

Alcune specie, come il trilobite *Angelina sedgwickii*, dell'Ordoviciano del Galles (figura 13), conosciuta solo in rocce metamorfiche di basso grado e molto deformate, è stata ricostruita grazie a complesse formule statistiche e sofisticati programmi. Anche se i processi tafonomici un senso stretto terminano con la diagenesi (e a volte anche con il metamorfismo), come conclusione

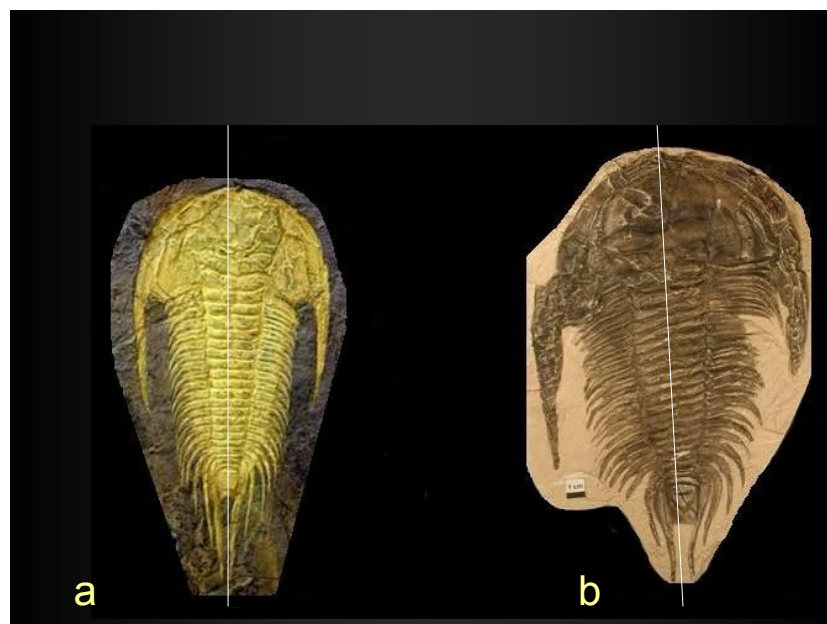


Figura 13 - Deformazione plastica di un trilobite (b) in una roccia debolmente metamorfica e confronto con una forma simile non deformata (a).

dei processi tafonomici, è bene ricordare che la storia della fossilizzazione degli organismi deve concludersi con la ricerca (quasi sempre paziente) e il ritrovamento (quasi sempre fortunato) dei loro resti fossili nonché la preparazione di questi per lo studio e per l'esposizione.

Calendario delle prossime attività 2006

- venerdì 6 ottobre: **Giancarlo Casarini e Franco Colombara**, soci del G.M.P.E.: *“Esperienza di ricerca in Patagonia”*
- venerdì 3 novembre: è rimandata la conferenza di **Giuseppe Sanco** su *“Il diamante”* a causa della concomitante Mostra mineralogica a Monaco.
- venerdì 11 dicembre: serata degli auguri e castagnata

Le riunioni si effettuano presso la sala U. Baro della sede del Quartiere 3 Brenta – Venezia – Forcellini – Camin in via S. Marco 300 a Ponte di Brenta. Le conferenze hanno inizio alle ore 21 e normalmente finiscono entro le 23.

Stiamo organizzando la cena di fine anno, daremo al più presto data e luogo d'incontro. L'organizzatore Gianni Segala raccoglierà le adesioni.

GRUPPO MINERALOGICO PALEONTOLOGICO EUGANEO

c/o Presidenza via Gonzati, 12 - 35127 Padova. Informazioni 340 3927235
 Riunioni: il primo venerdì del mese, ore 21 presso il Quartiere 3 “Est”, Via S. Marco, 300 - Padova
 e-mail del GMPE: gmpe@gmpe.it

GRUPPO MINERALOGICO EUGANEO

Via S. Marco, 300 - 35129 Padova
 Riunioni: il primo venerdì del mese, ore 21 presso il Quartiere 3 “Est”, Via S. Marco, 300 - Padova
Presidente: Paolo Rodighiero - *Segretario:* Giampaolo Argentini - *Tesoriere:* Carlo Dal Pozzo
Consiglio Direttivo: Luigi Bettero, Giancarlo Casarini, Eugenio Ragazzi, Giuseppe Sanco, Antonietta Visentini
 e-mail del GME: gmineralogicoeuganeo@libero.it
 Sito web: <http://space.virgilio.it/giordanobalia1@virgilio.it/>



G.M.P.E.

GRUPPO MINERALOGICO PALEONTOLOGICO EUGANEO

NOTIZIARIO

N. 51 - settembre 2006

Stampato in proprio

Paolo Argentini, il nostro primo grande Presidente

Paolo Rodighiero

Presidente del Gruppo Mineralogico Paleontologico Euganeo

L'amico Paolo ci ha lasciato. Due mesi prima della sua prematura scomparsa, mi aveva telefonato. La sua voce, contrariamente al solito, era tremula come di chi abbia gli occhi pieni di lacrime. Tuttavia era mista a gratitudine e speranza. La malattia virale che l'aveva colpito al fegato era degenerata a tal punto che si era resa indispensabile il trapianto. Aveva trovato nell'amato figlio Gianmaria il donatore che avrebbe sacrificato parte dell'organo sano per sostituire quello del padre ormai inutile. Non potevo restare indifferente a tale drammaticità dei fatti e con le poche parole che riuscii a comporre in quel momento cercai di trasmettere la mia partecipazione e infondere il coraggio necessario per affrontare questa prova. Poi, pur riproponendomi di sentire come andavano le cose, lasciai muto il telefono per i due mesi successivi. Ma il tempo per raggiungere la sala operatoria non bastò e così in modo schivo e senza clamori ci ha lasciato. Proprio ora che lo aspettavamo a braccia aperte visto che aveva abbandonato le sue numerose attività. Ci aveva infatti garantito il suo rientro nel gruppo, amore giovanile che lo ha visto primario artefice della sua nascita.

Correva il 1974 e dopo una cena alla trattoria da Cencio sotto la cava Calton si gettarono le basi per la formazione di un gruppo padovano di appassionati di Mineralogia. Nella primavera dello stesso anno a Zovon di Vò si definirono i dettagli. Tutt'oggi è ancora vivo in me il ricordo di quell'incontro. Paolo, quale organizzatore, presiedeva e gli astanti, una ventina circa, ascoltavano i punti all'ordine del giorno. Furono discussi i problemi legati alle riunioni, alle gite e all'organizzazione in generale. Il Gruppo fu chiamato mineralogico euganeo e quando Paolo chiese di aprire la discussione su chi avrebbe dovuto fare il Presidente, il compianto Delmo Veronese fece subito il suo nome, riconoscendo in lui i meriti principali per l'aggregazione e scoprendo in Paolo le qualità necessarie per svolgere questa non facile mansione. Naturalmente tutti i presenti approvarono con entusiasmo. Così cominciò la vita del nostro Gruppo che oggi compie più di trent'anni.

