



GMPE 2002

NUMERO 33



NOTIZIARIO

N. 33 - aprile 2002

Stampato in proprio

G.M.E.

NOTIZIE DI SEGRETERIA

- Il socio Eugenio Ragazzi, invitato al Rotary di Abano-Montegrotto giovedì 14 febbraio 2002, ha presentato la conferenza "I segreti dell'ambra" riscuotendo un caloroso successo.
- Il 22 aprile Paolo Rodighiero terrà una conferenza su "Minerali e Gemme" in occasione degli incontri culturali di primavera alla Chiesetta dell'Angelo in Bassano.
- L'amico Sergio Pegoraro degli "Amici del Museo" di Montecchio sta programmando una gita a Tisnov (rep. Ceca) per il 2-5 maggio 2002 in occasione della tradizionale fiera del minerale, una tra le più vecchie. Potrebbe essere una straordinaria occasione per abbinare il contenuto mineralogico a quello turistico. Chi è interessato può rivolgersi a Giuseppe Sanco che coordina la gita.

Per quanto concerne la **Mostra sui fossili presso il Quartiere Armistizio-Savonarola** (Fornace Carotta dal giorno 8 al 18 di novembre) sono state nominate le seguenti commissioni:

1. La Commissione n. 1, coordinata da Eugenio Ragazzi che avrà come collaboratore Paolo Rodighiero provvederà ad elaborare nuovi testi per la cartellonistica (ammoniti, giacimento di Solnhofen, fossili guida, scala geologica dei tempi, dinosauri, deriva dei continenti, notizie generali sull'era mesozoica: fauna e flora, eventi particolari: comparsa dei fiori, variazioni del clima).
2. La Commissione n. 2, coordinata dal socio Paolo Argentini che avrà come collaboratore Antonietta Visentini ha l'incarico di organizzare orari e turni, mantenere i contatti telefonici con i vari soci impegnati nella manifestazione e di organizzare le visite guidate.
3. La Commissione n. 3, costituita dai soci Paolo Rodighiero, Giuseppe Sanco, Giancarlo Casarini, si dedicherà al reperimento dei materiali da esporre nelle vetrine seguendo i progetti in precedenza elaborati e concordati con il Quartiere. Provvederà a preparare le didascalie dei reperti presentati. Giuseppe Sanco coordinerà le persone per l'allestimento e la chiusura della mostra.

IMPORTANTE!!! Tutti i soci (in particolare i paleontologi) sono tenuti a partecipare a questa manifestazione che conclude un laborioso impegno programmatico del Gruppo e che aumenta la nostra visibilità nei Quartieri della nostra città e nelle scuole. Si richiede tempo e buona volontà per l'allestimento e la chiusura della mostra, per le visite guidate che si preannunciano numerose e per le quali dovremo tutti incontrarci per esporre in modo coordinato e uniforme il significato della mostra e l'importanza dei reperti presentati.

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: Giancarlo Casarini, Eugenio Ragazzi, Giuseppe Sanco, Antonietta Visentini

e-mail del GME: gmineralogicoeuganeo@libero.it

CHANARCILLO II° PARTE: GEOLOGIA

di Giuseppe Sanco

La geologia generale del distretto di Chanarcillo è segnalata come un classico esempio di arricchimento minerario, con rocce argentifere (tipo "Bonanza"). Studi eseguiti da Segerstrom (1962) accordano con la vecchia interpretazione paragenetica dei minerali fatta da Whitehead nel 1919. Secondo questi autori Chanarcillo è soltanto uno della serie di distretti argentiferi che formano una cintura parallela al Pacifico ed alle Ande. Questa cintura che corrisponde generalmente alla "Geosinclinale Andina" è limitata ad ovest da rocce basali del paleozoico e, forse, precambriane. Queste vecchie unità geosinclinali sono letti clastici di età triassica. Queste, poi, sono stati ricoperti da sedimenti marini e vulcanici di età giurassica.

La stratigrafia più alta della formazione cretacea di Chanarcillo è molto estesa.

Dove le rocce di questa zona cambiano apparentemente facies si trova il deposito di Chanarcillo. Gli strati superiori di rocce del tardo Cretaceo (dette "Cerillos" e "Hornitos"), sedimentarie ed eruttive, comprendono pure depositi d'argento. Tutti i livelli compresi nella sequenza della geosinclinale sono stati interessati da rocce ignee di composizione intermedia. Le caratteristiche più importanti della "Cinghia dell'argento" sono le pieghe, i duomi e le faglie.

