (3600 Ma-Attuale).*
- Tetracoralli (o Rugosa):** *ordine di coralli paleozoici, classe Anthozoa, comparsi nel periodo Ordoviciano, estintosi nel Permiano superiore (485 Ma-260 Ma).*
- Risonanza:** *in meccanica celeste, si dicono in risonanza quei rapporti fra i periodi di caratteristiche orbitali di satelliti e pianeti esprimibili come frazioni di numeri interi (p.e. risonanza 1:2 fra i periodi orbitali di Europa e Io: lo compie due orbite nello stesso intervallo in cui Europa ne compie una).*



# Il tempo che ha fatto

Associazione Onlus *Edmondo Bernacca*

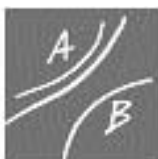
In questo spazio vengono presentati i dati registrati dalla stazione meteorologica del Museo Geopaleontologico:

*temperatura* (minima e massima), *vento* (direzione dominante e velocità),  
*precipitazioni* (pioggia - neve) e *stato del cielo* (S = sereno, M = misto, C = coperto).

RMU13 - Rocca di Cave, 945 mt.							STATO
UTL	T	T	WIND	Hain	Neve		DLL
2010	MIN	MAX	dom. Km/h	cum. mm	cum. cm.		CIFIO
1	9,6	16,9	SSW	27,1	0,2	0,0	M
2	11,9	18,3	SSW	29,0	0,2	0,0	M
3	12,1	10,7	L	32,2	0,2	0,0	S
4	12,5	17,9	SE	53,1	0,2	0,0	M
5	12,2	16,5	SW	53,1	1,0	0,0	C
6	12,8	18,9	NNW	74,1	0,0	0,0	S
7	14,1	19,7	NL	25,7	0,0	0,0	S
8	12,7	18,2	SSW	75,7	0,2	0,0	M
9	10,9	16,6	NNW	25,7	0,2	0,0	M
10	8,4	13,9	NNW	62,8	0,2	0,0	M
11	6,7	11,0	LNL	69,2	0,1	0,0	C
12	10,2	15,4	NF	51,5	0,0	0,0	M
13	10,6	16,9	NL	70,3	1,0	0,0	M
14	10,2	15,3	WNW	43,5	1,0	0,0	M
15	9,3	13,9	SSW	22,5	0,0	0,0	M
16	8,8	11,5	SSW	30,6	3,4	0,0	M
17	0,6	11,7	SSL	70,2	1,6	0,0	M
18	8,6	13,7	NNW	57,9	0,0	0,0	C
19	9,0	14,9	NNW	61,2	0,0	0,0	M
20	8,0	11,3	NNF	48,3	0,4	0,0	M
21	7,7	14,0	NNW	29,0	0,2	0,0	S
22	8,3	13,3	NNW	33,8	0,0	0,0	M
23	0,6	12,0	SSL	71,0	0,2	0,0	M
24	8,5	13,1	NNF	46,7	0,6	0,0	M
25	1,9	10,6	L	51,5	1,6	0,0	C
26	5,6	8,1	NNW	35,4	3,2	0,0	M
27	5,7	12,7	NNW	53,1	0,2	0,0	S
28	5,8	11,8	NNF	70,9	0,0	0,0	S
29	6,3	12,9	NNW	17,7	0,2	0,0	S
30	6,9	11,7	N	53,1	0,0	0,0	M
31	0,1	10,9	SSL	71,0	0,1	0,0	M
2010	T	T	WIND	Hain	Neve		STATO
NOV	MIN	MAX	dom. Km/h	cum. mm	cum. cm.		DLL
1 dic	8,5	13,0	SSW	63,7	160,8	0,0	CIFIO
2 dic	6,5	10,1	SSW	96,6	70,2	0,0	SS
3 dic	2,5	7,0	SSW	68,5	145,4	1,0	SM
MLDIA	6,9	10,1	SSL	96,6	251,1	1,0	SS

RMU13 - Rocca di Cave, 945 mt.							STATO
NOV	T	T	WIND	Hain	Neve		DPI
2010	MIN	MAX	dom. Km/h	cum. mm	cum. cm.		CILLO
1	8,4	12,1	SSW	75,6	29,4	0,0	C
2	6,3	10,3	SSL	70,3	12,6	0,0	C
3	8,1	13,0	NNF	38,6	0,0	0,0	M
4	10,9	15,0	NNL	33,0	0,0	0,0	S
5	12,7	17,1	NNF	74,1	0,0	0,0	S
6	12,6	17,6	NNW	19,3	0,0	0,0	S
7	9,0	12,6	S	14,5	8,4	0,0	M
8	6,2	9,6	SSW	51,5	70,1	0,0	C
9	5,5	10,2	SSW	63,7	16,6	0,0	C
10	6,6	11,9	SSW	70,0	15,1	0,0	M
11	6,3	10,3	SSW	32,2	2,4	0,0	M
12	6,1	11,1	SSL	21,3	0,2	0,0	M
13	8,9	15,2	SSW	70,9	0,0	0,0	M
14	0,9	14,0	SSL	30,6	0,2	0,0	M
15	9,4	11,6	SSW	46,7	0,4	0,0	M
16	6,2	10,3	SSW	96,6	17,0	0,0	C
17	4,1	6,7	SSW	53,1	2,2	0,0	M
18	6,0	0,6	SSL	51,5	15,6	0,0	C
19	5,9	8,1	SSW	33,8	5,6	0,0	M
20	6,2	7,3	SSL	79,9	1,6	0,0	C
21	7,3	9,5	S	67,6	13,8	0,0	M
22	1,0	0,7	SSW	0,5	71,0	0,0	C
23	3,4	7,6	WNW	40,2	6,0	0,0	M
24	1,0	7,0	WNW	30,6	1,0	0,0	M
25	1,1	3,9	SSW	48,3	1,8	0,5	M
26	1,1	1,3	SSW	62,0	7,2	0,5	M
27	0,4	4,5	SSW	32,2	0,6	0,0	M
28	1,9	9,5	SSL	56,3	33,0	0,0	C
29	1,8	5,4	SSW	48,3	3,0	0,0	C
30	1,6	9,6	SSL	70,3	21,2	0,0	C
31							
2010	T	T	WIND	Hain	Neve		STATO
NOV	MIN	MAX	dom. Km/h	cum. mm	cum. cm.		DLL
1 dic	8,5	13,0	SSW	63,7	160,8	0,0	CIFIO
2 dic	6,5	10,1	SSW	96,6	70,2	0,0	SS
3 dic	2,5	7,0	SSW	68,5	145,4	1,0	SM
MLDIA	6,9	10,1	SSL	96,6	251,1	1,0	SS





Associazione  
Edmondo Bernacca  
onlus

L'Associazione Edmondo Bernacca - Onlus "racconta" la *scienza del tempo* attraverso la divulgazione e l'informazione della meteorologia passata, presente e futura. Fra i soci fondatori, il figlio di Edmondo, Paolo, il Gen. Andrea Baroni, la Dott. Franca Mangianti (Presidente dell'Associazione), responsabile dell'Osservatorio meteorologico del Collegio Romano di Roma, e i noti meteorologi Giancarlo Bonelli e Francesco Laurenzi. Proprio in quest'ottica è nato il *Progetto CLIMA*, in cui rientra la centralina meteo di Rocca di Cave, un sito importante vista la sua posizione dominante sulla Provincia Romana.

RM013 Rocca di Cave, 545 mt							STATO
ORA	T	T	WIND	Rain	Neve	DFI	STATO
	MIN	MAX	diraz	km/h	mm	cm	DFI
1	6,5	11,0	S	51,7	11,0	0,0	C
2	4,5	7,3	S	52,8	7,8	0,0	C
3	0,7	6,1	S	76,1	12,2	0,0	M
4	0,8	3,0	SEF	33,8	2,0	0,0	M
5	-1,1	2,0	NL	76,7	0,0	0,0	M
6	1,7	7,7	SEF	56,3	0,2	0,0	C
7	7,7	10,2	SSL	19,5	0,1	0,0	M
8	8,7	13,1	WNW	56,3	1,4	0,0	M
9	7,0	11,0	S	70,2	0,0	0,0	M
10	0,6	8,1	NNW	61,2	0,0	0,0	S
11	-0,5	4,3	NL	61,1	0,0	0,0	S
12	2,1	4,3	NF	35,4	2,0	0,0	C
13	0,9	6,5	NNW	76,1	0,2	0,0	M
14	4,1	2,0	NNW	33,8	0,0	0,0	S
15	-1,7	-0,1	NNW	30,6	0,0	0,0	S
16	5,8	0,1	NNW	35,4	0,0	0,0	S
17	-7,1	1,9	NL	52,1	10,2	10,0	C
18	0,2	2,8	FNF	56,3	0,0	0,5	M
19	-1,1	1,7	NL	52,1	0,2	0,0	M
20	4,7	8,2	N	51,5	0,8	0,0	C
21	5,6	9,1	NNL	70,2	0,2	0,0	M
22	5,8	9,0	F	62,8	0,8	0,0	C
23	7,2	11,2	LNL	00,5	9,2	0,0	M
24	4,1	7,9	S	75,6	52,6	0,0	C
25	0,7	1,2	S	70,2	9,0	0,0	C
26	0,7	5,1	FNF	74,1	0,2	0,0	M
27	-1,0	2,9	NNL	37,0	0,0	0,0	M
28	1,3	3,3	NNF	74,1	0,0	0,0	S
29	-0,6	5,2	NNW	20,9	0,0	0,0	S
30	1,5	6,6	NNF	70,0	0,0	0,0	S
31	2,9	1,6	NNW	70,2	0,0	0,0	C
2010	T	T	WIND	Rain	Neve	STATO	
DFI	MIN	MAX	diraz	km/h	mm	cm	DFI
1 dec	2,5	0,3		62,0	29,0	0,0	CILLO
21 dec	1,6	3,5		56,3	30,4	18,5	8,5
31 dec	2,3	6,1		00,5	72,0	0,0	17,1
MEDIA	1,5	6,0	NNW	60,5	131,4	18,5	10,0



Figura 1 - La centralina meteo posta sulla terrazza della Rocca

## Carlo Fabrizio Parona ricercatore e divulgatore

Francesco Grossi

Carlo Fabrizio Parona nacque a Melegnano nel 1855, ed è stato uno dei più influenti geologi e paleontologi italiani (figg. 1 e 7).