Paolo fece crescere l'entusiasmo nel GME. Cercò una sede che fu inizialmente una sala del Collegio Antonianum, l'Università, il CAI, prima di arrivare alla Giovane Montagna dove godemmo di una squisita ospitalità.

Eravamo più di quaranta di iscritti e le serate erano sempre numerose e piene di vita.

La sua attività ha dato vita ancora ad un bollettino che è uscito con periodicità, pur attraverso mille difficoltà: preparazione del menabò, battitura dei testi su carta particolare, preparazione delle lastre, stampa in off-set, rilegatura, taglio e infine consegna. Era un lavoro ben diverso da quello di oggi, realizzato rapidamente con il computer.

Le sue qualità manageriali lo portarono ad organizzare una giornata di scambio in Fiera a Padova, all'Istituto Gramsci, ad inventare la prima giornata di scambio per micro-mounters. Partecipai ad alcune escursioni con lui rendendomi conto della sua passione per quel micromondo che appare stupendo solo a 20 o più ingrandimenti.

Seppe organizzare negli anni '70 una mostra mineralogica al Kursaal, nella sua Abano, dove venivano per la prima volta presentati campioni mineralogici dei nostri Colli, a Palazzo S. Stefano in Provincia e nel 1984 la prestigiosa Mostra a Villa Simes a Piazzola sul Brenta in collaborazione con l'Università e la Provincia di Padova.

Affabile nel tono, diplomatico nelle discussioni, è stato la prima nostra guida ma soprattutto un grande Presidente. Nel 1984, preso da numerosi altri impegni, volle cedere il comando.

Abbiamo perso un amico, che sapeva garantire ciò che prometteva e che condivideva passione e anche allegria nelle serate di incontro.

Il gruppo nato con lui e per merito essenzialmente suo lo rimpiange e lo ricorda con immutato affetto.

Iniziative del G.M.P.E.

E' stata presentata in Quartiere 5 Armistizio – Savonarola domanda per la realizzazione di una mostra mineralogica.

L'argomento mineralogico tocca questa volta la difficile Arte Mineraria. L'utilizzo della pietra è nato fin dalla Preistoria con la ricerca di materiali che potevano soddisfare le esigenze dell'uomo primitivo.

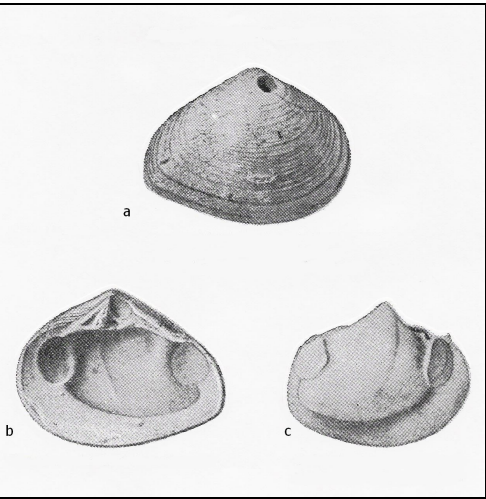
L'estrazione a cielo aperto o in galleria è proseguita in epoca storica con la ricerca di minerali utilizzabili tal quali o per la loro trasformazione in manufatti dall'utilizzo sempre più sofisticato.

Saranno presentati un centinaio di campioni estetici che, accompagnati da didascalie, illustreranno la fatica e l'ingegno dell'uomo per ottimizzare l'estrazione del minerale e la successiva preparazione dei metalli che hanno segnato la storia dell'uomo.

Le diverse caratteristiche dei due tipi di fossilizzazioni (diretta e indiretta) possono essere riassunte nella figura 11. Nella valva conservata per fossilizzazione diretta (avvenuta per neomorfismo con trasformazione dell'aragonite in calcite) del bivalve *Crassatellites* vediamo sulla superficie esterna le strie di accrescimento e anche la possibile causa di morte, un foro di predazione fatto da un gasteropode, mentre sulla superficie interna sono evidenti le impronte che le parti molli hanno lasciato e le caratteristiche della cerniera.

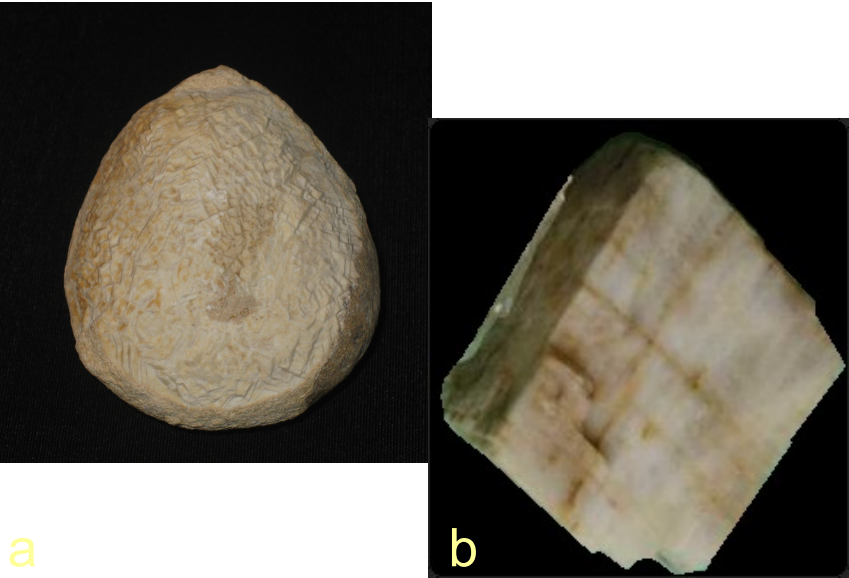
Figura 11

- a) veduta esterna di una valva destra del bivalve cretaceo *Crassatellites*. La valva, conservata per fossilizzazione diretta (avvenuta per neomorfismo con trasformazione dell'aragonite in calcite) mostra le strie di accrescimento e anche la possibile causa di morte, un foro di predazione fatto da un gasteropode;
- b) Veduta interna nella quale sono evidenti le impronte che le parti molli hanno lasciato e le caratteristiche della cerniera;
- c) modello interno che riporta, in negativo, solo le caratteristiche delle impronte delle parti molli.



Nel modello interno, oltre le dimensioni della cavità compresa tra le due valve, saranno visibili, in negativo, solo le caratteristiche delle impronte delle parti molli mentre tutto il resto (anche lo spessore del guscio) viene perso.