Chanarcillo si trova sul fianco sud di un duomo aperto soggiacente ad un ammasso di granodiorite e caratterizzato da rocce aventi fratture radiali ed un sistema di faglie a nord ovest. Le vene più importanti variano in larghezza da 3 centimetri ad 1 metro. I minerali ipogenetici includono: Pirite, Blenda, Calcopirite, Galena, Arsenopirite, Arseniati di Cobalto, Pearcite, Tetraedrite, Proustite, Polibasite e Pirargirite, in una ganga formata da quantità variabili di Calcite, Barite, Quarzo e Siderite. Le vene arrivano fino alle più grandi profondità esplorate. Le rocce mineralizzate si trovano di preferenza nei grandi strati calcarei di Chanarcillo: le formazioni di "Negro" e "Delirio". Le vene maggiori paiono allineate lungo gli assi del duomo e sembra esserci una correlazione fra vicinanza della cresta del duomo e continuità o ricchezza di vene parallele. Zone mineralizzate sono pure localizzate presso le intersezioni delle vene e dove queste incontrano fessure o dicchi. Gran parte del minerale per cui questo distretto è famoso è venuto dalle rocce ben ossidate e ad arricchimento a solfuri.

Un tardo periodo di fagliazione generò una faglia normale con uno spiazzamento di circa 50 metri che divide il distretto in parte nord e sud. Tale faglia spacca le vene permettendo la conseguente erosione e ridistribuzione dell'argento, contenuto nei minerali argentiferi, sulla superficie delle vene e rocce adiacenti.

La cementazione è generalmente ristretta alle rocce più basse dei calcari "Delirio". Discendendo, le acque meteoriche precipitarono il loro disciolto contenuto d'argento su estese rocce primarie; di conseguenza le parti superiori delle zone a cementazione furono selettivamente arricchite in modo che il grado di mineralizzazione diminuisce dalla cima al fondo dello strato calcareo. Le zone cementate variano in spessore da un minimo di circa 40 metri a nord ad un massimo di circa 150 metri a sud (Whitehead, 1942). I minerali caratteristici di queste zone "Bonanza" sono: Stefanite, Acantite, Dicrasite, Stromeyerite, Pearcite, Polibasite e Argento nativo. L'arricchimento più intenso è rappresentato da vene di Dicrasite massiva.

Sotto la zona di cementazione, e separata da questa da uno strato di rocce vulcaniche molto spesso, si trova un secondo strato calcareo chiamato "Negro", caratterizzato da una insolita ossidazione delle vene. Qui le vene sono molto spesse (circa 10 metri). I processi di ossidazione sviluppano alidi, ordinati secondo le zone e le relative solubilità.

I minerali della zona ossidata includono anche: Cloroargirite, Bromargirite, Tocomalite, Embolite e Iodargirite. A complicare le cose, lo scorrimento delle acque meteoriche al suolo, portò la zona ossidata a svilupparsi a scapito di quella cementata e porzioni di minerali cementati risultano in parte sostituite da alidi d'argento. Dopo la formazione degli alidi seguì un breve periodo durante il quale i processi di ossidazione erano reversibili e l'Argento nativo e piccole quantità di Argentite rivestirono, alterarono, almeno parzialmente, un po' degli alidi prima formati (Whitehead, 1919).

Microsferule extraterrestri

di Eugenio e Andrea Ragazzi

(articolo pubblicato sul *Notiziario di Mineralogia e Paleontologia* della FESPEM n.23, settembre 2001)

Fiamme immense nel cielo, tali da vincere il chiarore della luna, ed un impeto di vento: così viene descritto un cataclisma osservato in Belgio nella notte del 18 febbraio 1564. Dal racconto,