Laureatosi in Scienze Naturali all'Università di Pavia nel 1878, fu assunto da Torquato Taramelli come assistente alla cattedra di Geologia della stessa università, dove rimase, sotto la guida del suo mentore, fino al 1890. Taramelli era un'eminente figura di geologo-naturalista, una delle più importanti dell'epoca, e da lui Parona apprese moltissimo, conservandone sempre un'affettuosa venerazione.

Fu poi assunto come professore di geologia dall'Università di Torino nel 1889, ruolo che ricoprì per oltre un quarantennio, dirigendone anche il Museo geopaleontologico, fino al 1930, l'anno del pensionamento. In questo lungo periodo di tempo, oltre a portare avanti le sue ricerche, fu il maestro per diverse generazioni di geologi, che costituirono, grazie a lui, una vera e propria scuola nel campo geopaleontologico. Fu nominato Presidente della Società Geologica Italiana per due volte, nel 1901 e nel 1913.

Dopo diversi anni dedicati allo studio della geologia e delle faune fossili del Giurassico lombardo (ma non solo), la sua successiva specializzazione furono i depositi cretaci, in particolare le facies di scogliera con i loro fossili così

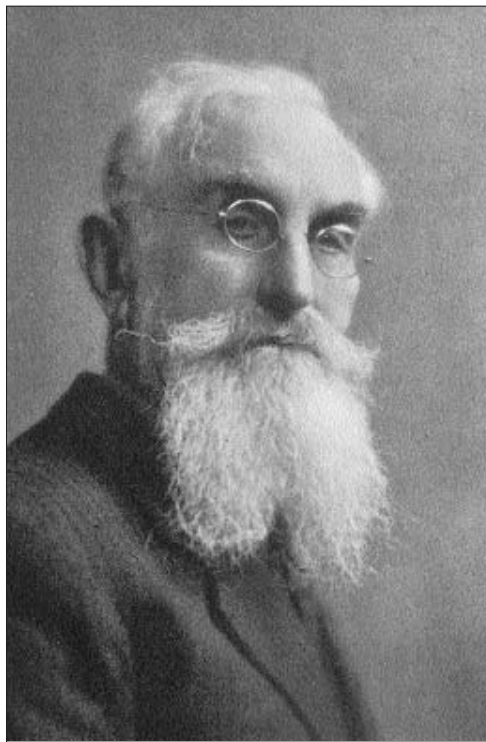


Figura 1 - Carlo Fabrizio Parona ritratto nell'opera celebrativa di Federico Sacco (1930)

particolari tra cui le rudiste, bivalvi adattati a questi ambienti ad altissima energia.

Ma Parona fu geologo a tutto tondo come era in uso a quei tempi, prima della frammentazione della ricerca scientifica e del sapere dei decenni successivi. Furono, quelli di Parona, anni in cui le specializzazioni analitiche permisero

un incredibile balzo in avanti delle conoscenze geologiche, ma senza mai perdere di vista l'obiettivo finale, ossia l'integrazione di tutte le conoscenze a servizio di una sintesi che poneva le basi per la comprensione della geologia d'Italia e non solo.

All'inizio del '900 Parona è già un autorevole punto di riferimento, soprattutto per un'importante pubblicazione sulle rudiste dell'Appennino meridionale (Parona, 1900, fig. 2) tanto che a lui sono dedicate specie, tra cui *Radiolites paronai* (Dainelli, 1901), una specie di rudista della famiglia Radiolitidae ora riferita al genere *Sauvagesia*.

Il suo interesse per le scienze della Terra fu molto ampio, come testimoniato da un importante testo sulla geologia d'Italia (*Trattato di geologia con particolare riguardo alla geologia d'Italia*, 1903) così apprezzato e ricercato da avere una seconda edizione nel 1924.

La seconda metà dell'800 vide la nascita delle prime esplorazioni scientifiche sui ghiacciai alpini: nel 1904 fu istituita un'apposita *Commissione per lo studio delle variazioni periodiche dei Ghiacciai* (quella che in seguito diverrà il *Comitato Glaciologico Italiano*), e Parona ne fu nominato Presidente dal 1910 al 1913. Gli indiscutibili, altissimi meriti scientifici fecero sì che tutte le più importanti Accademie dell'epoca lo elessero a socio: l'Accademia dei Lincei (che già nel 1904 gli aveva conferito un Premio Reale), l'Istituto Lombardo e la prestigiosa Accademia delle Scienze di Torino (fig. 3), solo per citarne alcune, che lo nominò suo socio nazionale nel 1899 e Presidente nel 1928, carica confermata anche alla scadenza del mandato triennale.

Nell'epoca del colonialismo in Africa settentrionale e centrale, come Presidente della Commissione Geo-agrologica per la Tripolitania (una carica governativa) fu uno dei più importanti scienziati che si adoperarono con ricerche e prospezioni per il miglioramento agrario dei territori libici, senza peraltro rinunciare alla sua cifra di paleontologo: è del 1913 il volume *La Tripolitania settentrionale*, mentre ancora nel 1933 pubblica *Di alcune rudiste della Tripolitania*, solo per citarne un paio. Produsse anche diversi lavori di geomorfologia e paleontologia a seguito di spedizioni in Somalia.

Al Piemonte, sua terra d'adozione, dedica molte delle sue monografie. Da ricordare, sopra tutti, due



Figura 2 - Frontespizio di uno dei primi lavori dell'Autore sulle rudiste (1900)



Figura 3 - L'Accademia delle Scienze di Torino in una stampa d'epoca

volumi: *Caratteri ed aspetti geologici del Piemonte* (1922, fig. 6) e *Il Piemonte e i suoi paesaggi* (1935a).

Anche gli aspetti applicativi della geologia non sfuggirono allo spirito poliedrico di Parona: studi idrogeologici per captare acque potabili, relazioni su sorgenti termo-minerali, progetti per possibili comunicazioni ferroviarie tra Torino e la Svizzera, oltre a numerose applicazioni in campo agrario.

Ma, come visto, la sua produzione scientifica fu ampia ed estesa anche dal punto di vista geografico, caratteristica che crebbe con la sua fama, tanto che molte spedizioni all'estero di suoi colleghi, anche in territori molto lontani, richiedevano la sua consulenza per offrire alla comunità scientifica delle analisi sicuramente più puntuali.

È il caso, ad esempio, di una pubblicazione del 1935 (Parona, 1935b), nella quale sono descritte diver-

se specie di rudiste raccolte da Ardito Desio durante una spedizione in Persia, nella catena dello Zardeh Kuh; Desio, campione anche di longevità (è scomparso nel 2001 all'età di 104 anni!), fu anch'egli grande geologo oltre che

esploratore, e in una delle sue "avventure" mediorientali «ebbe occasione di raccogliere interessanti appunti geografici e geologici e di riunire una collezioncina di rudiste, che, con cortesia della quale gli sono gratissimo, volle offrirmi in studio», come scrive Parona nella sua pubblicazione.

E come poteva l'Autore tenersi lontano da quella che fu una delle più memorabili spedizioni italiane di sempre, quella effettuata da De Filippi e altri verso l'Himalaya (fig. 4), "quando l'Himalaya era più lontano delle stelle", come recita il titolo di un recente volume dedicato a quella storica spedizione (Mazzoni e Anastasio, 2008)? La spedizione fu ef-



Figura 4 - I componenti della spedizione De Filippi

fettuata nel 1913-1914: furono condotti studi geologici, meteorologici, fisici (misure di magnetismo e gravità), rilievi topografici, osservazioni antropologiche, e negli anni successivi furono pubblicati tutti i contributi scientifici. A Parona spettarono le sue amate faune fossili mesozoiche, con due pubblicazioni (1927a,b) sui fossili del Triassico e del Cretacico.

Nel 1930, Parona compie 75 anni e, dopo aver dato un contributo fondamentale alla paleontologia e in generale alle Scienze della Terra, arriva così alle soglie della pensione.

Per l'occasione, viene omaggiato da Federico Sacco con un'opera che ne ripercorre la carriera scientifica. Sacco fu senza dubbio uno dei più attivi e influenti geologi italiani di sempre: autore di centinaia di pubblicazioni, direttore per diversi anni del Servizio Geologico, ebbe intuizioni straordinarie dal punto di vista scientifico e sotto la sua spinta il Servizio Geologico produsse moltissimi fogli della carta geologica d'Italia.

L'opera da lui compilata per Parona contiene un ritratto fotografico autografo dell'autore (fig. 1), a cui segue l'elenco delle sue pubblicazioni scientifiche, 174 lavori ordinati cronologicamente senza note biografiche.

L'illustre redattore tiene a precisare, nella sua nota introduttiva, le ragioni di questa apparente manchevolezza. Scrive infatti Sacco:

*«In occasione del 75° anniversario del Prof. Carlo Fabrizio Parona, chiudendosi per legge la sua carriera didattica, svoltasi attraverso mezzo secolo, con operosità e sapere ammirevoli, dapprima a Pavia poi a Torino, i suoi colleghi, amici e discepoli avrebbero desiderato di tributare allo scienziato insigne ed al Maestro amatissimo, solenni onoranze e porgergli segni tangibili della loro grande ammirazione e del loro profondo affetto. Ma per la somma modestia di Lui che, intuendo detta idea, si mostrò assolutamente contrario a manifestazioni di tale genere, si dovette limitare la desiderata commemorazione alla pubblicazione di un fascicolo che, assieme all'immagine buona di Lui, segnali, almeno in sintesi nominale, l'immensa sua opera scientifica».*

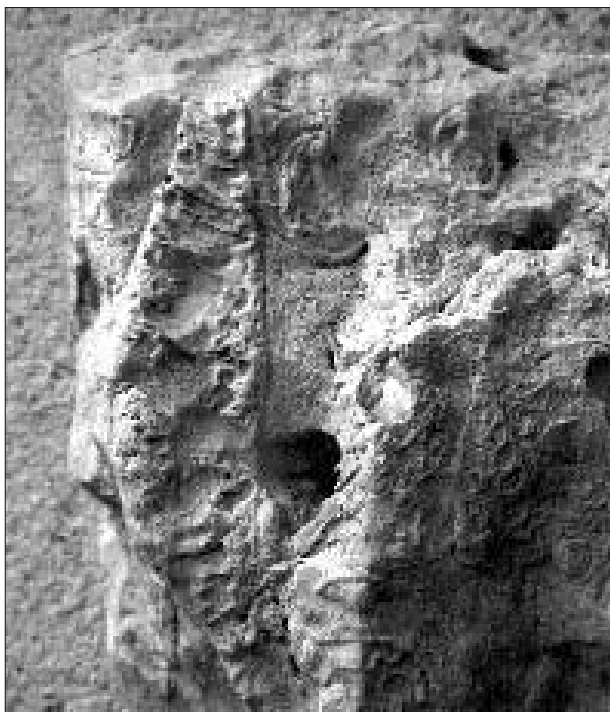


Figura 5 - Esempio di *Cossmanea edoardi* Parona (sezione longitudinale naturale) esposto al Museo "Ardito Desio"

