

# GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

Periodico della Società Geologica Italiana

n. 14 | luglio 2024

## ALL'OMBRA DEL SUPERVULCANO DI BOLZANO, un viaggio alla scoperta della vita tra vulcani e caldere fossili

### IL REGNO MINERALE:

i principi per definire  
i solidi naturali dell'Universo

### SICILIA,

terra promessa della Geotermia

### TERMOCRONOLOGIA:

la relazione tra tempo e temperatura  
che ci aiuta a capire processi  
profondi e di superficie



SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA ETS

FONDATA NEL 1881 - ENTE MORALE R. D. 17 OTTOBRE 1885



Direzione generale  
Educazione, ricerca  
e istituti culturali

Le attività sono realizzate grazie al  
contributo concesso dalla Direzione  
generale Educazione, ricerca e istituti  
culturali del Ministero della Cultura

# Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare



## Magnetometri terrestri



Leggeri e intuitivi per rilievi ambientali e geologici: progetto preimpostato, dati visualizzati a colori e con il rumore di fondo più basso del mercato.

## Magnetometri marini



Rapidi, accurati, acquisiscono dati ad altissima risoluzione in acque poco o molto profonde. G-882 è l'unico certificato per le bonifiche OBI-UXO nel mare del Nord.

## Magnetometri per drone



La tecnologia MFAM diminuisce di 10 volte dimensioni e consumi e mantiene l'altissima risoluzione.



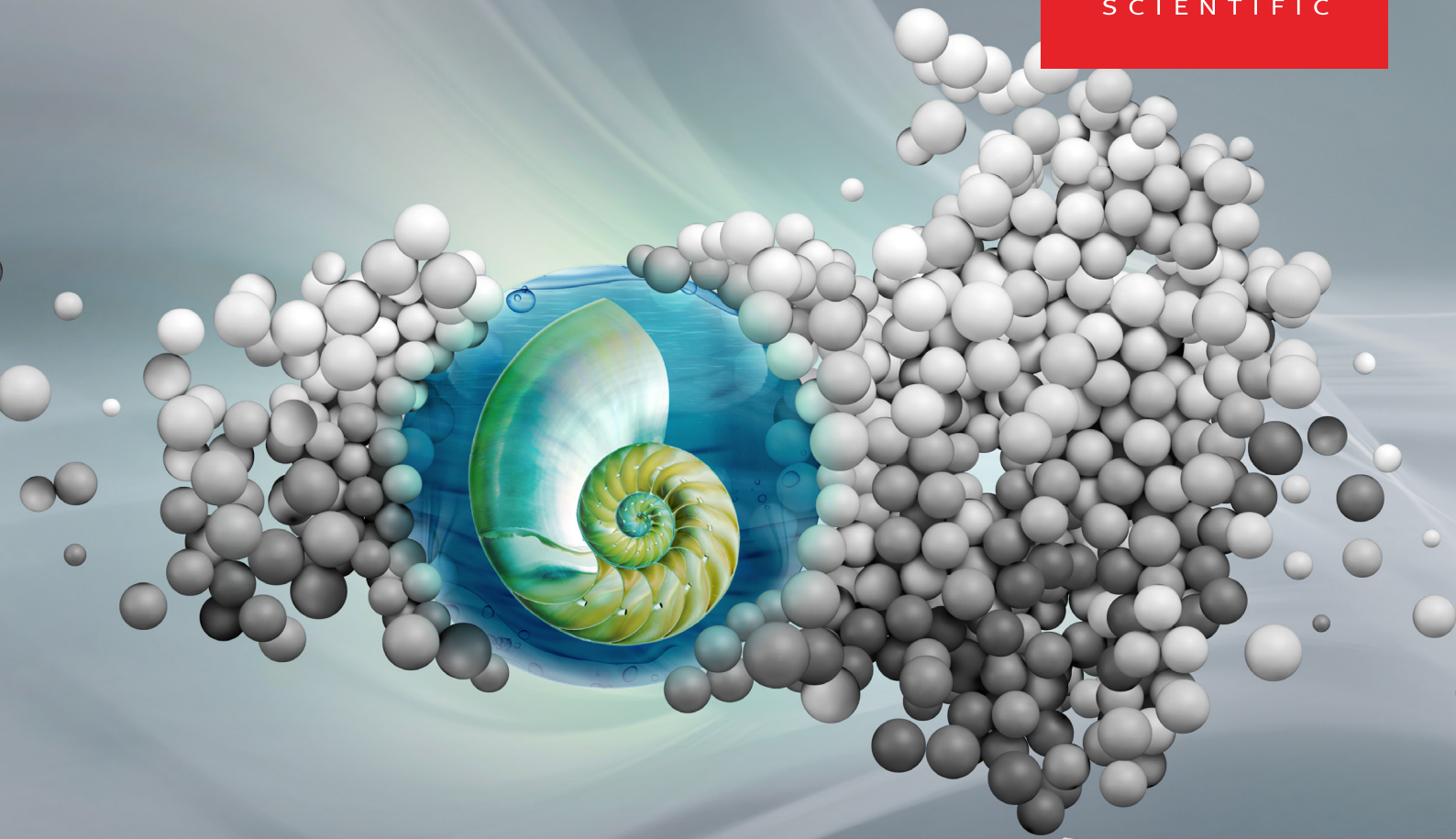
Codevintec rappresenta anche:



## CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

tel. +39 02 4830.2175 | [info@codevintec.it](mailto:info@codevintec.it) | [www.codevintec.it](http://www.codevintec.it)



Mass spectrometry



# Break through the noise

## One instrument: a world of possibility

### Neoma MS/MS Multicollector ICP-MS

Complex science doesn't mean complicated analyses. The Thermo Scientific™ Neoma™ MS/MS MC-ICP-MS filters out the noise to give you world-class isotope ratio data with stunning clarity.

The unique MS/MS technology within Neoma MS/MS MC-ICP-MS allows you to separate out isobaric interferences utilizing a pre-cell mass filter in combination with a dedicated collision/reaction cell.

Neoma MS/MS MC-ICP-MS allows you to measure in both standard MC-ICP-MS mode or by using the MS/MS technology. **Push the boundaries of your science!**

Learn more at [thermofisher.com/msms](https://thermofisher.com/msms)

thermo scientific

# GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

## CONTRIBUTI

- P. 8** ALL'OMBRA DEL SUPERVULCANO DI BOLZANO, un viaggio alla scoperta della vita tra vulcani e caldere fossili
- P. 16** IL REGNO MINERALE: i principi per definire i solidi naturali dell'Universo
- P. 26** SICILIA, terra promessa della Geotermia
- P. 36** TERMOCRONOLOGIA: la relazione tra tempo e temperatura che ci aiuta a capire processi profondi e di superficie

## ASSOCIAZIONI

- P. 46** Società GEOCHIMICA Italiana
- P. 48** Associazione Italiana DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA
- P. 50** Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA
- P. 52** Società PALEONTOLOGICA Italiana
- P. 54** Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI
- P. 56** Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana

## SEZIONI

- P. 57** GEOLOGIA Strutturale
- P. 58** GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche & IdroGEOLOGIA
- P. 60** GEOETICA e Cultura Geologica
- P. 61** GEOLOGIA Himalayana
- P. 62** Storia delle GEOSCIENZE
- P. 63** GEOsed
- P. 64** GEOLOGIA Ambientale
- P. 65** GEOLOGIA Planetaria
- P. 66** GEOLOGIA Marina

Rivista quadrimestrale SGI - Società Geologica Italiana | Numero 14 | luglio 2024 | SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA  
Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma | [www.socgeol.it](http://www.socgeol.it) | Tel: +39 06 83939366  
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 34/2020 del Registro stampa del 24 marzo 2020

**DIRETTORE EDITORIALE** Enrico Capezuoli

**COMITATO EDITORIALE** Fabio Massimo Petti, Elena Bonaccorsi, Francesca Cifelli, Alessandro Danesi, Riccardo Fanti, Patrizia Fumagalli, Giulia Innamorati, Susanna Occhipinti, Domenico Sessa, Marco Chiari, Anna Giamborino, Eugenio Nicotra, Eleonora Regattieri, Orlando Vaselli e Maurizio Del Monte

**COORDINAMENTO SCIENTIFICO** Sandro Conticelli, Domenico Cosentino, Elisabetta Erba e Vincenzo Morra

**DIRETTORE RESPONSABILE** Alessandro Zuccari

## NEWS

**P. 67** NEWS  
DALLA DIVISIONE  
*Diversità, Equità,  
Inclusione - PanGEA*

**P. 68** IL CONGRESSO  
CONGIUNTO  
SGI-SIMP  
*Geology for a  
sustainable management  
of our Planet  
si avvicina...*

**P. 70** IVREA-VERBANO,  
FASE 1 DEL PROGETTO  
ICDP-DIVE:  
*un tuffo nelle radici  
della crosta continentale*

**P. 72** LA SOCIETÀ  
GEOLOGICA ITALIANA  
*al Salone internazionale  
del libro di Torino*

**P. 74** PERFORAZIONI IODP  
A BORDO DELLA  
JODES RESOLUTION  
NEL MAR TIRRENO,  
*dal 1986 al 2024  
cosa è cambiato*



VISITA IL SITO  
DELLA RIVISTA

**P. 7** EDITORIALE

**P. 76** RECENSIONE

**P. 77** NUNTIIUM *de Lapidibus*

**P. 79** NEWS *in pillole*

**P. 81** INCONTRA GLI AUTORI

**P. 82** IL MUST (Museo Universitario di Scienze  
della Terra) *di Sapienza Università di  
Roma: passato, presente e futuro*