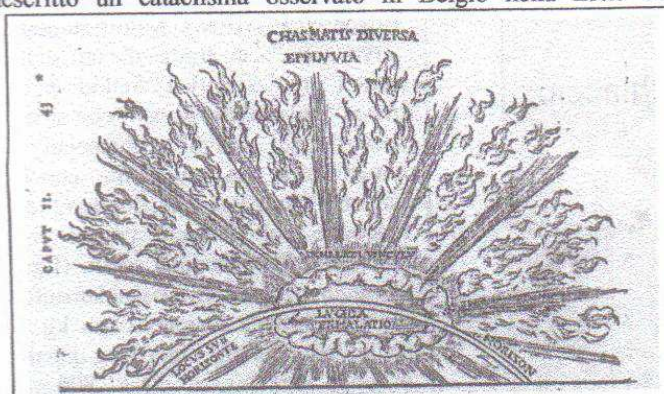


Figura 1. L'evento celeste del 1564, descritto da Cornelio Gemma nel *De Naturae Divinis Characterismis* (Anversa, 1585)

accompagnato da un'eloquente figura (figura 1), potremmo pensare alla caduta di una meteorite. Eventi di questa portata, fortunatamente per noi, non sono frequenti. Nonostante la Terra sia colpita da oggetti provenienti dallo spazio, la maggior parte di tale materiale cosmico è costituito da minuscole particelle che hanno un diametro intorno a 200 μm . Si stima comunque che almeno 40.000 tonnellate di detriti, originati da comete o asteroidi, ma anche costituiti da polvere interstellare, colpiscano ogni anno il nostro pianeta. Le meteoriti entrano nell'atmosfera ad altissima

velocità, anche di 70 km/sec; alcune vaporizzano per l'attrito generato con l'impatto atmosferico, ma altre possono sopravvivere e giungere fino alla superficie terrestre. Una forma molto particolare di meteoriti è costituita dalle cosiddette "sferule cosmiche". Si tratta di particelle sferiche di dimensioni submillimetriche, formate a seguito della fusione del materiale cosmico durante l'ingresso nell'atmosfera terrestre. Queste strutture mostrano forma e superficie che sono il risultato di una complessa storia di fusione/raffreddamento, non escludendo fenomeni di collisione multipla tra queste stesse particelle o di interazione con aerosol nell'atmosfera. Micrometeoriti con dimensioni molto piccole, inferiori in genere a 15 μm , che fanno parte della cosiddetta "polvere interplanetaria", entrano nell'atmosfera senza fondere e possono essere raccolte nella stratosfera praticamente intatte; quando esse giungono al suolo si mescolano con detriti di origine terrestre e divengono quindi di difficile identificazione. Microsferule di varia natura (metallica, rocciosa o vetrosa) rinvenute in vari sedimenti possono avere origine differente (Solt et al, 2000). Esistono microsferule terrestri, formate a seguito di attività vulcanica, sedimentologica, batterica; ancora si possono trovare microsferule originate da attività umane (fornaci, altiforni, esplosioni nucleari) o formate a seguito della fusione di rocce terrestri dopo l'impatto di una meteorite. Infine rimangono le microsferule di vera origine cosmica. Da alcuni studiosi, per far notare che talora non si tratta di materiale extraterrestre (in inglese "meteorite" ha la stessa pronuncia di "meteoright", che potremmo tradurre come "meteorite vera") è stato coniato, come gioco di parole, il termine "meteorong" o "meteowrong" per indicare, in contrapposizione, una "meteorite finta". Questo per dire che non è sempre agevole discernere a prima vista tra materiale terrestre ed extraterrestre.

La prima descrizione di sferule microscopiche di origine extraterrestre risale al 1876 a opera di Sir John Murray il quale le rinvenne in sedimenti oceanici recuperati nel corso della spedizione scientifica a bordo della nave *Challenger*, che dal dicembre 1872 al maggio 1876 fece ben 362 operazioni di campionatura oceanografica. Per inciso va rilevato che tutte le osservazioni sul materiale raccolto, effettuate da oltre 100 scienziati sotto la direzione dello stesso Murray, furono pubblicate in un'opera monumentale di 50 volumi dal titolo *"The Report of the Scientific Results of the Exploring Voyage of H.M.S. Challenger during the years 1873-76"*.