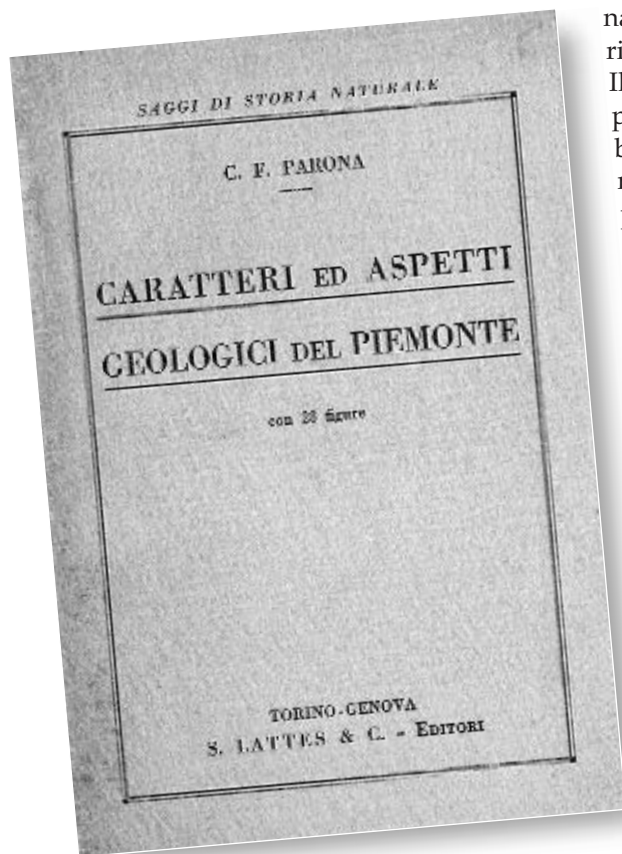


Figura 6 - Copertina della monografia sulla geologia del Piemonte (1922)

Ma anche negli anni successivi alla pensione, Parona continuò ugualmente le sue ricerche, dimostrando come la passione per le scienze della Terra andasse oltre alle cariche e agli onori ricevuti in carriera: si "ritirò" in un ufficio concessogli dall'Accademia delle Scienze di Torino (alla quale aveva donato tutta la sua immensa biblioteca geo-paleontologica) e produsse ancora diversi lavori, circa una quarantina, alcuni dei quali divulgativi, oltre a offrire i propri consigli e le sue puntuali analisi non appe-

na qualche giovane paleontologo richiedesse la sua consulenza.

Il Museo "Ardito Desio" ha approfondito la figura di Carlo Fabrizio Parona durante la risistemazione delle sue collezioni: il patrimonio geopaleontologico del Museo comprende infatti anche un esemplare di *Cossmannea edoardi* Parona (fig. 5), un gasteropode della famiglia Nerineidae istituito dall'autore nella sua imponente monografia sulla fauna cretacea dei Monti d'Ocre (1909), un lavoro di oltre duecento pagine pubblicato nelle Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia.

È una forma di nerineide di dimensioni medie di forma conica regolare, diffusa nei livelli riferibili al Cenomaniano (circa 100 milioni di anni fa) in Appennino centrale e segnalata nell'area

di Rocca di Cave già da Carbone *et al.* (1971).

Inoltre, a parte questa specie di gasteropode, ogni ricerca approfondita sul gruppo delle rudiste al fine di classificarle e di avere informazioni sull'antico ambiente di vita, deve necessariamente passare per la figura di Carlo Parona, che nel campo è stato uno dei massimi esperti. Parona non si trovò mai a lavorare sulle successioni rocciose di Rocca di Cave; è del 1908 un lavoro sulla fauna a rudiste dei Monti Affilani presso Subiaco (Valle dell'Aniene), ma al di là delle peculiarità locali nelle associazioni fossili, alcune analisi sono universali e spendibili ovunque, basti pensare al

rapporto tra morfologia della conchiglia fossile, modalità di vita e ambiente sedimentario. Anche prendendo in considerazione gli aspetti paleogeografici, l'Autore studiò a fondo le successioni dell'Appennino centrale il quale era, nel Mesozoico, un'unica, grande piattaforma carbonatica al cui margine prosperavano scogliere a rudiste, raccogliendo una enorme mole di dati morfologici, sistematici e paleoambientali tale da rendere ancora oggi imprescindibile il suo lavoro.

Oltre agli aspetti "cattedratici" del suo essere geologo, era ben conscio dell'importanza di divulgare le conoscenze scientifiche a un pubblico il più vasto possibile, come scrive nell'introduzione di uno delle sue monografie sulla geologia del Piemonte (1935a), mostrando la sua consueta modestia:

*«Cresciuto alla scuola dello Stoppani e del Taramelli e, non avendomi le forze concesso di raggiungere i Maestri insigni, ho cercato di seguirli, sia pure da lontano, nell'esempio da loro dato tanto brillantemente di divulgare le nozioni di geologia anche ex cathedra, mezzo altrettanto utile ed efficace, per quanto più difficile».*

È compito di chi studia le scienze geologiche avvicinare le persone alle bellezze naturali, rendere comprensibile il chiaro legame tra la storia geologica e il paesaggio, come scrive nel suo lavoro del 1922 (fig. 6):

*«L'essenza del paesaggio, comunque esso si presenti, è sempre fortemente geologica. (...) Le bellezze naturali vogliono essere comprese ed apprezzate, non soltanto guardate ed ammirate: a questo fine, fra gli altri, mirano le Scienze Naturali. Ora, vorrei che le spiegazioni del geologo avessero la virtù*

*di attirare lo sguardo e insieme l'attenzione dell'osservatore sui monumenti naturali e sui paesaggi (...) anche perché essi siano studiati ed interpretati nelle loro origini, nei loro elementi e fattori, oltre che nelle attrattive del loro aspetto».*

Divulgatore e, allo stesso tempo, raffinato uomo di ricerca nel senso pieno del termine, come è sintetizzato da un altro brano, tratto ancora dalla monografia sulla geologia del Piemonte:

*«Le conquiste nel campo delle idee per incessanti ricerche, e le scoperte nel campo dei fatti, sulla costituzione e struttura, sulle deformazioni, sulla storia della corteccia terrestre e della sua superficie, determinarono nella mente degli studiosi il succedersi ed il sostituirsi di concetti, che sottoposti a critica e selezione, con arresti nell'evolversi delle idee, deviazioni ed anche ritorni a visioni antiche, portarono a concezioni geologiche sempre più complesse, le quali, mentre hanno risolto molti problemi, altri nuovi ne hanno prospettati e proposti alla ginnastica dell'intelletto, dimostrando quanto la conquista del vero sia troppo spesso lontana, contrariamente alle apparenze. Ma qui, stando nei limiti delle induzioni e deduzioni geologiche attendibili, perché appoggiate ai fatti, possiamo proporci di rispondere, con convinzione d'essere nel vero, a parecchie domande, suggerite dalla contemplazione del panorama che ci sta dinanzi».*

Carlo Fabrizio Parona muore nel gennaio del 1939 a Busto Arsizio, colpito da



Figura 7 - Firma dell'Autore

nefrite all'età di 84 anni, dopo aver trascorso, come ogni anno, le festività natalizie con la sua famiglia.

Tra i ricordi di molti eminenti colleghi ed allievi dell'epoca scegliamo ancora una volta le parole di Federico Sacco (1939), puntuali ed allo stesso tempo sentite e commoventi:

*“Apprezzai in pieno non solo l'acuto spirito scientifico di Carlo Fabrizio Parona, ma anche la nobiltà dell'animo suo, la spiccata integrità del suo carattere e la grande bontà del suo cuore. Ma la mia penna è incapace di scrivere degnamente di Lui (...). Quale fu lo scienziato, tale l'Uomo: superiore”.*

### **Bibliografia**

- Carbone, F., Praturlon, A., Sirna, G., 1971. The Cenomanian shelf-edge of Rocca di Cave (Prenestini Mts., Latium). *Geologica Romana*, 10, pp. 131-198.
- Dainelli, G., 1901. Appunti geologici sulla parte meridionale Del Capo di Leuca. *Boll. D. S. G. It.*, vol. XX, p. 646, tav. XIII, fig. 1.
- Mazzoni M., Anastasio, S., 2008. Quando le stelle erano più lontane dell'Himalaya. *Accademia dei Fisiocritici*, Siena, pp. 1-47.
- Parona, C.F., 1900. Sopra alcune rudiste senoniane dell'Appennino meridionale. *Accademia Reale delle Scienze di Torino*, pp. 1-22, tavv. 3.
- Parona, C.F., 1903. Trattato di geologia con particolare riguardo alla geologia d'Italia. F. Vallardi, Milano, pp. 1-730, tavv. 20.
- Parona, C.F., 1908. Notizie sulla fauna a rudiste della pietra di Subiaco nella Valle dell'Aniene. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, vol. XXVII, (3), pp. 299-311.
- Parona, C.F., 1909. La fauna coralligena del Cretaceo dei monti d'Ocre. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, 5: 3-235.
- Parona, C.F., 1913. La Tripolitania settentrionale, voll. I e II. Tip. Naz. Bertero, Roma.
- Parona, C.F., 1918. Prospetto delle varie facies e loro successioni nei calcari a rudiste dell'Appennino. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, pp. 1-12.
- Parona, C.F., 1922. Caratteri ed aspetti geologici del Piemonte. S. Lattes e C., Torino, pp. 1-128.
- Parona, C.F., 1927a. Faunette triassiche del Caracorùm e degli altopiani tibetani. In: Spedizione Italiana De Filippi nell'Himalaya, Caracorùm e Turchestàn cinese (1913-1914). N. Zanichelli, Bologna, serie 2, vol. VI, pp. 1-40, tavv. 7.
- Parona, C.F., 1927b. Faune cretatiche del Caracorùm e degli altopiani tibetani. In: Spedizione Italiana De Filippi nell'Himalaya, Caracorùm e Turchestàn cinese (1913-1914). N. Zanichelli, Bologna, serie 2, vol. VI, pp. 103-147, tavv. 5.
- Parona, C.F., 1933. Di alcune rudiste della Tripolitania. *Bollettino del Regio Ufficio Geologico*, vol. LVIII.
- Parona, C.F., 1935a. Il Piemonte e i suoi paesaggi. G.B. Paravia e C., Torino, pp. 1-169.
- Parona, C.F., 1935b. Di alcune rudiste dello Zardèh Kuh in Persia. *Accademia Reale delle Scienze di Torino*, pp. 1-17, tav. 1.
- Sacco, F., 1930. Carlo Fabrizio Parona. *Accademia Reale delle Scienze di Torino*, pp. 1-16.
- Sacco, F., 1939. Carlo Fabrizio Parona. *Accademia Reale delle Scienze di Torino*, pp. 1-28.