I resti degli organismi, sia subito dopo essere stati inglobati nelle rocce sedimentarie sia durante o dopo il processo di litificazione possono subire **deformazioni** legate alle trasformazioni delle rocce che li contengono.



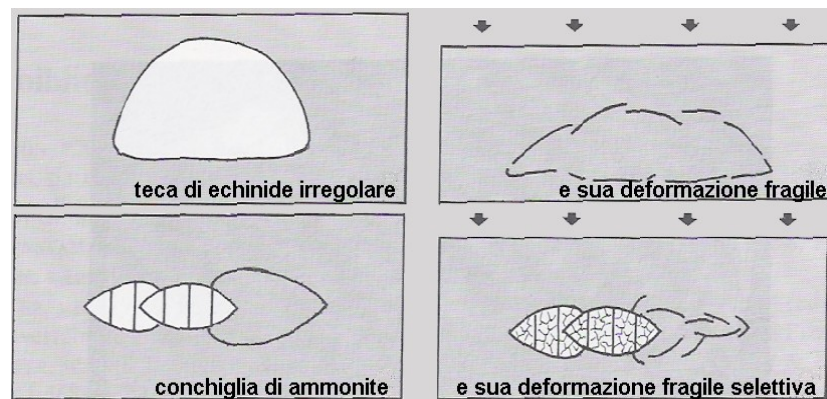


Figura 12 - Deformazione rigida, durante la compattazione, della teca di un echinide e selettiva della conchiglia di un'ammonite.

15

I diversi tipi di deformazione (plastica, rigida o selettiva, figura 12) avvengono soprattutto in due momenti: nel processo di litificazione quando, a causa del peso dei sedimenti, si ha compattazione e perdita di acqua interstiziale e durante i processi tettonici che interessano rocce sedimentarie che inglobano fossili.

strutture biominerali (mentre il quarzo microcristallino e il megaquarzo riempiono gli spazi formando modelli o impronte), può assumere tre diversi aspetti e tipi.

Può avvenire sotto forma di una crosta bianca e granulare o di particolari anelli concentrici oppure a scala fine, tessiturale. In entrambi i casi illustrati la sostituzione è del secondo tipo. Nel corallo paleozoico (figura 10) sono decisamente ben visibili gli anelli concentrici di calcedonio⁶.



Figura 10 - Sostituzione per silicizzazione di un corallo paleozoico, originariamente calcitico. Sono particolarmente ben visibili le rosette o anelli di beekite dovute alla particolare struttura concentrica del calcedonio.

14

Tafonomia

Giovanna Forteleoni

Dipartimento di geologia dell'Università di Padova

La **tafonomia** è la scienza che studia la storia degli organismi dalla loro **morte**, e le fasi immediatamente precedenti e successive, al loro **seppellimento e fossilizzazione** sino al loro **ritrovamento** come fossili e comprende tutti i processi biologici, fisici e chimici che determinano le fasi e i tipi di fossilizzazione (figura 1) Il termine tafonomia, che fu introdotto nel 1940 dal paleontologo russo Efremov, etimologicamente significa **legge o scienza del seppellimento**.

Ma non tutti gli organismi lasciano testimonianze fossili, anzi pare che solo l'8% circa delle specie animali esistenti e circa una specie su 5.000 di quelle vissute nelle epoche passate siano in grado di fossilizzare. Per valutare, anche se solo teoricamente, quali organismi sono in grado di fossilizzare e seguire i processi tafonomici è necessario prima di tutto conoscere gli organismi, sapere come sono fatti, quali sono i composti (organici o inorganici) che li costituiscono e che possibilità di conservazione hanno tali composti.

secondo le facce dello romboedro che tra l'altro dà una particolare brillantezza (le facce dei piani di sfaldatura, a causa della loro alta densità, sono facce riflettenti) anche ai più piccoli frammenti.

Ricristallizzazione. Processo che non comporta cambiamenti nella composizione chimica ma solamente nelle dimensioni dei cristalliti. Normalmente si tratta di aumento e non di diminuzione delle dimensioni. Il **neomorfismo** un processo nel quale il minerale originario metastabile si trasforma in un suo polimorfo stabile, può essere considerato un caso particolare di ricristallizzazione. Trasformazioni neomorfiche sono: la trasformazione da aragonite a calcite e quella da opale a quarzo.

La **sostituzione** di un minerale ad opera di un altro con chimismo diverso generalmente fa sì che si conservi solamente la forma esterna, più raramente l'ultrastruttura. La sostituzione prende nomi diversi a seconda del minerale secondario che partecipa al processo (calcitizzazione, silicizzazione, piritizzazione, dolomitizzazione, ecc.). La silicizzazione, nella quale è generalmente il calcedonio che sostituisce le

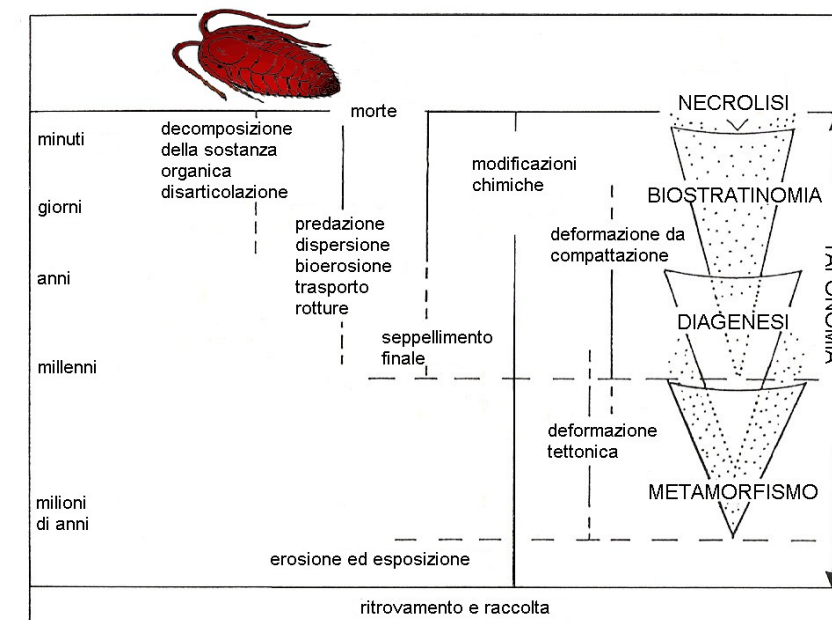


Figura 1 – Le successive fasi della Tafonomia, che impiegano tempi molto diversi e implicano numerosi processi, sono schematicamente illustrate nella figura e spiegate nel testo.