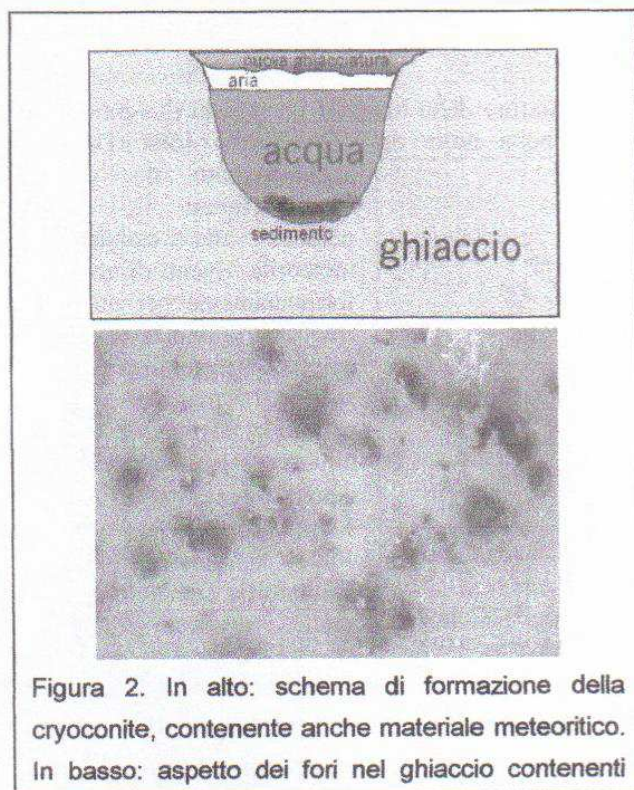


Figura 2. In alto: schema di formazione della cryoconite, contenente anche materiale meteoritico. In basso: aspetto dei fori nel ghiaccio contenenti

Sferule cosmiche sono state trovate nel ghiaccio dell'Antartide e della Groenlandia e talora in rocce sedimentarie (Marette et al., 1987; Taylor et al., 1998). Molto studiata è la "cryoconite": si tratta di un sedimento scuro ("cryo" significa "freddo" e "conite" indica "polvere di roccia") che si rinviene spesso nei laghi ghiacciati della Groenlandia. La cryoconite consiste di polvere, detriti, alghe, batteri; essa si raccoglie nel ghiaccio perché i detriti assorbono la radiazione solare (figura 2), causando così il riscaldamento del ghiaccio, fino a fusione. Ogni kg di tale sedimento contiene circa 10 g di sabbia di origine terrestre e circa 800 sferule cosmiche e 200 micrometeoriti non fuse o parzialmente fuse. Le sferule cosmiche sono rappresentative dell'intero spettro di materiali che collidono con la Terra, e addirittura molto più rappresentative delle stesse meteoriti di dimensioni macroscopiche. Micrometeoriti e sferule cosmiche sono oggi considerate l'unico

vero mezzo scientifico per poter ricavare correlazioni interplanetarie, poiché si ritiene siano costituite da materia presente in ogni pianeta del Sistema Solare. Uno studio sistematico delle micrometeoriti e sferule raccolte in diversi orizzonti geologici può rivelare periodi di maggiore o minore impatto nelle diverse epoche. Purtroppo il materiale fossile di origine cosmica va incontro a degradazione o alterazione chimica più o meno importante già entro mezzo milione di anni; i dati più antichi oggi noti sono limitati a sferule cosmiche rinvenute in alcuni sedimenti Eocenici (Taylor & Brownlee, 1991) e Giurassici (Jéhanno et al., 1988). Qualche anno fa è stata però segnalata la presenza, eccezionale, di queste sferule nei sedimenti di Satakunta della Finlandia sud-occidentale, risalenti a circa 1.4 miliardi di anni fa (Deutsch et al., 1998). Nel 1999 è sorta un'Associazione scientifica internazionale che si interessa con estremo rigore metodologico di sferule cosmiche e terrestri. Si tratta del TE.CO.S., ossia il *Terrestrial and Cosmic Spheres research group*, che si propone di coordinare gli studi su questo nuovo argomento nell'ambito delle Scienze della Terra. Molto appropriato è il motto dell'Associazione: "*Quae ratio est igitur?*" (Qual è dunque la spiegazione?) (Lucrezio, *De Rerum Natura*, VI 848-861) che vuol essere un incitamento a indagare l'origine di queste sferule. In un documento programmatico (reperibile in Internet all'indirizzo <http://www.tecos.org/Presentation.htm>) si raccomanda che lo studio delle sferule sia globale, in quanto non basta aver trovato queste strutture a livello ubiquitario, ma è necessario creare ordine in questo nuovo e stimolante campo di ricerca, iniziando a classificare le diverse sferule rinvenute, e analizzandone la distribuzione in diversi sedimenti.

A chi voglia approfondire l'argomento, consigliamo senz'altro di entrare nelle splendide pagine Internet dell'Associazione (<http://www.tecos.org>).

Un articolo apparso qualche tempo fa su questa Rivista ha puntato l'attenzione su microsferule metalliche rinvenute nelle sabbie di fiumi del Piemonte (Albano, 1999). L'interessante studio condotto dall'Autore ha permesso di suggerire una probabile origine cosmica di queste particelle. Sulla scia di tale segnalazione abbiamo voluto verificare la presenza di queste sferule anche in altre località.