## ATTIVITÀ DIDATTICHE DEL MUSEO

Ufficio Comune (lunedì-sabato ore 9-13.30):

tel. 06 9584098/9574952; fax 06 9584025

*siti web:* roccadicave@provincia.roma.it / [www.hipparcos.it](http://www.hipparcos.it)

*mail:* hipparcos.cds@tiscali.it

**Orari di apertura:** *Pubblico:* sabato e domenica: 10.00 - 13.00 e 16.00 - 19.00

*Scuole e gruppi:* martedì e venerdì su prenotazione (per scuole e gruppi superiori alle 20 unità). Costi: euro 4-5 (per tipologia di attività).

*Note:* Le attività si svolgono durante l'intero periodo scolastico. Attività previste: Visita al museo; Laboratorio; Percorso esterno; Intervento in classe: su richiesta.

■ **SCUOLE PRIMARIE - Alla scoperta delle rocce e dei fossili.**

Età: 8-10 anni; classi: 3-4-5; durata attività: 3 ore; costi: 4 euro.

*Obiettivi didattici:* Introduzione all'osservazione del territorio della regione, l'orientamento geografico, il riconoscimento delle rocce e dei fossili.

■ **SCUOLE MEDIE - La storia del Lazio raccontata dalle rocce e dai fossili.**

Età: 10-13 anni; durata: 3 ore; costi: 4 euro.

*Obiettivi didattici:* Introduzione all'osservazione del territorio della regione, l'orientamento geografico, il riconoscimento delle rocce e dei fossili, le fasi dell'evoluzione dell'Appennino.

■ **SCUOLE MEDIE SUPERIORI - Sulle sponde di un altro mare: l'evoluzione geologica dell'Appennino centrale.**

Età: 14-18 anni; durata: 3 ore; costi: 4 euro.

*Obiettivi didattici:* Introduzione all'osservazione del territorio della regione, il riconoscimento delle rocce e dei fossili, le principali fasi dell'evoluzione e della strutturazione della catena appenninica, la nascita del Mar Tirreno e dei vulcani laziali.

### MODULO DIDATTICO "ESPLORIAMO IL CIELO"

**Laboratorio:** Serata astronomica (o Planetario didattico, sostitutivo per cause meteorologiche o su richiesta); durata: 150'-180'; costi: 5 euro.

**Attività previste:** Visita al museo; Seminario; Osservazione astronomica; Planetario (opzionale); Percorso esterno.

*Obiettivi didattici:* Favorire l'acquisizione delle conoscenze di base dell'Astronomia.



# Tyche. Il Rover su Marte. La cometa 9P/Tempel. Saturno ed Enceladus.

a cura di Maurizio Chirri

## Tyche: un possibile nuovo pianeta ai confini estremi del Sistema

Alcune anomalie nei parametri orbitali di un pianetino della Fascia di Keuper (KBO), il “plutino” Sedna, starebbero a indicare la presenza di un corpo massiccio situato nella cosiddetta Nube di Oort (fig. 1), in grado di catapultare verso la zona interna del Sistema alcuni dei *cometesimi* che popolano la lontanis-

sima nube. Proprio l’elevata eccentricità (0,85) dell’orbita di Sedna, un pianetino di dimensioni simili a Plutone, con 1800 km di diametro, indicherebbe che un oggetto massiccio è presente ad almeno 500 volte la distanza di Nettuno, ovvero circa 15 000 U.A. Ma in questo caso non si tratterebbe di *Nemesis*, la nana bruna, a lungo cercata dagli astronomi, possibile compagna minore del Sole, bensì di un pianeta (fig. 1).

La massa e le dimensioni di questo ipotetico oggetto, calcolate sulla base degli effetti prodotti, sarebbero tipici dei “giganti gassosi”. La massa di Tyche è stata ipotizzata 4 volte quella di Giove, con un diametro leggermente maggiore rispetto al gigante del Sistema. Il pianeta compirebbe l’orbita in circa 1,5 milioni di anni. Gli autori dell’ipotesi, gli astronomi John Matese e Daniel Whitmire (University of Louisiana), si ripropongono di esaminare la mole di dati raccolta dal satellite WISE (acronimo per Wide-field Infrared Survey Explorer),

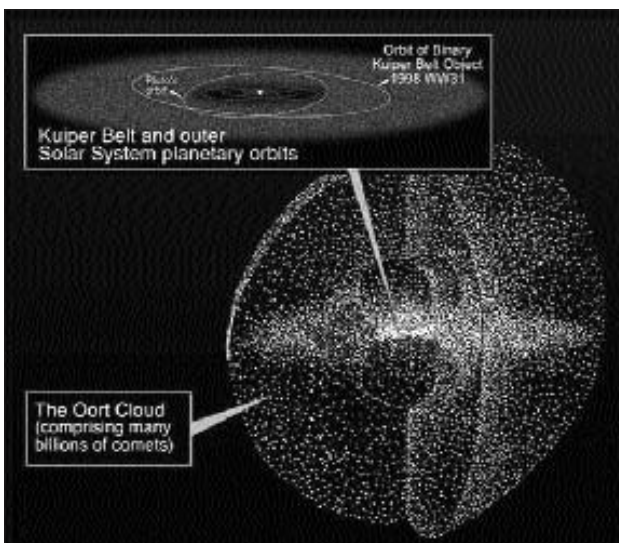


Figura 1 - La nube di Oort, comparata con le dimensioni del Sistema solare, NASA JPL



Figura 2 - Ricostruzione pittorica di Tyche comparata con le dimensioni di Giove

il telescopio spaziale della NASA per l'osservazione nell'infrarosso. In effetti l'ipotetico pianeta, sarebbe così freddo, circa 50 K (-223 °C), da emettere ben poca radiazione su tutto lo spettro, e la luce solare vi giungerebbe circa 25 mila volte più debole rispetto a Nettuno. La traccia del pianeta sarebbe identificabile proprio nell'infrarosso, la banda spettrale esaminata dal telescopio della Nasa. Una precedente ricerca effettuata da J. Matese utilizzando i dati del satellite IRAS (acronimo per Infra Red Astronomical Satellite), operativo nel 1983, ha avuto esito negativo, contribuendo a determinare proprio i limiti superiori di distanza e massa dell'oggetto ricercato. La scelta del nome Tyche, collegata alla mitologia classica, si riferisce alla dea greca della "Fortuna", e indica insieme il caso e la sorte favorevole.

## Marte: rover *Opportunity*, diario di un esploratore

Il rover giunto su Marte il 24 gennaio 2004 (tre settimane dopo il gemello *Spirit*), ha compiuto all'inizio del 2011 il settimo anno di attività esplorativa.

La sua vita operativa fu originariamente prevista dai tecnici del Jet Propulsion Laboratory (JPL) in 90 giorni. Dopo aver compiuto un percorso di oltre 25

km, si trova attualmente sul bordo sud-orientale di un cratere da impatto di 90 metri diametro, denominato Santa Maria (figg. 3-4), a circa 7 km dalla successiva tappa: il grande cratere Endeavour, di circa 20 km di ampiezza. L'inte-



Figura 3 - La camera panoramica del rover mostra da ovest l'interno del cratere Santa Maria, riempito da dune di sabbie eoliche, indizio di una formazione non recente. NASA 2011

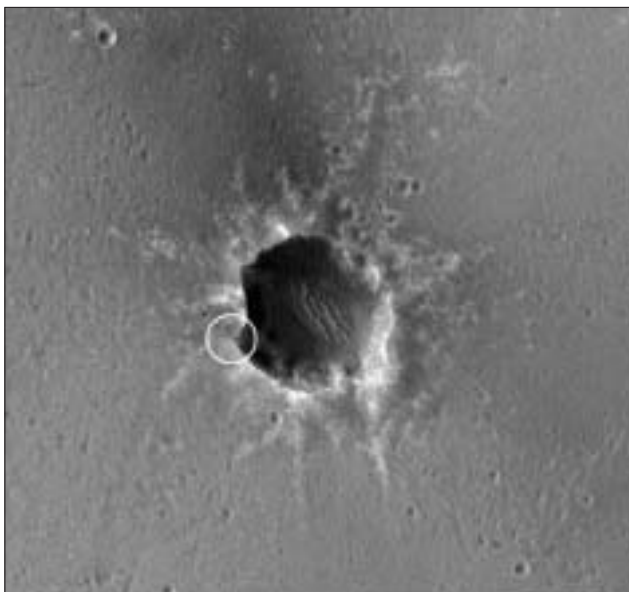
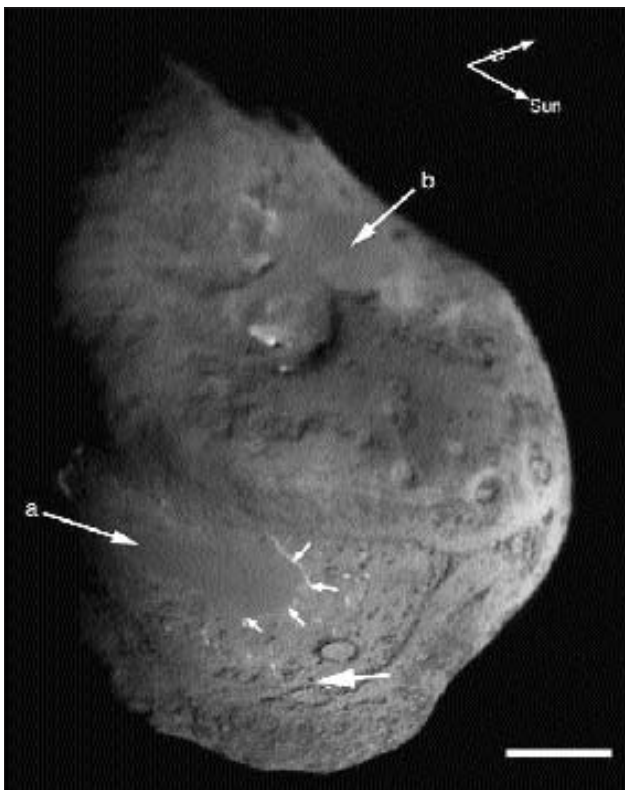


Figura 4 - Area del cratere di S. Maria; il cerchio indica la posizione del rover che studia l'interno del cratere. MRO Mars Reconnaissance Orbiter. NASA 2011

ra regione mostra significative proprietà mineralogiche, identificate dallo spettrometro di bordo della sonda *Mars Reconnaissance Orbiter* (MRO).