GRAFICA, IMPAGINAZIONE E PUBBLICITÀ Agicom srl | Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060 - Castelnuovo di Porto (RM) | Tel. 06 90 78 285 - Fax 06 90 79 256  
comunicazione@agicom.it | www.agicom.it

STAMPA Spadamedia | Viale del Lavoro, 31 - 00143 - Ciampino (RM)

Distribuzione ai soci della Società Geologica Italiana e delle società scientifiche associate e agli Enti e Amministrazioni interessati.

Gli articoli e le note firmate esprimono solo l'opinione dell'autore e non impegnano la Società Geologica Italiana né la Redazione del periodico.

Immagine in copertina: Il lago di Sinigo, circondato da una densa foresta di conifere. In primo piano, esemplari di Eryops riposano sulla sponda del lago. Sullo sfondo, il vulcano del Monte Luco in eruzione (Illustrazione di Davide Bonadonna).

Immagini interne: freepik.com

Chiuso in Redazione: 8 luglio 2024.

## SONDE MULTIPARAMETRICHE

# SONDE MULTIPARAMETRICHE AQUAREAD FINO A 17 PARAMETRI IN CONTEMPORANEA.



Ampia gamma di sonde multiparametriche da utilizzare in acque di falda o acque libere. Realizzate con materiali resistenti alle condizioni chimico-fisiche più aggressive. Le sonde **AquaProbe** di **Aquaread** sono disponibili in configurazione "Package" ossia con un pacchetto completo che comprende tutto il necessario per i rilievi in campo. Il palmare GPS **Aquameter** permette una gestione completa della sonda, tutte le letture sono georeferenziate e memorizzabili in modalità manuale o automatica. Disponibili con cavi di varie lunghezze per attività di profilazione verticale. Utilizzabili anche in cella di flusso per la stabilizzazione dei parametri durante le attività di campionamento. Grazie al data-converter **BlackBox** possono essere integrate in datalogger, PLC, SCADA di terze parti o nella nostra piattaforma in cloud di monitoraggio "TICHE".

Da sempre impegnati nell'offrire le soluzioni tecnologiche più avanzate e affidabili per misure e monitoraggio di livello, campionamenti low-flow e indisturbati, analisi qualitative delle acque sotterranee o di superficie. Abbiamo selezionato i migliori prodotti disponibili sul mercato internazionale per soddisfare le esigenze dei professionisti del settore.



**DATALOGGER E TELEMETRIE**



**CAMPIONAMENTO LOW-FLOW**



**PROFILAZIONE MULTILIVELLO**



**MISURE DI LIVELLO**



DISTRIBUTORI UFFICIALI PER L'ITALIA E RIVENDITORI PER CROAZIA, SLOVENIA E SVIZZERA DEI PRODOTTI SOLINST®

**Una partnership di successo che dura da oltre trent'anni.**



[WWW.EGEO.LAB.IT](http://WWW.EGEO.LAB.IT)

# EDITORIALE



**Rodolfo  
CAROSI**

Presidente SGI - Società Geologica Italiana

Con il secondo numero di Geologicamente del 2024 sta avvenendo un importante passaggio di consegne tra Enrico Capezzuoli, che ha curato e sviluppato Geologicamente fino dalle origini con moltissimo impegno, passione e bellissimi risultati, apprezzati da tutti, e Marco Chiari che prenderà il suo posto nella gestione editoriale di questa importante attività della Società Geologica Italiana rivolta ad un pubblico anche di non geologi. A Marco i migliori auguri della Società Geologica Italiana per un testimone difficile da raccogliere e un fortissimo ringraziamento ad Enrico per tutto quello che ha fatto e per aver saputo interpretare al meglio il suo ruolo!

Geologicamente continua il suo percorso con tre tematiche intriganti: Ferdinando Bosi ci conduce nell'infinitamente piccolo nel regno minerale per farci capire i principi per definire i solidi naturali dell'universo; Chiara Amadori si avventura sulla relazione tra tempo e temperatura che ci può aiutare a comprendere meglio i processi geologici profondi e



**Enrico  
CAPEZZUOLI**

Direttore Editoriale Geologicamente

Avete mai alzato gli occhi al cielo in una tersa serata estiva??? Penso che ciascuno di noi, almeno una volta in una delle stagioni della nostra vita, si siano lasciati trasportare via dalla sconfinata vastitudine di un cielo stellato. Sarà sicuramente l'«infinito» che letteralmente prende forma, sarà l'enigmatica disposizione delle stelle che ci spinge sempre a riconoscere forme e geometrie a noi più familiari, sarà il silenzio che generalmente accompagna questi momenti, ma tutti sono rimasti in silenzio a contemplare questo assolo della natura.