Secondo le informazioni tratte dal documento del *Jet Propulsion Laboratory* della NASA (si veda ad esempio il sito Internet <http://www.solarviews.com/eng/edu/micromet.htm>), un facile modo di trovare micrometeoriti e sferule cosmiche è semplicemente guardare tra il detrito che si raccoglie alle estremità delle grondaie: la polvere cosmica che giunge sul tetto delle nostre case, dopo un temporale viene infatti lavata via e si concentra al termine del percorso attraverso le grondaie. Con una calamita è facilissimo catturare il materiale magnetico, che in questo caso è ad alta probabilità di essere di origine cosmica. Abbiamo messo in pratica questo suggerimento ed abbiamo effettivamente potuto reperire moltissime sferule metalliche, del tutto analoghe a quelle descritte in precedenza.

Passando con una calamita sulla sabbia della spiaggia dell'Adriatico, a Sottomarina (VE), abbiamo avuto modo di raccogliere una discreta quantità di polvere ferromagnetica. Osservando il materiale al microscopio, tra i molti frammenti di magnetite abbiamo potuto rinvenire diverse sferule, di dimensioni variabili tra 20 e 350 μm . Il problema di definire l'origine di tali corpuscoli si ripropone anche con la sabbia marina da noi analizzata. Una prima osservazione al microscopio ottico ha permesso di differenziare varie morfologie nell'ambito delle strutture sferiche; molte mostrano una superficie lucente e apparentemente compatta, ma altre sono strutture cave con un foro chiaramente visibile (figura 3), piuttosto fragili. Altre volte si tratta di strutture non perfettamente sferiche, ma un po' allungate, con un "picciolo" ad una estremità. Pur essendo metalliche, non presentano segni evidenti di degradazione.



Figura 3. Aspetto al microscopio ottico di alcune delle sferule rinvenute tra le sabbie dell'Adriatico. Diametro della sferula maggiore: 350 μm .

Particolarmente interessante è la struttura delle sferule cave, la cui dinamica di formazione è stata descritta da Bi-Dong *et al.* (1993). Un corpo meteoritico ferroso (figura 4), al suo impatto con l'atmosfera terrestre, per attrito va incontro a riscaldamento fino a fusione. Nelle parti più alte dell'atmosfera, a contatto con l'ossigeno, la superficie delle gocce metalliche fuse subisce ossidazione, formando un guscio di ossidi. Per il persistere di elevate temperature, si vengono a formare wustite (FeO), ematite (Fe_2O_3) e magnetite (Fe_3O_4). Il nichel, presente nelle meteoriti ferrose, essendo più refrattario all'ossidazione, rimane all'interno della fusione; qui costituisce un nucleo interno in lega Fe-Ni, che si arricchisce sempre più in nichel, al procedere dell'ossidazione del ferro. Quando la goccia metallica viene a contatto con gli strati più bassi dell'atmosfera, si ha un veloce raffreddamento del materiale stesso e una rapida decelerazione. Per effetto di forze inerziali e centrifughe, talora il nucleo più denso di Fe-Ni si disloca e può essere espulso dalla struttura originaria. Rimane così un "involucro" cavo, costituito da ossidi di ferro.

Come accennato in precedenza, non tutte le sferule magnetiche hanno un'origine extraterrestre; materiale particellare costituito in parte da magnetite (Fe_3O_4) può derivare da processi industriali, ma in genere le dimensioni sono inferiori a 20 μm . Sferule possono derivare da gocce di saldatura, ma in tal caso hanno elevati contenuti in manganese e cromo. La presenza di wustite (FeO) è considerata tipica delle sferule cosmiche, in quanto è rarissima nell'ambiente fortemente ossidante presente sulla Terra.