Nell'area è stata riconosciuta nel regolite la presenza di fillosilicati e solfati idrati. Tali minerali sono indicativi di un ambiente di formazione con la presenza di acqua liquida.

Figura 5 - Fotomosaico di 9P/Tempel, ripreso dalla sonda. La freccia in basso indica l'area modificata dall'impatto del 2005. NASA 2011



## Incontro con la cometa: 9P/Tempel raggiunta dalla sonda STARDUST

La sonda interplanetaria STARDUST ha raggiunto, il 14 febbraio, la cometa Tempel 1, effettuando un *fly by* (sorvolo ravvicinato) a 178 km di distanza. La cometa 9P/Tempel, scoperta nel 1862 dall'astronomo Tempel (noto per gli studi sui corpi minori), risulta il primo fra i cosiddetti "corpi minori" del Sistema ad avere ricevuto la



visita di due sonde. Infatti nel 2005 era stata raggiunta dalla sonda DEEP IMPACT, una missione NASA dedicata allo studio della composizione mineralogica delle comete di "corto periodo". Le dimensioni dell'oggetto, 14x4x4 km, ne fanno una vera e propria "patata" spaziale; il periodo orbitale è di circa 5 anni e la sua orbita è compresa fra quelle di Marte e di Giove (perielio 1,5 U.A., afelio 4,7 U.A.): appartiene infatti alla cosiddetta "famiglia cometaria di Giove". Lo studio della dinamica e della composizione di questi corpi è un obiettivo importante della planetologia. Infatti l'attivazione di getti cometari al perielio, ed eventuali perturbazioni orbitali prodotte da Giove all'afelio, possono causare frequenti modifiche dei parametri orbitali, rendendo questi oggetti potenzialmente pericolosi anche per l'orbita terrestre. Quando raggiunse la cometa, il 4 luglio 2005, la sonda DEEP IMPACT rilasciò una massa di 350 kg che colpì la superficie della Tempel, causando la formazione di un cratere con un diametro di 200 metri e profondo circa 30 (fig. 5). Scopo della missione era l'analisi spettroscopica del materiale diffuso dall'impatto, che evidenziò la presenza di silicati, carbonati, solfuri metallici e idrocarburi policiclici, determinando quindi la composizione di un oggetto di tipo "primordiale". La STARDUST ha effettuato riprese fotografiche dell'area dell'impatto e del cratere artificiale. Per compiere questa missione la sonda è sta-

ta riattivata, con il nome STARDUST-NEXT (*STARDUST New Exploration of Tempel*). Aveva infatti già compiuto, nel gennaio del 2004, l'incontro con la cometa Wild 2, di cui con successo aveva raccolto campioni delle polveri cometarie, catturate grazie a una delle due superfici di un dispositivo costituito da un disco di uno speciale gel. L'altra superficie ha raccolto invece polveri interstellari. Quando la sonda si è trovata nuovamente in prossimità della Terra, il 15 gennaio del 2006 il dispositivo si è staccato ed è ritornato con un modulo di rientro, toccando il suolo in una regione dello Utah (USA), permettendo il recupero diretto delle preziosissime polveri.

### Saturno: la luna Enceladus e i vulcani di ghiaccio

La sonda Cassini, giunta al settimo anno di operatività (vedi "I quaderni"

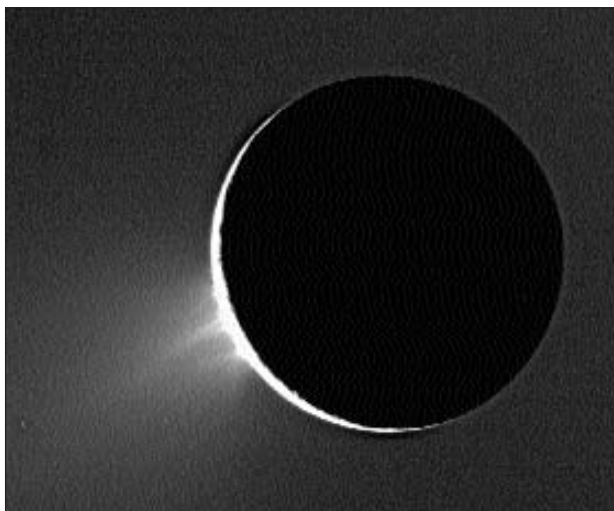


Figura 6 - Ripresa dei geyser criovulcanici di Encelado, NASA 2011



Figura 7 – Blocco-diagramma della crosta ghiacciata e del sottostante mantello parzialmente fuso, che alimenta “camere magmatiche” di acqua liquida all’origine dei geysers



n° 1, p. 64) continua il programma di esplorazione delle lune di Saturno. Nel mirino, fra gli altri, *Enceladus*, il secondo satellite, scoperto da W. Herschel nel 1789, con un diametro di circa 500 km e una densità di 1,6 g/cm<sup>3</sup>.

La luna fu raggiunta per la prima volta dalle sonde Voyager I e II, rispettivamente nel dicembre del 1980 e nell'agosto del 1981.

Il *fly-by* ravvicinato di Voyager II mise in evidenza una impressionante varietà di formazioni geologiche, comprese aree di recente formazione. In effetti Enceladus, insieme a Io (Giove) e Tritone (Nettuno), è uno dei tre satelliti nel Sistema dove è attivo un intenso ed esteso vulcanismo (fig. 6). In questo caso si tratta del cosiddetto *criovulcanismo*, le cui temperature di emissione oscillano fra -30 e 0 °C, contribuendo così a spiegare le anomalie termiche di alcune regioni. L'anomalia sud-polare, per esempio, arriva a circa 160 K (-110 °C), un valore decisamente elevato rispetto alla media superficiale di 70 K. L'ultimo sorvolo ravvicinato, del 20 feb-

braio 2011, è il 24° della missione Cassini rivolto a Enceladus, con l'obiettivo di riprendere le zone attive della regione polare meridionale.

La straordinaria attività vulcanica della piccola luna è causata da un peculiare tipo di riscaldamento esogeno. Infatti l'oggetto di modesto diametro, che non dispone quindi di risorse interne sufficienti, subisce gli effetti indotti dalla "risonanza" 2:1, che esprime il rapporto fra il suo periodo orbitale e quello della luna più esterna, Dione.

Il fenomeno, simile a quello attivo su Io, nel sistema di Giove, determina un ripetuto sollevamento e abbassamento della crosta, e questa imponente deformazione meccanica indotta si dissipa in calore, permettendo il riscaldamento planetario (fig. 7).

È lecito supporre che, sotto la crosta ghiacciata, potrebbero esistere ampi volumi del mantello allo stato fluido o semifluido, forse un oceano d'acqua, che rende Enceladus un obiettivo delle ricerche astrobiologiche (come già Europa, satellite di Giove).

# 12 Aprile 1961: l'alba dell'avventura

Paolo D'Angelo



Figura 1 - Yuri Alekseyevich Gagarin

Alle ore 10:00 locali del mattino di mercoledì 12 aprile del 1961, Radio Mosca annunciò al mondo che un uomo, il maggiore sovietico Yuri Alekseyevich Gagarin, di 27 anni, era stato lanciato nello spazio. Poche laconiche parole, quelle dello speaker Yuri Levitan, che ebbero però un effetto dirompente in ogni angolo del pianeta. Iniziava così, quel giorno, l'avventura umana alla conquista dello spazio. Sono passati esattamente 50 anni ma il ricordo di quel volo durato solamente 1 ora e 48 minuti resta scolpito nella Storia. Per la prima volta un uomo si avventurava

nel spazio, sfidando l'incognita di un nuovo ambiente ostile e dando contemporaneamente agli abitanti della Terra la sensazione che l'intera Umanità da quel momento sarebbe diventata "cosmica".

È difficile per un giornalista oggi descrivere l'avvenimento al di là della pura cronaca di quanto successe quel giorno. Ci sono momenti nei quali l'emozione prevarica il fatto e pone l'Uomo un passo più avanti. Quel mattino del 12 aprile 1961 ogni abitante della Terra, apprendendo la notizia del lancio del primo cosmonauta della Storia, capì che dal quel momento l'Uomo era andato avanti nel suo percorso di civilizzazio-

**Paolo D'Angelo:** giornalista scientifico

ne e di coscienza universale. Un uomo era uscito per la prima volta dalla sua "culla" e come per ogni grande evento storico ognuno, ancora oggi, ricorda dove era esattamente e cosa stesse facendo quando ne apprese la notizia.

La semplice cronaca di quei giorni racconta invece di un crescendo di voci che davano per imminente un sensazionale lancio spaziale da parte dell'URSS (*Unione delle Repubbliche Socialiste Sovietiche*). Già il 10 aprile alcuni quotidiani italiani indicavano per prossimo un lancio umano da parte dell'URSS. All'origine di questa notizia trapelata in occidente, c'era un giornalista britannico corrispondente da Mosca che, essendo amico di alcuni dirigenti dell'Accademia delle Scienze, aveva avuto questa "soffiata".