⁶ questa struttura concentrica del calcedonio, chiamata rosette o anelli di beekite è visibile solo a occhio nudo.

I **composti organici**, fondamentalmente costituiti da C, O, H, N, P, hanno due diversi tipi di carbonio. Uno, volatile o labile e difficilmente conservabile, è quello degli idrati di carbonio, grassi e proteine mentre il secondo, refrattario, caratterizza molecole più resistenti alla degradazione batterica (es. chitina, cellulosa, lignina, melanina, sporopollenina, collagene). Tra i **composti inorganici**, che sono i biominerali secreti dagli organismi, quelli più frequenti sono tre: carbonato di calcio, opale e fosfato di calcio.

Il **carbonato di calcio**, CaCO_3 , è certamente il minerale più diffuso, soprattutto tra i biominerali secreti dagli invertebrati marini (figura 2).



Figura 2 – Alcuni invertebrati marini con scheletro o guscio di carbonato di calcio

3

È presente sia sotto forma di calcite che di aragonite (fase metastabile che tende a trasformarsi in calcite stabile). È di calcite lo scheletro di tutti gli appartenenti al Phylum Echinodermata. È di calcite la conchiglia della maggior parte dei brachiopodi come anche le parti mineralizzate dell'esoscheletro degli artropodi o lo scheletro dei briozoi. Sono di aragonite o di calcite o di entrambi i minerali le conchiglie dei molluschi e i tubi di protezione degli anellidi. È di calcite lo scheletro di tutti i coralli paleozoici ed è di aragonite quello di quelli postpaleozoici. Sono inoltre carbonatiche le teche della maggior parte dei foraminiferi e gli apparati mineralizzati di altri importanti microfossili (nannoplancton calcareo e alghe calcaree) e lo scheletro di alcune spugne.

L'**opale** è un minerale non cristallino, un gel colloidale di silice idrata ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, con n compreso tra 3 e 20 %), che ha durezza Mohs di circa 6 (poco meno di quella del quarzo, che ha durezza 7). L'opale non è stabile e, in tempi relativamente brevi (in senso geologico), tende a trasformarsi prima in cristobalite disordinata e poi in quarzo. Sono di opale gli apparati mineralizzati di alcuni protisti (diatomee, silicoflagellati e radiolari) e di alcune spugne. I protisti più abbondanti e diffusi sono le diatomee, protofiti acquatici che vivono in tutti gli ambienti, che possono essere protette da un frustolo siliceo, e i radiolari, protozoi esclusivamente marini e planctonici che possono avere lo scheletro di opale.

I poriferi, le spugne, meritano un discorso a parte. Essi possono avere scheletro organico, costituito da spongina (una scleroproteina contenente zolfo e relativamente inerte e insolubile) o mineralizzato, costituito sia da carbonato di calcio (calcite o aragonite) che da opale o essere privi di apparati scheletrici e vivere perforando substrati duri (spugne endolitiche)⁷. La maggior parte degli scheletri è spicolare, costituito cioè da elementi singoli (le spicole) che possono essere isolate o saldate tra di loro a formare una impalcatura tridimensionale (figura 3).

Sono di **fosfato di calcio** le conchiglie di alcuni brachiopodi, gli scheletri dei vertebrati e i tubi di alcuni anellidi. Sono inoltre fosfatici i conodonti, dei piccoli elementi di apparati boccali appartenenti a forme estinte (vissute durante tutto il Paleozoico e il Triassico) e poco conosciute (il conodontoforo era un organismo dal corpo vermiforme privo di altre parti mineralizzate). La maggior parte dei fosfati fanno

4

ghiacci nei quali vengono trovati e non per sempre.

I processi di **fossilizzazione delle parti mineralizzate** comprendono sia i fenomeni di dissoluzione che danno fossilizzazioni definite indirette (impronta esterna, modello interno, pseudoguscio, calco naturale, modello composito) che tutti processi di mineralizzazione (impregnazione, sostituzione, ricristallizzazione, neomorfismo) che portano alla fossilizzazione delle parti mineralizzate e che vengono definite dirette.

Le conservazioni indirette, come detto, sono quelle che seguono processi di dissoluzione e litificazione, in particolare se la dissoluzione avviene dopo la litificazione si possono fondamentalmente formare impronte e modelli⁸. L'impronta esterna è quella impressa dal resto sulla matrice e, se il tipo di sedimento lo permette, in essa si possono conservare tutte le caratteristiche esterne. Il modello interno, che si forma quando nel guscio o nello scheletro era presente una cavità interna, darà informazioni, oltre che sulle dimensioni della cavità, anche sulle caratteristiche delle impronte lasciate dalle parti molli.

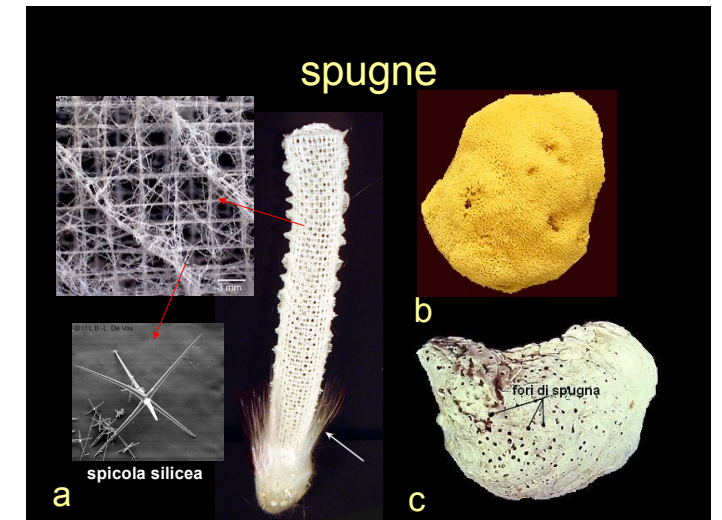


Figura 3, a) *Euplectella*, spugna con scheletro siliceo spicolare costituito da spicole saldate tra di loro a formare una impalcatura tridimensionale; b) spugna commerciale con scheletro organico; c) fori prodotti da spugne endolitiche in una valva di *Ostrea*.

Nelle fossilizzazioni dirette (impregnazione, sostituzione, ricristallizzazione, neomorfismo) si conservano i resti scheletrici che, anche se solo in particolari condizioni, possono conservare la loro composizione e struttura originaria (non sono pochi gli esempi di ammoniti nelle quali l'aragonite del guscio è rimasta immutata e ha conservato le sue caratteristiche iridescenze madreperlacee, figura 8). Normalmente, comunque, avvengono modificazioni più o meno importanti ad opera di minerali che prevalentemente sono CaCO_3 , SiO_2 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ e FeS_2 .



Figura 8- Ammonite con l'originario guscio aragonitico conservato.