La prima idea quindi è stata di definire la composizione delle sferule rinvenute. Impiegando una microsonda elettronica (*Electron MicroProbe Analysis*, o EMPA) è stato possibile condurre una analisi elementare, per ora del tutto preliminare, in alcuni punti della superficie di due sferule. Entrambe mostravano un elevato contenuto in ferro (Figura 5) e suoi ossidi, compatibile con un arricchimento superficiale in questo elemento, in linea con il modello descritto da Bi-Dong, mentre assente è il nichel. Sfruttando le possibilità offerte dal microscopio elettronico a scansione (SEM), sono state ottenute alcune immagini tridimensionali di notevole impatto visivo (Figura 6). Una

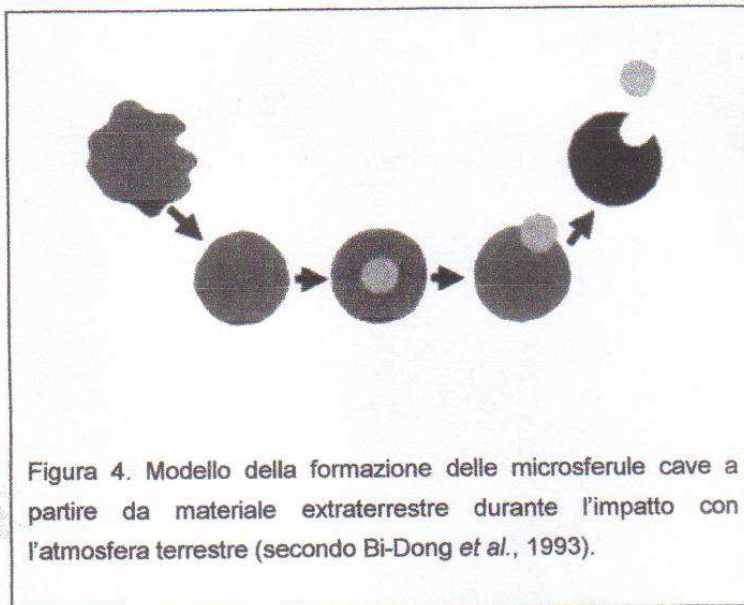


Figura 4. Modello della formazione delle microsferule cave a partire da materiale extraterrestre durante l'impatto con l'atmosfera terrestre (secondo Bi-Dong *et al.*, 1993).

delle sferule, di diametro di 300 μm , a basso ingrandimento mostra una superficie piuttosto liscia, con qualche incavatura (figura 6A). Ad alto ingrandimento la superficie si è dimostrata invece altamente disomogenea, costituita dall'aggregazione di una miriade di componenti irregolari (figura 6 B-C). L'ipotesi di una fusione di microparticelle di polvere cosmica durante il rientro nell'atmosfera si fa qui piuttosto probabile. La seconda sferula, dimostratasi molto fragile tanto da sfaldarsi durante le procedure d'indagine, è risultata composta di simili microparticelle (Figura 6 D-E-F); la loro superficie, osservata ad alto ingrandimento (10.000x, figura 6F), appare disseminata di numerose microcavità a contorno circolare di diametro inferiore a 1 μm .

Molto probabilmente si tratta di strutture formatesi durante la fusione della micrometeorite. Forte però è la tentazione di collegare queste minuscole cavità delle nostre microsferule a recenti osservazioni 6

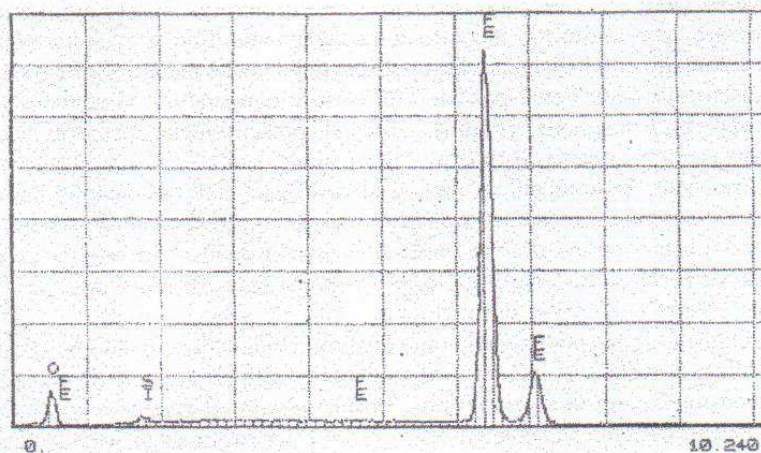


Figura 5. Analisi con microsonda (EMPA) di una delle sferule rinvenute nella sabbia adriatica.