Pochi, però, erano al corrente che quello stesso giorno tre uomini, tre cosmonauti, erano in piedi davanti ad una commissione in attesa di un verdetto che avrebbe cambiato la loro vita. I tre erano Yuri Gagarin, German Titov e Grigori Nelyubov che insieme ad altri 17 erano stati selezionati già nel febbraio dell'anno 1960 per compiere un'impresa inseguita anche dagli Stati Uniti d'America: mettere un uomo in orbita intorno alla Terra. La scelta cadde su Gagarin e tra le varie motivazioni ci fu anche il fatto di essere figlio di un semplice operaio, emblema del socialismo di allora. Titov, scelto come sua prima riserva, era invece figlio di un maestro elementare, appartenente quindi ad una classe più agiata. Gagarin doveva, oltre che sfidare per primo lo spazio,



Figura 2 - Prima pagina di un quotidiano statunitense del 12 aprile 1961





Figura 3 - Gli ultimi controlli sulla navicella Vostok prima del lancio

rappresentare l'eroe sovietico per eccellenza: di umili origini, lavoratore instancabile e soprattutto devoto alla Madre Patria Russa.

Il cosmonauta, insieme alle sue riserve, terminò le ultime fasi dell'addestramento presso la base spaziale di Baykonur, nella regione del Kazakistan, in attesa del lancio previsto intorno alle ore 11:00 locali (le 9:00 a Mosca) del 12 aprile. Artefice di questo volo, come di tutti i successi ottenuti nello spazio dai russi fin dal 1957, fu il costruttore capo Sergei Korolev. La mattina del 12 aprile fu lo stesso Korolev a svegliare Gagarin e Titov che dormivano in una piccola dacia poco lontano dal centro di controllo. Dopo la vestizione i due cosmonauti salirono su un bus che in mezz'ora li portò ai piedi della rampa di lancio numero 1, dove il giorno prima era stato eret-

to il vettore Semiorka (conosciuto in occidente come R-7). Lo stesso razzo aveva messo in orbita 4 anni prima anche il primo satellite della storia: lo Sputnik. Alle 9:10 Yuri Gagarin era seduto all'interno della capsula e alcuni problemi circa la perfetta chiusura del portellone ritardarono i controlli finali. Quando tutto fu finalmente risolto, alle 11:07 il razzo si staccò dalla rampa. "Poyekhali!" che tradotto dal russo significa "siamo partiti!" furono le prime parole pronunciate dal cosmonauta subito dopo il decollo. Alle 11:21 arrivò a Terra il segnale che la capsula chiamata Vostok ("oriente" in lingua russa) con il suo prezioso carico umano era entrata in orbita con una inclinazione di 65,07° rispetto al piano equatoriale. All'interno della Vostok (annunciata senza il numero per non far capire in occidente che fosse l'i-

nizio di un nuovo programma) Gagarin era in contatto con la Terra e trasmetteva le sue sensazioni e ciò che riusciva a scorgere dal piccolo oblò posto sopra la sua testa. Rimarranno nella storia le sue famose parole: «vedo la Terra azzurra». Nel frattempo, come detto, Radio Mosca annunciava l'evento quando ancora il cosmonauta era in orbita. Nell'Unione Sovietica ci fu il tripudio ma la notizia, corredata con le prime foto del giovane sorridente, finirono su tutti i giornali del mondo usciti in edizione straordinaria. La foto di Gagarin diffusa dall'agenzia di stampa russa TASS campeggiava sui quotidiani e suscitò, in ogni parte della Terra, simpatia e ammirazione. La notizia non fu appresa da parte americana con "terrore", come successe per lo Sputnik nell'ottobre del 1957. Questa volta in orbita era un uomo e non una macchina con chissà quali potenziali armamenti come si credette allora. L'uomo aveva una faccia semplice e pulita e questa fu un'ulteriore mossa vincente, almeno sotto il profilo propagandistico, voluta dall'allora premier russo Nikita Kruscev. Gagarin intanto, finita la sua unica orbita, si apprestò al rientro.

Una sola orbita, un solo giro intorno al nostro pianeta segnò l'inizio della storia dei voli spaziali umani. Un volo durato 108 minuti a un'altezza massima di 302 chilometri. Gagarin al rientro, avvenuto alle 10:55 di Mosca nel deserto della regione di Saratov, fu accolto festosamente da contadini che accorsero in suo aiuto. Le prime persone ad avvicinarsi a quell'insolito uomo che, in tuta arancione, scendeva dal cielo appeso a un paracadute, fu un'anziana insieme alla sua nipotina. Gagarin dovette faticare

non poco per tranquillizzarle e spiegarle chi fosse e soprattutto da dove venisse. Altrettanti festeggiamenti furono tributati al cosmonauta due giorni dopo sulla Piazza Rossa di Mosca, dove tutto il Politburo, schierato con Kruscev in testa, lo accolse come il figlio della patria insignendolo del titolo dell'Ordine di Lenin, ossia Eroe dell'Unione Sovietica, una delle più alte onorificenze. Il premier sovietico lo presentò al mondo come il prototipo dell'eroe russo che per primo, con coraggio, aveva sfidato l'ignoto, portando a termine una missione perfetta.

Solo oggi sappiamo invece che il cosmonauta russo rischiò di diventare il primo martire della conquista dello spazio. Nelle fasi di rientro nell'atmosfera il modulo di servizio non si distaccò completamente dalla sfera abitata da Gagarin. Fortunatamente l'intenso calore generato dall'attrito bruciò i cavi che tenevano ancora agganciati i due moduli ed il viaggio si concluse come previsto con l'atterraggio nelle campagne presso la città di Saratov.

Altra omissione taciuta dalle autorità sovietiche, per anni, fu quella riguardante il fatto che il cosmonauta si eiettò dalla capsula quando era ancora a circa 7.000 metri di quota atterrando con il proprio paracadute. Questa uscita prematura dalla navicella avrebbe invalidato agli occhi della Federazione Internazionale di Astronautica (IAF) il volo, non classificandolo come un completo volo spaziale. Per la IAF si intende volo spaziale umano quando il pilota parte e rientra all'interno della capsula. L'emozione nel mondo però era tanta e ancora oggi si dubita che la Federazione avrebbe potuto non riconoscere un'impresa

così eroica come fu quella del cosmonauta russo. Perché Yuri Gagarin è stato davvero un eroe della nostra epoca. Con il suo coraggio ha sfidato per primo l'ignoto. Oggi andare nello spazio è "relativamente semplice" o almeno ogni astronauta sa a cosa va incontro e conosce le sensazioni che lo attendono. Per Gagarin non fu così. Al tempo, nonostante fossero stati inviati nello spazio animali di ogni sorta, i medici non sapevano quale reazione avrebbe avuto il corpo umano soprattutto a livello cerebrale. Tra le varie ipotesi si pensava anche alla possibilità che un uomo nello spazio potesse impazzire e quindi non essere in grado di governare la capsula.

Per questo motivo Gagarin, all'interno della sua Vostok, non aveva specifici compiti di guida ma doveva solo autocontrollarsi per capire ogni tipo di reazione alla quale andava incontro nel nuovo ambiente. Tutte le operazioni che la capsula doveva svolgere in orbita venivano gestite dal centro di controllo di Terra.

Fin qui la cronaca di quello storico volo compiuto il 12 aprile 1961. Si tornò a parlare di Yuri Gagarin il 27 marzo del 1968, quando l'eroe sovietico morì tragicamente insieme a un altro esperto pilota collaudatore in un incidente aereo che ancora oggi resta incomprensibile nella sua dinamica.

## Astronautica e filatelia (a cura di Maurizio Chirri)

L'URSS celebrò il volo di Yuri Gagarin nel 1961, con l'emissione di tre francobolli commemorativi. Il valore di 3 copechi porta il ritratto di Gagarin; mentre il 10 copechi ricorda la data dello storico evento. Il 6 copechi è in due parti: nella parte superiore compaiono alcuni simboli delle ricerche spaziali (tra i quali il satellite *Sputnik* e la *Vostok*), edifici civili e scientifici (il Cremlino, radiotelescopi, osservatori) e due scritte: "L'uomo della nazione dei soviet nello spazio" (in alto) e "Gloria alla scienza e alla tecnica sovietica" (nella



scia del missile). Nella parte inferiore del francobollo una frase del premier russo: "Il nostro popolo per primo ha aperto il cammino verso il socialismo. Lui, penetrando nello spazio, ha aperto una nuova era di sviluppo scientifico. N. S. Chrushev".



Le Poste Italiane hanno ricordato il 50° anniversario del primo volo umano nello spazio con la pubblicazione di un francobollo su Gagarin. Il francobollo è stato emesso nel 2011 e ha un valore di 0,75 euro. Nell'immagine compare in primo piano il volto di Yuri (o Jurij) Gagarin, in secondo piano l'astronave Vostok 1 sull'orizzonte della Terra e, nello sfondo, il Sistema solare.

# Stelle variabili: *RS Ophiuchi*

Marco Vincenzi

La stella di cui ci occupiamo è *RS Ophiuchi*, una variabile classificata come variabile cataclismica, e appartenente al sottogruppo delle *novae ricorrenti*.

Questa categoria di stelle presenta dei caratteri distintivi che sono un po' a mezza strada tra quelli tipici di una nova classica e quelli di una nova nana. In particolare, le *novae ricorrenti* variano la loro luminosità in un range che va dalle 4 alle 9 magnitudini, su tempi-scala che spaziano dai 10 ai 100 anni.

*RS Oph*, tipicamente, varia, nella banda visuale, da una magnitudine minima di circa 12,5 a una massima, nei periodi di *outburst* di circa 4,8 rendendosi così visibile anche a occhio nudo.

La stella, osservata da oltre un secolo, ha mostrato soltanto cinque esplosioni che si sono succedute con frequenza

irregolare. Gli aumenti improvvisi di splendore di questo oggetto sono stati registrati a partire dal 1898, con successive repliche negli anni 1933, 1958, 1967 e 1985, mentre gli studi su di essa sono stati intrapresi con una certa regolarità a partire dal 1918; da quel momento, sono state raccolte circa 34.000 osservazioni, condotte per lo più da astrofili e consultabili presso il database internazionale dell'AAVSO (*American Association of Variable Star Observers*). In particolare, l'evento del 1933 fu scoperto casualmente da un osservatore italiano, Eppe Loreta, che lavorava da Bologna, e che quella sera, mentre osservava un'altra variabile (*Y Oph*), si accorse dell'aumentata luminosità della nostra. Durante e immediatamente dopo la fase esplosiva, mentre la stella sta lentamente ritornando alla fase di quiete, anche il suo colore varia, virando violentemente verso il rosso, sintomo questo dell'enorme emissione di energia che avviene in corrispondenza della riga alfa dell'idrogeno.