Vi invito a fare lo stesso durante una tersa giornata estiva, ma questa volta verso il basso, possibilmente (ma non necessariamente) da una posizione panoramica. Sicuramente tutti non andranno a cercare geometrie e luci,

di superficie. Infine, Evelyn Kustatcher ci conduce all'ombra del Supervulcano di Bolzano, un viaggio alla scoperta della vita tra vulcani e caldere fossili.

La Società Geologica Italiana è uscita per la prima volta totalmente al di fuori della *comfort zone* geologica o delle geoscienze, all'interno delle quali si muove a suo agio sino dagli inizi, per presentarsi, con una certa dose di coraggio e intraprendenza, al Salone Internazionale del Libro di Torino dal 9 al 13 maggio 2024, che ha visto oltre 220.000 partecipanti, con uno *stand* dedicato e un incontro tematico sui cambiamenti climatici visti con l'occhio del geologo. I risultati sono estremamente incoraggianti avendo suscitato l'interesse di moltissimi non geologi sui prodotti editoriali della SGI (Geologicamente, Guide Geologiche, libri, schede sulle Scienze della Terra oggi in Italia, carte geologiche, attività varie, etc.). È stato bello vedere l'interesse per la geologia negli occhi delle persone che si sono avvicinate allo *stand*!

La strada di fare conoscere la geologia al di fuori della nostra ristretta cerchia, iniziata con Geologicamente, ha fatto un ulteriore e importante passo in avanti e in questa direzione intendiamo sviluppare ulteriormente le future attività della SGI.

Questa bella scienza, così variegata, che ci piace tanto e che è così utile e affascinante merita di essere fatta conoscere a più persone possibili!

e probabilmente la maggioranza delle persone rimarranno perplessi dal "cosa osservare" (senza contare coloro che avranno sintomi di vertigini se sono molto in alto...). Tutti coloro che sono appassionati di geologia sanno di cosa parlo. È guardare direttamente il mondo che quotidianamente ci circonda e riconoscere una forma creata da un processo geologico, una roccia, un granulo, una frattura. Riconoscere una storia, un evento, un tempo che è rimasto lì cristallizzato per milioni di anni, fossilizzato in quel momento, disposto in quel dettaglio, ma che ci racconta di come è successo alla stessa maniera se stesse succedendo esattamente in questo momento.

Questa capacità di leggere il nostro pianeta, comprendere quello che ha acquisito in maniera esperienziale durante i suoi miliardi di anni di esistenza e che quotidianamente ci propone con le sue rocce e le sue geometrie è sicuramente un privilegio di pochi...e mi fa piacere di essere tra loro. Spero che anche tutti voi sappiate godere e realizzare di questo privilegio durante la vostra estate.

Dovunque sarete, durante il vostro percorso della vita, non dimenticate di girarvi e ammirare il panorama. *Mente et malleo!!!*

# ALL'OMBRA DEL SUPERVULCANO DI BOLZANO, *un viaggio alla scoperta della vita tra vulcani e caldere fossili*

a cura di Evelyn Kustatscher e Corrado Morelli

**L**e supereruzioni da collasso calderico sono uno dei processi naturali più catastrofici che si sono verificati sul nostro pianeta. Contrariamente ad altri processi naturali la loro frequenza è molto bassa e l'umanità fortunatamente non ha ancora avuto modo di osservarle direttamente. Esse sono note solo dal *record* geologico del passato e si sa relativamente poco sui meccanismi e tempi di messa in posto o sulle conseguenze di lungo periodo sugli ecosistemi. In Trentino-Alto Adige sono presenti grandi volumi di rocce vulcaniche del Permiano note come porfidi. Recenti studi per la realizzazione della Carta Geologica d'Italia 1:50.000 ne hanno dettagliato la stratigrafia riconoscendovi diverse eruzioni, tra le quali almeno due gigantesche da collasso calderico. La presenza di rocce clastiche continentali, intercalate a più riprese alle vulcaniti, con preservate molte tracce fossili di piante e animali, ha consentito la ricostruzione dei paleoambienti e le comunità ecologiche che si evolsero all'ombra del Supervulcano.





La ricostruzione realizzata da Davide Bonadonna rappresenta il lago di Sinigo, circondato da una densa foresta di conifere. In primo piano, degli esemplari di *Eryops* riposano sulla sponda del lago. Sullo sfondo, il vulcano del Monte Luco è in eruzione, con una nube di cenere che si alza verso il cielo. A breve, un'inondazione seppellirà la foresta, fossilizzandola per sempre.