apparso in letteratura. Vari studi sulla famosa meteorite ALH84001 di origine marziana propongono l'ipotesi della presenza di batteri extraterrestri fossilizzati (McKay et al., 1996; Friedmann et al., 2001); questa ipotesi da alcuni è stata vista con scetticismo, e non mancano studi che smentirebbero un'origine biologica di tali formazioni (Golden et al., 2001). Al contrario, alcuni studiosi delle Università di Caltech, Vanderbilt e McGill (USA) avrebbero condotto indagini a dimostrazione addirittura della possibile sopravvivenza di microbi ad un viaggio interplanetario. Un pensiero non può a questo punto non andare anche alla recente segnalazione, da parte di ricercatori italiani, di possibili batteri provenienti dallo spazio, i "cryms" o "cristallomicrobi", giunti sulla Terra attraverso meteoriti. La teoria della "panspermia", ossia dell'origine interplanetaria della vita, non è certo nuova, essendo stata formulata più di un secolo fa da Arrhenius (1908). Simulazioni condotte con modelli di laboratorio hanno dimostrato che la struttura di una meteorite può permettere l'efficace protezione di un microrganismo nei confronti del riscaldamento ad alte temperature (600 °C), ed anche verso altissime forze di accelerazione (45 GPa) (Mastrapa et al., 2001), paragonabili a quelle necessarie all'espulsione di materiale da un corpo celeste. Studi condotti nello spazio dalla NASA hanno poi dimostrato che spore batteriche di *Bacillus subtilis* (lo stesso microrganismo che possiamo assumere a scopo terapeutico per contrastare in modo biologico la proliferazione di batteri patogeni intestinali causa di gastroenteriti) possono resistere addirittura al vuoto cosmico anche per 6 anni (Horneck, 1993) e probabilmente molto più a lungo. Alla luce di nuovi dati, forse dovremmo riconsiderare molti concetti scientifici finora ritenuti poco probabili o addirittura impossibili.

Bibliografia

- Albano G. (1999). A proposito di sferule metalliche-magnetiche. *Notiziario di Mineralogia e Paleontologia*, 16 (Dic. 1999): 7-12.
- Arrhenius S. (1908) *Worlds in the Making*. Harper & Brothers, New York.
- Bi-Dong, Morton RogerD, Wang Kun (1993). Cosmic nickel-iron alloy spherules from Pleistocene sediments, Alberta, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57(16): 4129-4136.
- Deutsch A, Greshake A, Pesonen L, Pihlaja P. (1998). Unaltered cosmic spherules in a 1.4 Gyr-old sandstone from Finland. *Nature*, 395:146-148.
- Friedmann EI, Wierzechos J, Ascaso C, Winklhofer M. (2001). Chains of magnetite crystals in the meteorite ALH84001: Evidence of biological origin. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 98:2176-2181.
- Golden DC, Ming D W, Schwandt C S, Lauer H V Jr., Socki A, Morris RV, Lofgren GE, McKay GA. (2001). A simple inorganic process for formation of carbonates, magnetite, and sulfides in Martian meteorite ALH84001. *American Mineralogist* 86: 370-375.
- Horneck G. (1993) Responses of *Bacillus subtilis* spores to space environment: results from experiments in space. *Orig. Life Evol. Biosph.*, 23:37-52.
- Jéhanno C, Boclet D, Bonté Ph, Castellarin A, Rocchia R (1988). Identification of two populations of extraterrestrial particles in a Jurassic hardground of the Southern Alps. *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.*, 18:623-630.
- Marette M, Jéhanno C, Robin E, Hammer C. (1987). Characteristics and mass distribution of extraterrestrial dust from the Greenland ice cap. *Nature*, 328:699-702.
- Mastrapa RME, Glanzberg H, Head JN, Melosh HJ, Nicholson WL. (2001) Survival of bacteria exposed to extreme acceleration: implications for panspermia. *Earth & Planetary Science Letters*, 189:1-8.
- McKay DS, Gibson EK Jr., Thomas KL, Vali H, Romanek CS, Clemett SJ, Chillier XDF, Maechling CR, Zare RN (1996). Search for past life on Mars; possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001. *Science*, 273: 924-930.
- Solt P, Detre CSH, Don GY. (2000). Different spherule-producing events and spherule-bearing horizons. *31st IGC*, Rio de Janeiro (Brazil), August 2000, abstract no. G2506003.
- Taylor S, Brownlee DE (1991). Cosmic spherules in the geologic record. *Meteoritics*, 26:203-211.
- Taylor S, Lever JH, Harvey R. (1998). Accretion rate of cosmic spherules measured at the South Pole. *Nature*, 392:899-903.