Marco Vincenzi: Gruppo Astrofili Hipparcos - Sezione Variabili. Membro AAVSO



## Le fasi dell'esplosione

Una tipica esplosione di *RS Oph*, mostra un rapidissimo aumento di luminosità dal minimo fino alla quinta magnitudine circa nell'arco di circa 24 ore. Dopo il parossismo esplosivo, il ritorno verso la fase quiescente avviene

Figura 1 - Rappresentazione artistica della costellazione di Ofiuco



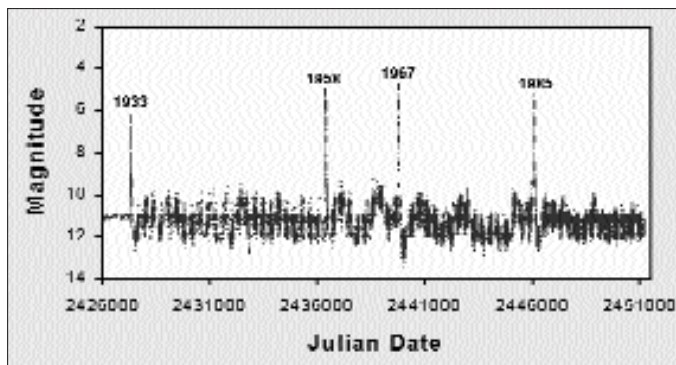
Figura 2 - Curva di luce di RS Oph

in tre fasi ben distinte: una prima fase di veloce caduta di luminosità e che dura mediamente intorno ai 40 giorni, e nella quale la luminosità diminuisce di circa 0,1 magnitudini al giorno; una seconda fase di declino più lenta, sempre di durata media intorno ai 40 giorni, e nella quale la luminosità diminuisce di circa 0,02 magnitudini al giorno; infine, una terza fase che dura anch'essa circa 40 giorni, nella quale la luminosità diminuisce di circa 0,05 magnitudini al giorno.

La durata quindi complessiva del fenomeno, dall'accensione improvvisa della stella fino al momento in cui questa torna al suo stato di quiescenza, dura all'incirca 120 giorni. Altri fenomeni che si osservano una volta che la variabile è ritornata al minimo, sono una tendenza di nuovo a ritornare verso la nona magnitudine dopo circa 700 giorni dal massimo e un'oscillazione che si attesta tra 1 e 3 magnitudini e che non sembra mostrare alcun segno di periodicità.

### Osservazioni recenti

L'ultimo episodio esplosivo registrato è stato quello del 1985, e in quella occasione la comunità astronomica internazionale non si è lasciata sfuggire l'occasione per osservare questa variabile in tutte le lunghezze d'onda investigabili. Si è così potuto far luce su alcuni aspetti peculiari dal punto di vista astrofisico, che caratterizzano questa interes-



sante categoria di oggetti, che, al momento attuale, conta soltanto sette rappresentanti classificati con certezza.

### RS Oph e gli astrofili

Il contributo degli astrofili nel monitoraggio e nel successivo studio dell'attività delle variabili cataclismiche e in particolare delle novae ricorrenti può essere determinante.

Con una strumentazione anche abbastanza semplice, e seguendo delle metodologie standard ormai collaudatissime, è possibile tenere sotto controllo questo tipo di oggetti, comunicando a organizzazioni internazionali, come la già citata AAVSO, qualunque accenno di risveglio si dovesse riscontrare nel comportamento di questa interessantissima categoria di oggetti.

### Bibliografia

- AA. VV., 1995. AAVSO Monograph #7: RS Ophiuchi 1890.  
 AA. VV. AAVSO Charts for 1744-06 RS Oph.  
 Bode, M.F. (ed.), 1987. RS Ophiuchi and the Recurrent Nova Phenomenon. *VNU Science P*, Utrecht.  
 Hack, M., la Dous C. (eds), 1993. Cataclysmic Variables and Related Objects. *NASA Scientific and Technical Information Branch*, Washington D.C.

# Una veloce visita alle lune dei pianeti esterni

Sergio Alessandrelli

L'introduzione delle tecnologie digitali, in particolare dei personal computer e dei dispositivi di ripresa elettronica basati su sensori CCD/CMOS, ha apportato negli ultimi dieci anni una vera rivoluzione nell'astronomia amatoriale.

Oggi, con mezzi tutto sommato economici, è possibile ottenere risultati di notevole valore sia dal punto di vista scientifico che dal punto di vista estetico, per chi si diletta nella ripresa fotografica degli oggetti celesti: risultati fino a poco tempo fa appannaggio delle strutture professionali, in grado di operare con strumentazione di elevato valore tecnologico ed economico.

Dal punto di vista fotografico, l'astrofilo ottiene immagini sorprendenti.

Più di una volta vedendo foto di Giove, di Marte o di qualche cratere lunare,

pubblicate su riviste del settore, o sullo schermo del PC a casa di amici, mi è capitato di domandarmi se non fossero immagini riprese da qualche sonda e di ripensare alle vecchie foto sgranate, su pellicole bianco e nero, di osservatori anche professionali come quello mitico del Pic du Midi, nei Pirenei francesi. Accade anche che degli astrofili riescano a scoprire, riprendendolo dal vivo, l'impatto di piccoli asteroidi con la densa atmosfera di Giove, a distan-

za di ormai quindici anni dagli spettacolari impatti che ebbero per protagonisti i frammenti della cometa Shoemaker-Levy 9.

Cosa occorre quindi per iniziare? Non molto, come già accennato, dal punto di vista strumentale (fig. 1): un telescopio di medio diametro tra i 20 e i 30 cm di apertura, a bassa ostruzione, perfettamente collimato, cui sia stato lasciato il tempo di stabilizzarsi termicamente con l'ambiente esterno; una camera di ripresa, che può essere una semplice webcam ovvero una appositamente progettata per l'*imaging* planetario (se la camera è in bianco e nero potremmo usare qualche filtro, per evidenziare

Sergio Alessandrelli: *Ingegnere informatico. Gruppo Astrofili Hipparcos*



Figura 1 - Tutto (o quasi) quello che occorre per iniziare

maggiormente alcuni dettagli superficiali o atmosferici); lenti di barlow per ingrandire l'immagine; ovviamente un computer con del software specifico di elaborazione (disponibile gratuitamente su Internet).

Quello poi che non si paga ma che è altrettanto fondamentale, è poter svolgere le nostre osservazioni da un sito caratterizzato da una bassa turbolenza atmosferica e il tempo libero dagli impegni lavorativi per poter apprendere e applicare le tecniche di elaborazione.

Su tutti questi aspetti torneremo nei prossimi numeri per specificare meglio cosa intendiamo e per introdurre le tecniche di ripresa, elaborazione e misura.

Nello spazio rimasto, presentiamo alcuni corpi che sono di rado oggetto della ripresa amatoriale, per via della loro esigua luminosità.

Stiamo parlando dei satelliti dei pianeti più esterni del Sistema Solare. Tempo fa avevo svolto una serie di riprese tramite il telescopio principale del Gruppo Astrofili Hipparcos, al fine di verificare le potenzialità in ambito planetario della telecamera ad alta sensibilità appena acquistata dall'associazione.

I risultati sono stati più che incoraggianti e anzi mi hanno fatto ripensare, con un po' di emozione, alle prime volte che con strumentazione ben più semplice riuscivamo a puntare i pianeti esterni aiutandoci con le coordinate e i cerchi graduati delle nostre montature equatoriali. Allora non pensavamo proprio ai satelliti di questi remoti mondi. Vediamo di

cosa stiamo parlando. Il Sistema solare viene suddiviso in interno, comprendente i corpi rocciosi fino a Marte, e in Sistema esterno, i cui corpi principali sono i pianeti Giove, Saturno Urano e Nettuno.

Come sappiamo, Plutone non viene più considerato un pianeta, in quanto la scoperta da parte degli astronomi di una grande quantità di corpi di dimensioni paragonabili, ha spinto la comunità scientifica a rivedere la definizione di pianeta, introducendo nuove classificazioni degli oggetti in base al diametro, all'orbita etc.

I quattro pianeti esterni a loro volta rappresentano dei piccoli sistemi planetari, essendo circondati da un folto numero di corpi di dimensioni e caratteristiche assai varie.

Questi satelliti sono in gran parte asteroidi o nuclei di comete catturati dai campi gravitazionali dei giganti gassosi. Altri sono dei veri e propri pianeti in miniatura più grandi della nostra Luna e a volte dotati di una propria atmosfera e di attività geologica.

Il numero totale di satelliti è di alcune decine (di Giove se ne conoscono oltre 60), ed il conteggio tende ad aumentare

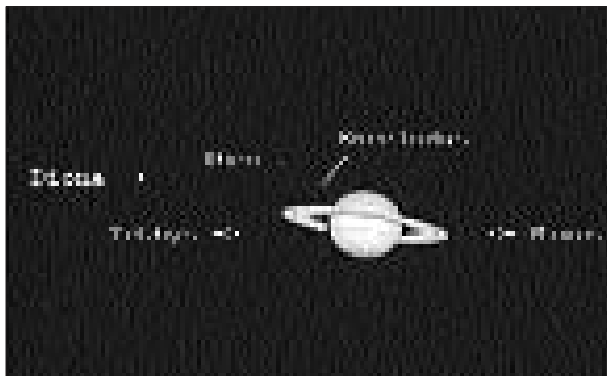


Figura 2 - Saturno e alcuni dei suoi satelliti



Figura 3 - Urano e i suoi principali satelliti

poiché nuove missioni spaziali o semplicemente la rielaborazione di vecchie foto possono portare alla scoperta di nuove lune.

Vediamo allora qualche risultato.