### Keywords

- Supervulcano
- Ecosistemi terrestri
- Paleobotanica
- Paleozoologia
- Permiano inferiore

### Corrado Morelli

Servizio Geologico, Provincia  
Autonoma di Bolzano.

## INTRODUZIONE

I vulcani hanno sempre spaventato e affascinato l'umanità per la loro forza naturale, la natura distruttiva e il pericolo che rappresentano per gli esseri umani (vedi, ad esempio, la lettera di Plinio il Giovane in cui descrive l'eruzione del Vesuvio nel 79 d.C.). Vulcani migliaia di volte più grandi del normale, capaci di espellere più di 1000 km<sup>3</sup> di magma e ceneri vulcaniche durante un'unica eruzione, sono chiamati supervulcani, e sono associati a mega-caldere con un diametro che può superare anche i 100 km. I supervulcani noti più famosi sono le caldere di La Garita, Long Valley e Yellowstone negli USA, Taupo in Nuova Zelanda e la caldera di Toba in Indonesia formatasi durante la più grande eruzione vulcanica esplosiva del Quaternario.

Studi condotti sulle mega-eruzioni del passato, sia remoto che più recente,

hanno documentato l'impatto che questi eventi hanno avuto sugli ecosistemi circostanti e anche sul clima (Rampino & Self, 1992; Ambrose, 1998; Buggisch et al., 2010). Inoltre, alcune delle estinzioni di massa avvenute nella storia della Terra sono state innescate o fortemente influenzate da periodi di forte attività vulcanica a livello globale, come l'estinzione avvenuta alla fine del Permiano (Benton & Newell, 2014) o intorno al limite Cretacico/Paleogene. Tuttavia, le conseguenze regionali e globali a lungo termine di singole eruzioni super-vulcaniche rimangono poco comprese (Oppenheimer, 2011). Gli effetti delle eruzioni vulcaniche sugli ecosistemi viventi sono un argomento di grande interesse per ecologi, botanici e zoologi (Aplet et al., 1998), ma pochi studi sono stati condotti su materiale fossile, principalmente a causa della scarsità

di depositi sedimentari direttamente associati alle eruzioni vulcaniche.

Le ricerche condotte negli ultimi 25 anni per la realizzazione della carta geologica d'Italia 1:50.000 hanno messo in luce la presenza di un supervulcano risalente al Permiano inferiore (circa 280 milioni anni fa) e oggi affiorante nelle province di Bolzano e Trento (Fogli geologici 026 Appiano, 013 Merano, 043 Mezzolombardo e 060 Trento; Ispra, Carta Geologica d'Italia 1:50.000, [www.isprambiente.gov.it/Media/carg/trentino.html](http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/trentino.html))

In questo articolo, esploreremo la natura vulcanica del supervulcano di Bolzano e la vita che prosperava sotto la sua ombra.

## IL SUPERVULCANO DI BOLZANO

Il supervulcano di Bolzano era situato nell'attuale regione Trentino-Alto Adige/Südtirol, coprendo un'area di oltre 4.000 km<sup>2</sup> che si estendeva da Merano a Trento e da Sesto in Val Pusteria fino alla Val di Non (Fig. 1). Le varie eruzioni, verificatesi durante il Permiano inferiore in un arco di tempo di circa 12 milioni di anni (da 286 a 274 milioni di anni fa) hanno dato origine ad un potente e variegato gruppo di rocce che vanno a formare il Gruppo Vulcanico Atesino (Marocchi et al., 2008; Morelli et al., 2012). Il supervulcano di Bolzano è infatti uno dei 10 più grandi in tutto il record geologico (Miller & Wark, 2008), oltre ad essere l'area vulcanica permiana meglio esposta e più estesa in Europa (Willcock et al., 2013; Marocchi et al., 2008).