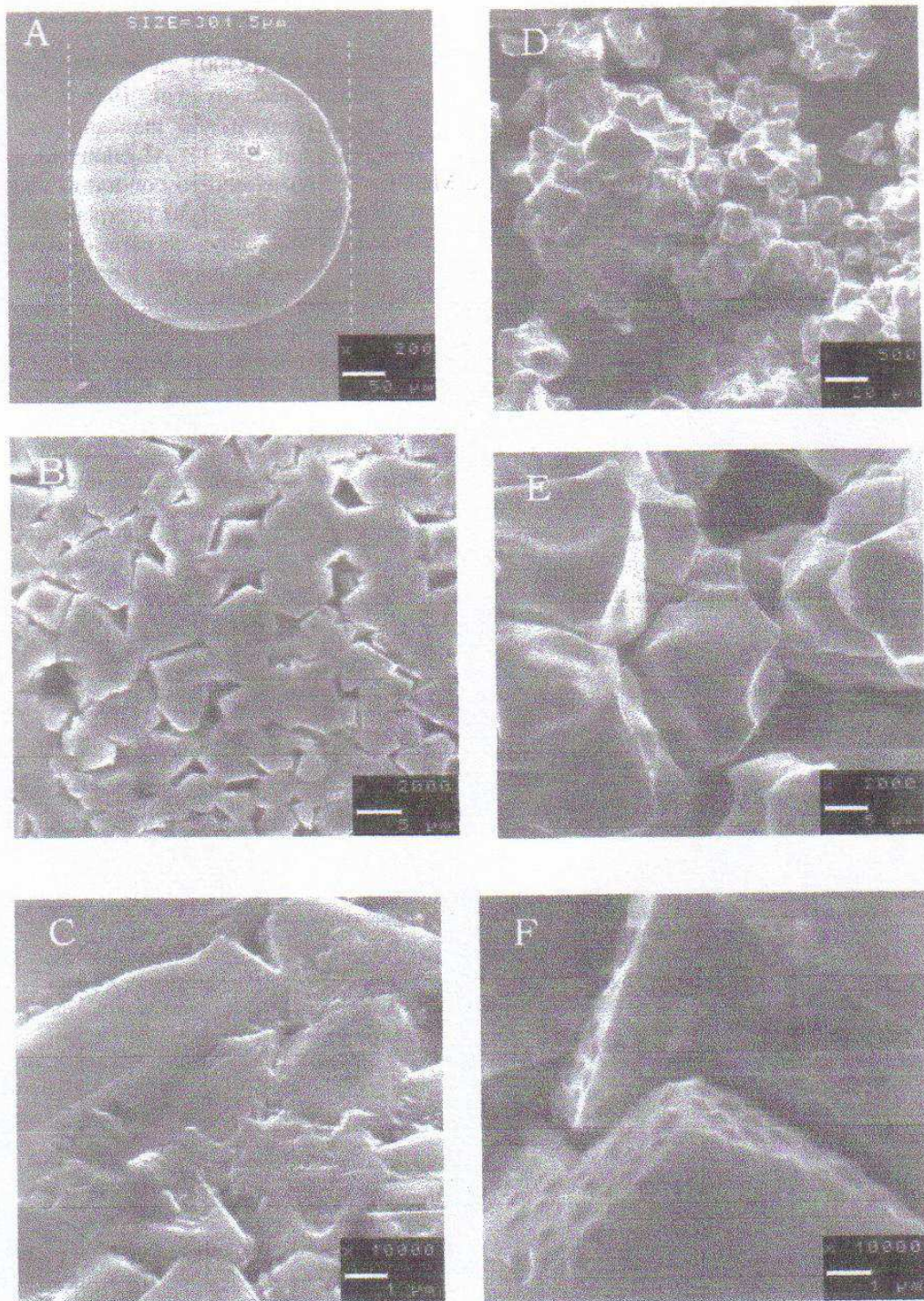


Figura 6. Immagini al microscopio elettronico a scansione (SEM) di microsferule rinvenute sulla sabbia del litorale adriatico. A-B-C: immagini di una sferula metallica del diametro di circa 300 μm ; si notino i dettagli a ingrandimento crescente (200x, 2000x, 10.000x). D-E-F: immagini di frammenti ottenuti da una seconda sferula metallica (ingrandimenti 500x, 2000x, 10.000x). Da rilevare le numerose cavità di diametro inferiore a 1 μm , evidenti ad alto ingrandimento.