È bene tenere presente che nei casi migliori si potranno conservare tutte le caratteristiche, anche le ultrastrutture, mentre una cosa che si perde quasi sempre è il colore. Scompaiono naturalmente anche i disegni che, solo in alcuni casi, possono essere messi in evidenza con tecniche particolari.

Impregnazione. Si usa per le ossa dei vertebrati e gli elementi dello scheletro degli echinodermi che hanno tessuti mineralizzati spugnosi o porosi. Si ha impregnazione quando la sostanza organica, contenuta nelle parti dure, mineralizzate, scompare e lascia delle microcavità entro le quali si depositano per precipitazione i sali contenuti nelle soluzioni circolanti. I minerali più comuni sono calcite, silice, barite.

13

Le fortunate circostanze che hanno permesso la conservazione di circa 65.000 esemplari appartenenti a 100 specie sono costituite da una o due frane che hanno portato gli organismi in acque profonde, ostili (ricche di H_2S e povere di O_2) e prive di vita, seppellendoli. Si è così fossilizzata anche la sostanza organica che ha subito un processo di carbonificazione. I resti hanno rivelato, grazie a pazienti e accurati studi, anche le più delicate strutture interne.

Sostituzione. Il processo che meglio conserva la materia organica deriva da reazioni batteriche da parte



Figura 7. Concrezione che conserva un pesce fossilizzato per sostituzione ad opera di fosfati

Permineralizzazione. La precipitazione di minerali durante le prime fasi di fermentazione anaerobia (prima di qualsiasi decomposizione significativa) imbibisce i tessuti, riempie le cellule, permette la formazione di fossili nei quali sono conservati i dettagli della struttura cellulare. Questo processo che viene chiamato anche permeazione cellulare o "pietrificazione" spesso interessa i vegetali i cui lumi cellulari vengono riempiti da soluzioni ricche di silice (o di calcite): i legni mantengono così inalterate sia forma tridimensionale che caratteristiche cellulari, dando origine in alcuni casi alla formazione di spettacolari "foreste" fossili.

Infine anche il **congelamento**, la trasformazione dell'acqua contenuta nei tessuti in ghiaccio, può essere considerato una "permineralizzazione". I fossili congelati però non sono stabili e si conservano solo nei

12

parte del gruppo delle apatiti, la cui formula generale è $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl}) \geq 2$. I fosfati più comuni negli organismi sono: dahllite (carbo-idrossiapatite) e francolite (carbo-fluoroapatite). Lo scheletro dei vertebrati è particolarmente ricco in fosforo ed è fondamentalmente costituita da dahllite, anche se la sua composizione precisa è difficilmente determinabile a causa della sua intima connessione col tessuto organico.

Il diverso potenziale di fossilizzazione di questi composti (che verrà analizzato con maggior dettaglio più avanti, nella "dissoluzione prediagenetica") e la diversa composizione degli organismi condiziona chiaramente la loro possibilità di fossilizzazione. In particolare le forme prive di scheletro si conservano molto raramente (e solo in casi eccezionali) e le forme con parti mineralizzate, che nelle diverse associazioni sono tra il 7 e il 70 % del totale, si conservano al 40 % circa. Molto pessimisticamente Darwin, per descrivere le scarse probabilità di conservazione delle parti dure degli organismi, scrisse che la nostra imperfetta documentazione fossile è come un libro di cui si siano

conservate solo poche pagine e di queste pagine solo poche righe e delle righe poche parole e di quelle parole poche lettere.

Il primo atto del passaggio dei resti organici dalla Biosfera alla Litosfera è la morte, condizione necessaria, anche se non sufficiente, perché un organismo diventi un fossile ed è la fase che generalmente precede il seppellimento. Le cause di morte possono essere molteplici e tra queste possiamo descriverne alcune (naturale, per predazione, per asfissia o avvelenamento e per variazioni ambientali), analizzarne le particolarità e illustrarne alcuni esempi.

Nei vertebrati alcune caratteristiche (dimensioni, caratteristiche dello scheletro e usura dei denti) potrebbero darci indicazioni sull'età e quindi in caso di individui vecchi potremo pensare a una morte naturale, mentre in caso di individui giovani, ad esempio piccoli e con dentatura da latte, o con chiare patologie potremo pensare a una morte prematura.

Gli esempi di morte per **predazione** nei fossili sono numerosi. Famosi sono i pesci soffocati dalla loro preda e moltissimi i molluschi che mostrano perfetti e riconoscibili fori circolari operati da gasteropodi carnivori (figura 4).



Figura 4. Predazione: bivalve con foro circolare operato da un gasteropode carnivoro e pesce soffocato dalla sua preda.

I grandi accumuli (figura 5) di resti fossili possono essere il risultato di varie cause. Catastrofiche morie, dovute a qualche tipo di avvelenamento o a improvvisi cambiamenti ambientali, possono causare mortalità di massa di un gran numero di organismi appartenenti a specie diverse o gruppi diversi o, nel caso di abitudini gregarie, di un gran numero di individui della stessa specie e di diverse

5

età. Processi fisici (come l'azione di frane, onde, correnti ecc.) possono sia accumulare i resti (un gran numero di individui spesso delle stesse dimensioni) che rimuovere il sedimento.

Un tipico esempio di moria le cui cause potrebbero essere attribuite a forme di avvelenamento simili alle maree rosse prodotte dalle dinoflagellate è quello del giacimento fossilifero di Bolca (Verona, Eocene medio, circa 49 milioni di anni fa) dal quale sono stati estratti all'incirca 150 specie di pesci e di più di 250 specie di vegetali.

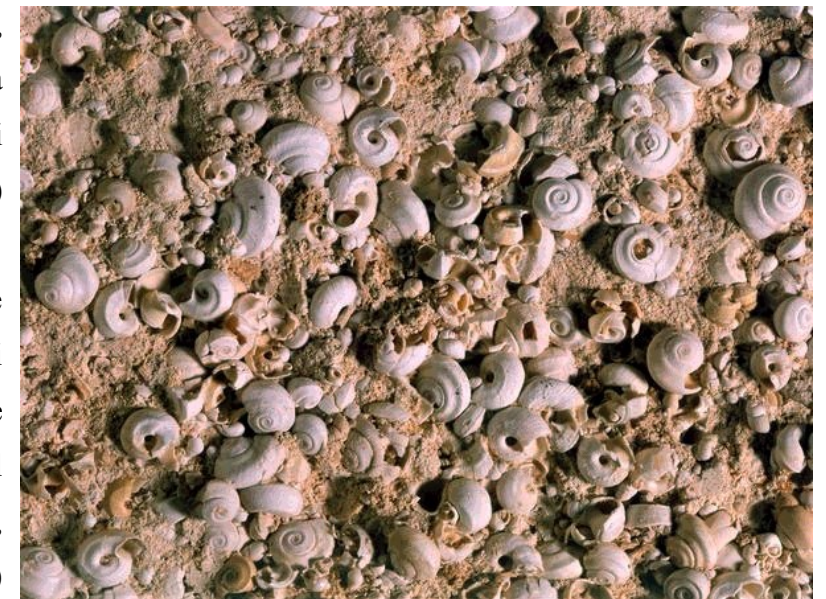


Figura 5 - Accumulo di conchiglie del gasteropode *Gyraulus*. In questa immagine non è chiaro se si tratta di un processo fisico o di un fenomeno di mortalità di massa.