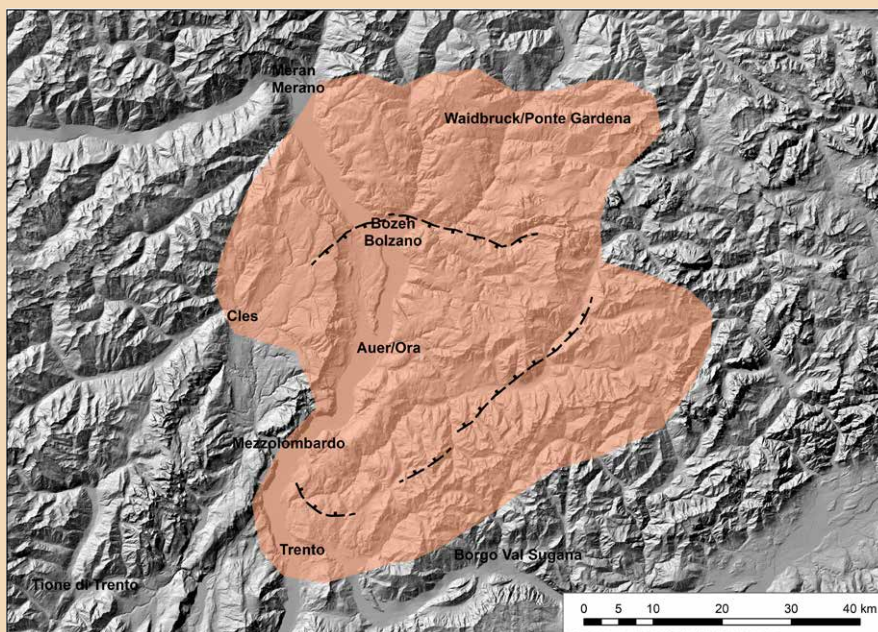


Fig. 1 - Area di affioramento attuale del Supervulcano di Bolzano, la linea nera indica la caldera dell'eruzione di Ora.



**Fig. 2** - Le imponenti pareti esposte lungo la valle dell'Adige a Sud di Bolzano sono incise nell'Ignimbrite di Ora (Vadena).



**Fig. 3** - Tipico aspetto dell'Ignimbrite di Ora (nota come porfidi di Bolzano). Le porzioni irregolari con cristalli grandi sono juvenili porfirici che rappresentano brandelli del magma che ha dato origine all'eruzione.

Il supervulcano di Bolzano ha avuto varie fasi di attività, che produssero una straordinaria quantità di rocce vulcaniche di composizione da andesitica a riolitica, lave in colate e domi, ignimbriti, piroclastiti, subvulcaniti e filoni (Morelli et al., 2007; Marocchi et al., 2008). Tra le varie eruzioni si distinguono in particolare due giganteschi eventi piroclastici ignimbritici: l'Ignimbrite di Gargazzone e l'Ignimbrite di Ora (**Figg. 2 e 3**). Entrambe hanno avuto origine da ampi collassi calderici ed hanno eruttato materiale per un volume di roccia equivalente compreso tra 1000 e 2000 km<sup>3</sup>. In particolare, i depositi correlati alla supereruzione di Ora, che chiude l'attività vulcanica permiana, offrono delle spettacolari

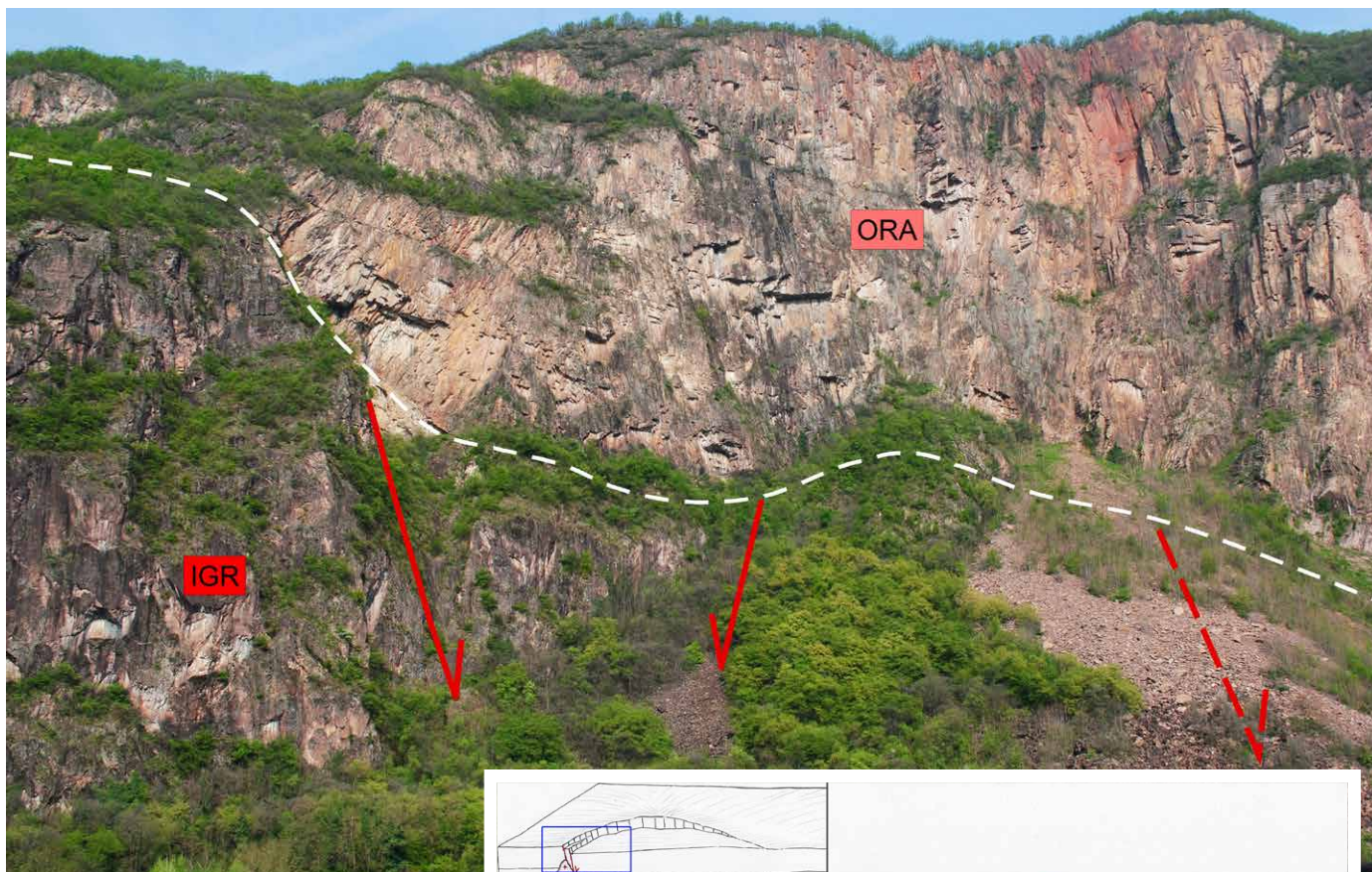
esposizioni lungo l'incisione dell'Adige con le geometrie della caldera di 40 km di diametro perfettamente conservate (**Fig. 4**). L'Ignimbrite di Ora copre un'area di oltre 2000 km<sup>2</sup> con spessori fino a 1300 m nella caldera e da 250 a pochi metri nelle aree esterne (Brandner et al., 2016).