Il primo mondo su cui ci rechiamo è Saturno. Il gigante con gli anelli possiede

Nome	Raggio medio (Km)	Densità media (g/cm <sup>3</sup> )	Magnitudine V <sub>0</sub>
Titan	2574.73 ± 0.09	1.882 ± 0.001	8.4
Rhea	764.30 ± 1.10	1.233 ± 0.005	9.6
Dione	561.70 ± 0.45	1.476 ± 0.004	10.4
Tethys	533.00 ± 0.70	0.973 ± 0.004	10.2
Enceladus	252.10 ± 0.10	1.608 ± 0.003	11.8
Mimas	198.20 ± 0.25	1.150 ± 0.004	12.8

Nome	Raggio medio (Km)	Densità media (g/cm <sup>3</sup> )	Magnitudine V <sub>0</sub>
Ariel	578.9 ± 0.6	1.592 ± 0.092	13.70
Umbriel	584.7 ± 2.8	1.459 ± 0.092	14.47
Titania	788.9 ± 1.8	1.662 ± 0.038	13.49
Oberon	761.4 ± 2.6	1.559 ± 0.059	13.70
Miranda	235.8 ± 0.7	1.214 ± 0.109	15.79

de un grande satellite, Titano, di 5150 km di diametro e una densa atmosfera di azoto e idrocarburi (vedi articolo sul numero precedente della rivista, a pag. 64). Gli altri satelliti sono molto più piccoli: passiamo, infatti, dai circa 1500 km di Rea e Giapeto, ai pochi km della maggioranza degli altri (fig. 2). Questi evidentemente sono comete o asteroidi catturati.

Facciamo ora un salto di 19 UA (l'unità astronomica, ossia

la distanza media della Terra dal Sole, pari a  $1.5 \times 10^8$  km), verso Urano. Anche questo pianeta possiede una nutrita schiera di satelliti di cui siamo facilmente riusciti a riprendere i quattro principali (fig. 3).

Il quinto, Miranda, scoperto solo nel 1948, rappresenta un target decisamente più difficile per via della bassa luminosità e della vicinanza al pianeta (il raggio orbitale è di circa  $129 \times 10^3$  km con un periodo orbitale di circa 1,4 giorni). Urano lo sovrasta in luminosità di quasi 10 magnitudini. Tenteremo ancora la ripresa in condizioni geometriche più favorevoli.

Veniamo infine all'ultimo dei pianeti riconosciuti del sistema solare, ossia a Nettuno (fig. 4). Qui le cose si fanno dif-

Nome	Raggio medio (Km)	Densità media (g/cm <sup>3</sup> )	Magnitudine V <sub>0</sub>
Triton	1353.4 ± 0.9	2.059 ± 0.005	13.54
Nereid	170. ± 25	1.5	19.2R
Proteus	210. ± 7	1.3	19.75





Figura 4 - Nettuno e Tritone

ficili. Nettuno orbita a circa 30 UA, presentandosi come un dischetto azzurro di poco più di 2", con magnitudine massima vicina a otto. Di satelliti ne abbiamo solo uno alla portata di strumenti amatoriali medio piccoli, ossia Tritone. Questo è anzi tra i più grandi, e intrinsecamente luminosi, con un albedo di 0.76.

Qui si conclude questa breve introduzione alla ripresa fotografica dei pianeti e delle loro lune. Speriamo di aver creato in voi la curiosità su questi remoti (eppur astronomicamente vicinissimi) mondi e di poter approfondire a breve, da queste pagine, le metodologie di ripresa ed elaborazione.

### **Bibliografia**

- AA.VV., *Le missioni Voyager*, Le Scienze Editore s.p.a.  
 Biafore Francesco, *In viaggio nel sistema solare*, Gruppo B.  
 Guaita Cesare, *I giganti con gli anelli*, Gruppo B.  
 Moberley Martin, *Lunar and Planetary Webcam User's Guide*, Springer-Verlag.



## **MUSEO GEOPALEONTOLOGICO "ARDITO DESIO"**

GRUPPO ASTROFILI HIPPARCOS

### **LA ROCCA DELLE STELLE SERATE OSSERVATIVE ottobre 2011/marzo 2012**

Il programma prevede una breve conferenza introduttiva seguita dall'osservazione guidata della volta celeste a occhio nudo, al binocolo e al telescopio. Il calendario può subire delle modificazioni per imprevisti meteorologici: si consiglia di telefonare alcuni giorni prima al numero indicato per ogni serata. L'appuntamento è fissato alla Rocca Colonna. Le serate si svolgono a circa 1000 metri di quota, pertanto si consiglia un abbigliamento adeguato. Non serve prenotazione e il costo del biglietto è 5 euro.

#### **Sabato 22 ottobre 2011**

ore 21:00-23:30 info 06-5566271

#### **Sabato 19 novembre 2011**

ore 18:00-21:00 info 335-6575023

#### **Sabato 3 dicembre 2011 - Serata Luna**

ore 18:00-21:00 info 06-5566271

#### **Sabato 21 gennaio 2012**

ore 18:00-21:00 info 335-6575023

#### **Sabato 18 febbraio 2012 - Serata pianeti**

ore 18:00-21:00 info 06-5566271

#### **Sabato 17 marzo 2012 - Serata pianeti**

ore 18:30-21:30 info 335-6575023

#### **Sabato 31 marzo 2012 - Serata Luna e Saturno**

ore 21:00-23:30 info 06-5566271





# Luna, Giove e altri corpi celesti

a cura di Bruno Pulcinelli

Gruppo Astrofili Hipparcos - Sezione Gnomonica.  
Socio UAI

Il terrazzo alla sommità della Rocca Colonna ospita una stazione per l'osservazione della volta celeste, sia direttamente, sia utilizzando strumenti astronomici, con l'aiuto e la guida degli astronomi dell'Associazione Hipparcos. La strumentazione, che comprende un telescopio principale *Celestron C14* (diametro 360 mm, lunghezza focale 3950 mm), consente anche di ottenere splendide immagini degli oggetti celesti: prosegue quindi anche in questo numero de "I Quaderni" la serie di immagini astronomiche realizzate a Rocca di Cave.

## ***Nella pagina a fronte***

Figura 1 - La Luna di 12 giorni è un mosaico di 10 immagini realizzate al fuoco diretto del telescopio principale con una Canon EOS350D a 400 ISO, con tempi di posa di 1/500 s.

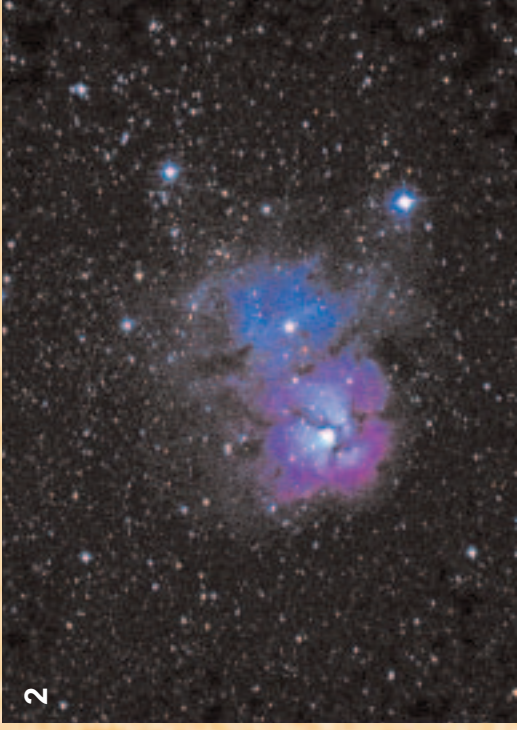
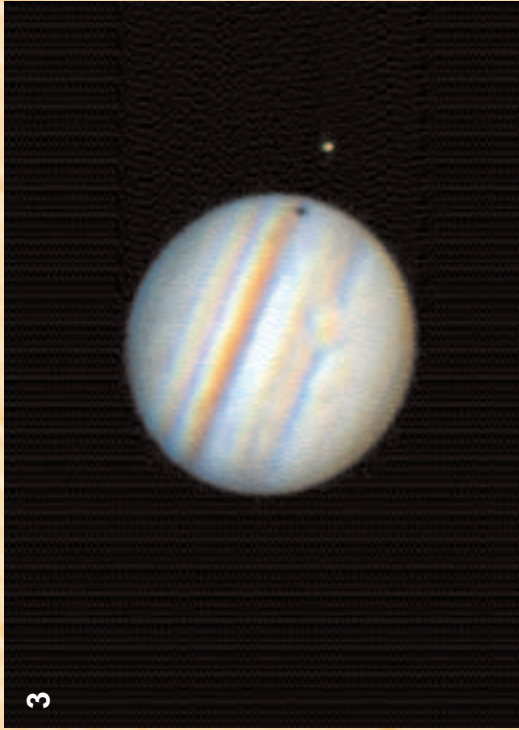
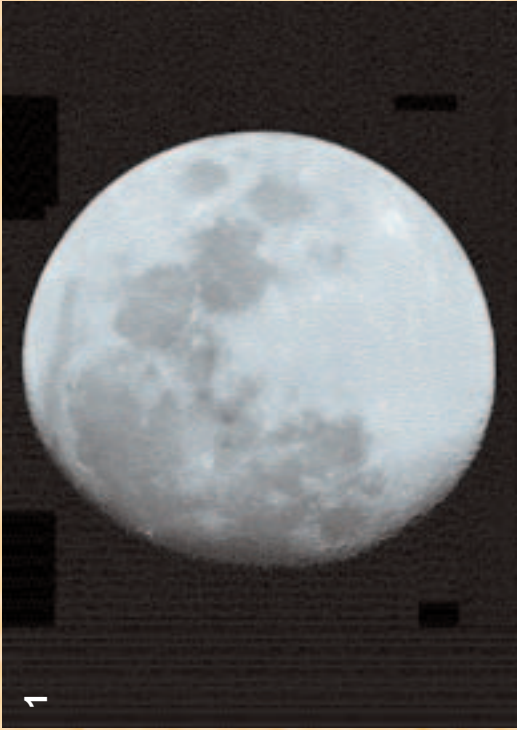
Figura 2 - La nebulosa *Trifida* (M20), "catturata" attraverso il riflettore-guida Schmidt-Cassegrain montato in parallelo allo strumento principale (diametro 80 mm, lunghezza focale 500 mm), somma di 3 pose da 8 minuti.

Figura 3 - Giove e il suo satellite Io, ripresi nell'agosto del 2008 mediante una webcam Philips SPC900C al fuoco diretto del telescopio principale C14: dal filmato ottenuto (in formato .avi) è stato effettuato uno *stacking* di 300 fotogrammi.

Figura 4 - La Luna al tramonto ripresa dalla torre della Rocca Colonna in direzione delle luci di Roma (Canon EOS350D con zoom 17-70 mm).

## ***Nell'ultima pagina di copertina***

Cespo di coralli fossili al momento del ritrovamento, lungo un taglio stradale che ha interessato la scogliera cenomaniana di Rocca di Cave, formatasi circa 100 milioni di anni fa. La larghezza del campione è di circa 40 centimetri.



Rocca di Cave  
Coralli fossili del Cretaceo