Sono stati inoltre trovati coccodrilli, tartarughe, piume di uccelli, insetti, crostacei, rarissimi molluschi (bivalvi, gasteropodi ed un cefalopode), vermi e qualche medusa. I fossili, che provengono da cinque livelli di un affioramento di relativamente piccole dimensioni (19 metri per 100 m²) mostrano una straordinaria conservazione che, fondamentalmente, è dovuta ad alcune condizioni favorevoli e cioè al fatto che la deposizione degli organismi è avvenuta in ambiente con scarsità o mancanza di ossigeno e che il loro seppellimento è stato rapido.

Altre morti fossili famose sono quelle delle ittiosaure di Holzmaden (Germania meridionale) dove, in un estesissimo affioramento di rocce della fine del Giurassico inferiore, sono stati finora trovati più di 300 scheletri di ittiosauri⁹. Spesso degli ittiosauri è conservato anche il contorno delle parti molli e molti individui femminili hanno embrioni dentro la gabbia toracica o feti appena espulsi. Le numerose femmine incinta ci dicono che le ittiosaure potevano partorire da uno a 11 piccoli e che questi nascevano con il capo in avanti. Forse le ittiosaure preferivano andare a partorire in acque tranquille e scegliendo la laguna di Holzmaden vi trovavano la morte, molto probabilmente a causa della mancanza di ossigeno che sembrerebbe esserci stata, anche se forse solo periodicamente, al fondo. Sempre da Holzmaden proviene uno **squalo** fossile che è conservato nel Museo di Stoccarda. Nel suo stomaco sono stati trovati 250 rostri di belemniti. Si sa che le belemniti dovevano essere appetitose: spesso sono stati trovati sia rostri di individui chiaramente predati che i loro uncini cornei dentro gli

6

GRUPPO MINERALOGICO EUGANEO

Via S. Marco, 300 - 35129 Padova

Riunioni: il primo venerdì del mese, ore 21 presso il Quartiere 3 "Est", Via S. Marco, 300 - Padova

Presidente: Paolo Rodighiero - *Segretario:* Giampaolo Argentini - *Tesoriere:* Carlo Dal Pozzo

Consiglio Direttivo: Luigi Bettero, Giancarlo Casarini, Eugenio Ragazzi, Giuseppe Sanco, Antonietta Visentini

e-mail del GME: gmineralogicoeuganeo@libero.it

Sito web: <http://space.virgilio.it/giordanobalia1@virgilio.it/>

GRUPPO MINERALOGICO EUGANEO

Via S. Marco, 300 - 35129 Padova

Riunioni: il primo venerdì del mese, ore 21 presso il Quartiere 3 "Est", Via S. Marco, 300 - Padova

Presidente: Paolo Rodighiero - *Segretario:* Giampaolo Argentini - *Tesoriere:* Carlo Dal Pozzo

Consiglio Direttivo: Luigi Bettero, Giancarlo Casarini, Eugenio Ragazzi, Giuseppe Sanco, Antonietta Visentini

e-mail del GME: gmineralogicoeuganeo@libero.it

Sito web: <http://space.virgilio.it/giordanobalia1@virgilio.it/>

fossili italiani. Si tratta di un piccolo rettile (è lungo appena 23,5 cm) quasi completo di età permiana trovato a Stramaiole, nella Val di Pinè, a Nord-est di Trento, e conservato nel Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Padova. La carbonificazione è anche il processo normale di fossilizzazione dei graptoliti (organismi marini coloniali con esoscheletro proteinico vissuti tra il Cambriano medio e il Carbonifero superiore) spesso conservati così oppure con successiva sostituzione del carbone ad opera di un fillosilicato (gümbelite¹⁰, dal caratteristico colore grigio-argenteo) o di ossidi o fosfati. Ma vediamo brevemente cosa è successo alla comunità marina rappresentata nella figura 6 che viveva durante il Cambriano medio nella zona che oggi è **Burgess**, sulle Montagne Rocciose del Canada. In una comunità come questa normalmente si sarebbero conservate solo le forme con apparati mineralizzati come trilobiti (1), brachiopodi (2), molluschi (3) e crinoidi (4) mentre la gran parte della fauna, priva di parti mineralizzate, sarebbe scomparsa dalla testimonianza fossile e dalla nostra conoscenza.



Figura 6 - La ricca fauna che popolava il mare cambriano di 530 milioni di anni fa a Burgess. *Olenoides* (1, trilobite); *Nisusia* (2, brachiopode); *Scenella* (3, mollusco); *Echmatocrinus* (4, crinoide); spugne (*Vauxia*, 5; *Hazelia*, 6 ed *Eifellia*, 7); *Ottoia* (8, un verme priapulide); arthropodi (*Sidneyia*, 9; *Leanchoilia*, 10; *Marella*, 11; *Canadaspis*, 12; *Helmetia*, 13; *Burgessia*, 14; *Tegopelte*, 15; *Naraoia*, 16; *Waptia*, 17; *Sanctacaris*, 18 e *Odaraia*, 19); lobopodi (*Hallucigenia*, 20 e *Aysheaia*, 21); cordati *Pikaia* (22); e altri come *Haplophrentis* (23), *Opabinia*, (24), *Dinomischus* (25), *Wiwaxia* (26), *Amiskwia* (27), e *Anomalocaris* (28), che non possono facilmente essere assegnati a taxa noti.

combustione in ambiente povero di ossigeno o in combustibili fossili o veri fossili con la fermentazione in ambiente anaerobio) o di **sostituzione** e **permineralizzazione** (vera fossilizzazione che si ha solo quando vi è stata mineralizzazione precoce). Infine anche **l'inglobamento** in ambra e in particolari matrici (ad esempio la torba) permette la conservazione della sostanza organica.

La **mummificazione**, la disidratazione in ambienti molto aridi (caldi o freddi: come ad esempio le carcasse mummificate nei deserti; mummia dell'uomo di Similaun, ecc.), permette la conservazione, ma non per tempi geologici. Infatti, fenomeni ossidativi possono, anche se lentamente, distruggere ogni tipo di mummia.