## I BACINI SEDIMENTARI DEL SUPERVULCANO DI BOLZANO

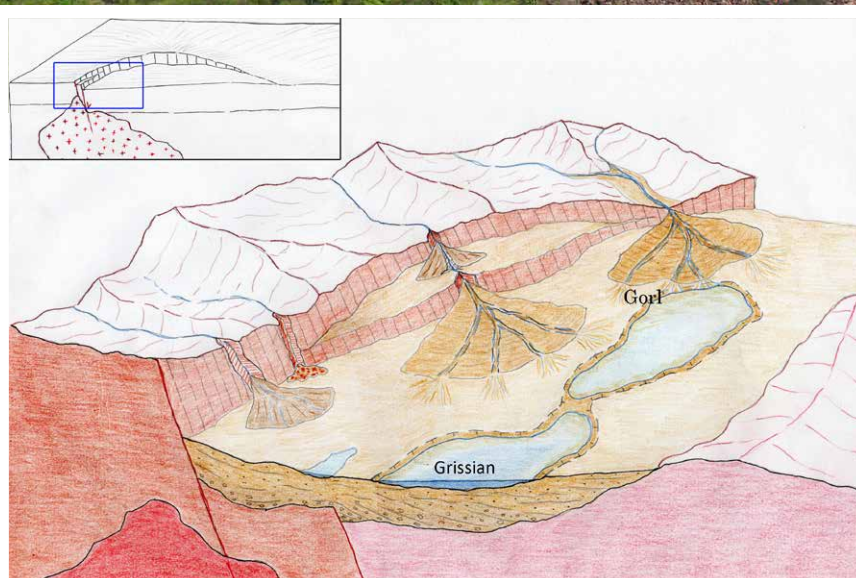
Alle rocce vulcaniche del Supervulcano di Bolzano sono localmente intercalate successioni clastiche sedimentarie che segnano periodi di quiescenza vulcanica (Morelli et al., 2012). Ogni fase vulcano-tettonica ha alterato notevolmente il paesaggio, creando dislivelli e depressioni in grado di ospitare laghi, spostando gli alvei dei fiumi e dando vita ad una morfologia articolata in continua trasformazione. I sedimenti fluvio-lacustri sono di grande interesse poiché contengono una vasta gamma di fossili, tra cui tracce di vertebrati e invertebrati (Avanzini et al., 2007, 2008; Marchetti et al., 2015; Baucon et al., 2024), piante e palinomorfi (Visscher et al., 2001; Forte et al., 2023a; Vallé et al., 2024). I sedimenti conservati nel *record* geologico si sono formati in piccoli bacini isolati e di breve durata tra le varie eruzioni vulcaniche.

I bacini sedimentari individuate sono ben distribuiti nel tempo ma anche nello spazio, essendosi formati sia all'interno che ai margini delle grandi caldere (Fig. 5).