La **fermentazione** si ha grazie all'azione di batteri anaerobi che, in ambiente privo di ossigeno, causano nella materia organica una progressiva perdita di idrogeno, azoto ed ossigeno con un conseguente arricchimento in carbonio. A seconda del materiale di partenza si potrà arrivare a idrocarburi (nel caso si tratti di grassi o proteine) oppure a carbonio puro (nel caso di idrati di carbonio). Anche il carbone fossile si ottiene attraverso varie fasi di fermentazione che implicano successive fasi di trasformazione della sostanza vegetale. Le zone più favorevoli per la formazione di depositi organici vegetali sono le pianure costiere, le lagune, gli acquitrini delle alte latitudini, come in Russia, Canada, Nord Europa, dove il clima freddo rallenta la decomposizione, ma anche in regioni calde umide che favoriscono la crescita di vegetali. Quando questi accumuli vengono sepolti, se le condizioni anaerobiche dell'ambiente impediscono l'ossidazione e la decomposizione batterica, inizialmente ci sarà un fitto intreccio di resti vegetali chiamato **torba**. Con l'aumentare della profondità aumenta anche la temperatura e il materiale organico subisce una maturazione (cioè una eliminazione graduale dei componenti volatili e un aumento della quantità di carbonio) e si passa dalla torba alla **lignite**, al **litantrace** fino all'**antracite**, il tipo di carbone più pregiato che ha un contenuto di carbonio del 95%. La **grafite** (carbonio puro, che si ottiene con l'ulteriore arricchimento) non ha impiego come combustibile. La sostanza organica viene trasformata in carbone anche per **combustione** in ambiente povero di ossigeno.

La **carbonificazione** per fermentazione fornisce anche bellissimi fossili ed è comune in una ampia varietà di facies. In genere questi fossili sono fortemente compressi (nel processo si ha una notevole diminuzione di volume) e ciò che rimane dell'originario materiale organico è generalmente una pellicola carboniosa che mostra la conservazione minuziosa dei dettagli esterni, in particolari casi più pellicole sovrapposte hanno conservato "stratificati" anche i più minuti dettagli delle strutture interne. Ciascuna pellicola è denominata **antracoleimma** da antrax = carbone e lemma = resto.

I vegetali carbonificati conservano spesso perfettamente la cuticola mentre le carbonificazioni degli animali, meno abbondanti, danno importantissime informazioni sulla forma delle parti molli. Tipici esempi sono le pellicole di carbone attorno agli scheletri permineralizzati degli ittiosauri del

GRUPPO MINERALOGICO EUGANEO

Via S. Marco, 300 - 35129 Padova

Riunioni: il primo venerdì del mese, ore 21 presso il Quartiere 3 "Est", Via S. Marco, 300 - Padova

Presidente: Paolo Rodighiero - Segretario: Giampaolo Argentini - Tesoriere: Carlo Dal Pozzo

Consiglio Direttivo: Luigi Bettero, Giancarlo Casarini, Eugenio Ragazzi, Giuseppe Sanco, Antonietta Visentini

e-mail del GME: gmineralogicoeuganeo@libero.it

Sito web: <http://space.virgilio.it/giordanobalia1@virgilio.it/>

Giurassico inferiore di Holzmaden e l'antracoleimma della cute di *Tridentinosaurus*, uno dei più antichi vertebrati

10

di molti sauri, ma nessun predatore sembra essere stato ingordo come l'*Hibodus* di Holzmaden.

Con la morte dell'organismo inizia immediatamente il processo di decomposizione e anche la sua storia tafonomica che può essere divisa in tre fasi. La prima, **biostratinomica**, nella quale l'organismo, o i suoi resti, vengono sottoposti all'azione di fattori biologici, meccanici e chimici che possono essere causa di disarticolazione, predazione, bioerosioni, abrasioni, rotture, trasporto, selezione, rideposizione e anche dissoluzione. Il **seppellimento**, la seconda fase, può essere catastrofico (come in caso di frane) o lento (come nel caso della normale sedimentazione) ed è la fase più breve. La fase **diagenetica**, la terza fase, è certamente la più lunga e complessa, può portare alla fossilizzazione, ma anche alla dissoluzione e dipende fundamentalmente dalla natura dell'organismo e dalle caratteristiche dell'ambiente di sedimentazione.

La prima fase comprende i **processi biostratinomici** che avvengono tra la morte degli organismi e il loro seppellimento definitivo. Essi possono implicare:

Necrolisi con decomposizione della sostanza organica, disarticolazione di gusci e scheletri e, a volte, anche la microdisarticolazione dei singoli cristalli che compongono gusci o scheletri. Gli organismi morti possono anche subire predazione e bioconfezione da parte di alcuni necrofagi che li distruggono e disperdono o li "confezionano" in boli gastrici.

Bioerosione e frammentazione nella quale gusci e scheletri possono essere perforati ad opera di organismi endolitici, macro e microperforanti (batteri, funghi, alghe, spugne, briozoi, vermi, molluschi, ecc.) oppure frammentati ad opera di uccelli, pesci, crostacei, che sono in grado di rompere e frantumare le parti mineralizzate con becchi, denti o chele.

Dissoluzione prediagenetica nella quale i resti scheletrici degli organismi, sia durante la loro deposizione che prima e dopo il loro seppellimento, possono subire fenomeni di dissoluzione; come già detto solamente il 40% circa delle forme con parti mineralizzate fossilizza. Il processo di dissoluzione è complesso e dipende sia da alcune caratteristiche intrinseche di gusci o scheletri che dalle caratteristiche fisiche dell'ambiente di sedimentazione e chimiche delle acque interstiziali. In particolare le caratteristiche originali più importanti sono: le dimensioni (le forme molto piccole si sciolgono più facilmente di quelle grandi), la microstruttura e la porosità (gusci molto porosi vengono disciolti più facilmente), la morfologia (le forme massicce sono meno solubili di quelle provviste di ornamentazioni delicate) e finalmente la composizione mineralogica (i diversi biominerali hanno comportamenti diversi). In particolare i gusci silicei si sciolgono in acque poco profonde sottosature in silice mentre quelli carbonatici sono stabili alle basse profondità ma si sciolgono in acque profonde sottosature in carbonato di calcio. Inoltre, in ambiente acido la solubilità dei gusci è decrescente dai più solubili gusci

aragonitici e calcitici, ai meno solubili gusci fosfatici. In ambiente alcalino ($\text{pH} > 9$) sono solubili i gusci silicei.

7

Trasporto correnti, maree, uragani, necrofagi, sia prima del seppellimento che dopo un seppellimento provvisorio (ed eventuale inizio di fossilizzazione = prefossilizzazione) possono trasportare i resti e causare **abrasioni e frantumazioni**, **selezione meccanica** (dovuta a trasporto diverso dei vari elementi che compongono scheletri o gusci, ad esempio vertebre e costole trasportate più lontano rispetto a denti e mandibole; forme con conchiglia inequivalve le cui valve essendo diverse, una grande ed una piccola, una cementata ed una libera, possono subire trasporto diverso), **deposizione orientata** (che dipende dall'intensità e dal tipo di agente e avviene in particolare per le forme allungate che possono venire orientate per azione di correnti o moto ondoso) e anche **mescolamento** (non sempre chiaramente riconoscibile, a meno che non si trovino insieme faune di ambienti diversi, ad esempio continentale e marina).

Prefossilizzazione si ha quando i resti, dopo un inizio di fossilizzazione (e per questo possono essere o anneriti per incipiente carbonificazione della sostanza organica oppure solo in parte diagenizzati), vengono riesumati e subiscono nuovamente processi di trasporto. Il loro comportamento meccanico e chimico sarà diverso rispetto a quello che avrebbero avuto prima del primo seppellimento.

Il **seppellimento**, la seconda fase del processo tafonomico, può essere lento o catastrofico (a causa di mareggiate, frane, ceneri vulcaniche), interessare anche individui vivi, a volte identificato dalla presenza di tracce¹¹ di riequilibrio o di fuga, avvenire in situ (spesso a spesa delle faune sessili) o dopo trasporto (sempre per faune nectoniche o planctoniche) e infine può avvenire in sedimenti detritici oppure organici, per incrostazione, per intrappolamento o inglobamento in fluidi. I parametri determinanti per la preservazione allo stato fossile di un organismo sono il tasso di sedimentazione e le caratteristiche del materiale.

Chiaramente gli organismi che hanno più possibilità di essere preservati come fossili sono quelli che dopo la loro morte finiscono in aree che sono sede di accumulo di sedimenti e non di erosione, infatti un rapido seppellimento è la condizione migliore per la preservazione dei fossili.

I **fondali marini** costituiscono in genere luoghi di attiva sedimentazione, mentre la superficie terrestre è prevalentemente sede di erosione (gli ambienti dove i sedimenti si possono accumulare sono relativamente pochi e di estensione areale limitata: pianure alluvionali, laghi, dune dei deserti ecc.). Non sorprende quindi che le rocce sedimentarie di origine marina siano più abbondanti di quelle

¹¹ Le tracce che gli animali lasciano svolgendo diverse attività, oggi come per il passato danno importanti informazioni sul modo di vita e sulle abitudini degli organismi che le hanno lasciate. Le tracce fossili, che comprendono piste, orme, gallerie, perforazioni, escrementi ecc., costituiscono un importantissimo capitolo della paleontologia (Paleoicnologia) e vengono classificate in base all'attività biologica che l'organismo svolgeva (tracce di abitazione, di riposo, di nutrizione, ecc.) e sono tracce di vita, contrariamente ai resti fossili che segnano la morte dell'organismo.

deposte in ambiente continentale e che sia più facile trovare fossili marini che continentali. Altri parametri importanti sono la granulometria (le condizioni migliori di preservazione si hanno nelle peliti: silt, argille, argille calcaree e fanghi carbonatici) e la percentuale di ossigeno (la mancanza o scarsità di ossigeno, escludendo la presenza di predatori e necrofagi, favoriscono una migliore conservazione)

La **incrostazione** (che fundamentalmente avviene ad opera del carbonato di calcio) è un modo particolare in cui può avvenire il “seppellimento” e la formazione di fossili ed essa si verifica negli ambienti caldo-umidi nei quali le acque ricche di carbonato di calcio vengono nebulizzate e depositano una crosta carbonatica sopra la ricca vegetazione. Quando i vegetali si decompongono nel rivestimento carbonatico rimane l’impronta, spesso perfetta, di rametti, foglie, ecc. (questo tipo di processo è alla base della formazione della roccia **travertino**). In ambienti carsici possono avvenire fenomeni simili: le acque percolanti, ricche di carbonato di calcio, impregnano e rivestono i resti che normalmente sono di vertebrati. Infatti nelle grotte possono accumularsi le ossa degli animali che vi hanno trovato ricovero e morte come anche le ossa trasportate da predatori o da mezzi fisici (la roccia risultante è una **breccia ossifera**)

Un altro meccanismo di “seppellimento” ed esempio di conservazione eccezionale di una straordinaria varietà di fossili proviene dai laghi di asfalto di Rancho La Brea (Los Angeles, California) dove molti grandi mammiferi pleistocenici sono rimasti **intrappolati** nei laghetti formati per accumulo superficiale di idrocarburi viscosi risaliti dal sottosuolo attraverso fratture. L’asfalto ha conservato un intero ecosistema comprensivo anche di piante, insetti, microfossili e altri vertebrati (rane, serpenti, molti uccelli) che ha permesso di ricostruire i diversi livelli di una catena trofica pleistocenica con i produttori (le piante) gli erbivori (proboscidi, cavalli, bisonti, peccari, tapiri), i carnivori (come le tigri dai denti a sciabola, coyote, lupi orsi, pantere, aquile) e finalmente i necrofagi (condor e avvoltoi) e i decompositori. Le ossa sono eccezionalmente ben conservate e rappresentano una grande varietà di specie, anche se gli scheletri sono spesso disarticolati, sia da predatori e necrofagi, che dalla circolazione dell'asfalto.

Infine, anche se di limitata estensione, sono certamente da ricordare i numerosissimi fossili **inglobati** e perfettamente conservati nell’**ambra**, una resina polimerizzata, o nel **copale**, una resina subfossile. Si tratta prevalentemente di foglie, delicatissimi insetti, ma anche piccoli vertebrati.

Dopo il seppellimento inizia la **fase diagenetica** che comprende quelli che in senso più rigoroso sono definiti i **processi di fossilizzazione**. In questa fase tutto viene rimesso in gioco e tutto è fondamentale, dalla anatomia, morfologia e composizione delle parti dure e di quelle molli, se ancora ce ne sono, alle caratteristiche fisiche e biologiche dell’ambiente di sedimentazione e infine alle proprietà chimiche delle acque percolanti.

I processi diagenetici, che hanno inizio appena il resto o l’organismo intero è stato inglobato nella matrice, sono di tipo diverso a seconda che si tratti di sostanza organica o di biominerali.

La **conservazione della sostanza organica** e in particolare delle parti molli è rara e avviene fundamentalmente secondo i processi di **disidratazione** (con conservazione temporanea), di **combustione e ermentazione** (che si ha se la sostanza organica viene trasformata in carbone per