I sedimenti mostrano una grande variabilità di spessore (da 10 a 250 metri), estensione (da centinaia di metri fino a diversi chilometri) e *facies*. Tra le *facies* individuate predominano largamente quelle di conoide alluvionale e da *debris flow*, più rari sono i depositi di piana alluvionale e i sedimenti lacustri che includono selci abiogene e carbonati simili a quelli trovati in ambienti tropicali lacustri di vulcani attuali. Le litologie spaziano da breccie vulcanoclastiche caotiche a conglomerati, ad arenarie grossolane mal selezionate talora laminate, fino a giungere a siltiti, argilliti, livelli carbonatici e selci (Avanzini et al., 2010).



**Fig. 4** - Contatto basale discordante dell'Ignimbrite di Ora sulle unità precedenti (IGR, Ignimbrite di Gries). La geometria dei flussi e delle fratture da raffreddamento all'interno di Ora lascia ipotizzare che lo sviluppo della articolata topografia basale sia legato al collasso calderico avvenuto durante l'eruzione di Ora (Laimburg, Ora).



**Fig. 5** - Ricostruzione dei bacini sedimentari sviluppatasi in un periodo di quiete relativa dopo la supereruzione di Gargazzone e la risorgenza magmatica di Terlano.

## GLI ECOSISTEMI DEL SUPERVULCANO DI BOLZANO

Il clima era caldo poiché l'area del supervulcano si trovava vicino all'equatore. Inoltre, durante il Permiano inferiore, la Terra stava attraversando una transizione dall'era glaciale del Carbonifero a un clima *greenhouse* tipico del Permiano superiore e Triassico (Montañez et al., 2007; Montañez & Poulsen, 2013). Questo ambiente favorì la formazione di ecosistemi complessi, con una vegetazione dominata da conifere e altre piante adattate alle condizioni aride o stagionalmente aride (Fig. 6). Tuttavia, il Supervulcano di Bolzano creò condizioni locali speciali che portarono alla formazione di ecosistemi tendenzialmente più umidi rispetto al resto dell'Europa, nei quali si insediarono una varietà di piante, insetti e tetrapodi (Trümper et al. 2023).

Uno degli ecosistemi più interessanti documentati è un bosco fossile ritrovato a Sinigo, nei pressi di Merano. Questo antico bosco era composto principalmente da conifere alte pochi metri, felci a seme, equiseti e lycopodiacee (Forte et al., 2017, 2018a, b; 2023a, b) (Fig. 6).

Gli alberi vennero sepolti da sabbia durante inondazioni innescate dall'attività vulcano-tettonica, permettendo la conservazione dei tronchi e delle loro radici in posizione originale. Questo tipo di conservazione è raro e fornisce preziose informazioni sulla flora del Permiano (Trümper et al., 2023).

Il supervulcano di Bolzano non ospitava solo piante, ma anche una varietà di animali. Tra i fossili ritrovati nella regione ci sono impronte di grandi anfibi e rettili. Gli anfibi temnospondili, per esempio, erano comuni e variavano da specie completamente acquatiche a forme più terrestri. Questi animali, simili alle moderne salamandre, erano adattati a vivere in ambienti umidi e acquatici. Tra i rettili, uno dei più noti è *Captorhinus*, un piccolo rettile dalle caratteristiche primitive che viveva sia a terra che in acqua. Le sue impronte, ritrovate in diversi strati sedimentari, indicano che questi animali erano attivi nelle zone umide e paludose

create tra una fase eruttiva e l'altra. La fauna del Permiano inferiore includeva anche altri gruppi di vertebrati come i sinapsidi, che erano precursori dei mammiferi. Questi animali, insieme ai temnospondili e ai rettili come *Captorhinus*, costituivano una parte essenziale degli ecosistemi permiani, adattandosi a una varietà di nicchie ecologiche e contribuendo alla diversità biologica dell'epoca (Avanzini et al., 2008, 2011; Marchetti et al., 2015, 2022).



Fig. 6 - Foglia di *Sphenopteris valentinii* proveniente dal deposito di "Le Fraine" a Tregiovo (TN) e custodita presso l'Università di Padova (foto Giuseppa Forte).

## CONCLUSIONI

Il supervulcano di Bolzano rappresenta un capitolo affascinante della storia geologica e biologica della Terra. La sua attività ha modellato il paesaggio e influenzato profondamente la vita che vi si insediava. Oggi, le rocce vulcaniche e i fossili ritrovati nella regione offrono uno sguardo unico sul nostro passato.

## LA MOSTRA "CALDERA - ALL'OMBRA DEL SUPERVULCANO"

Per approfondire la conoscenza di questo straordinario vulcano e della vita che lo circondava, vi invitiamo a visitare la mostra sul supervulcano presso il Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige (Fig. 7). Qui potrete esplorare reperti unici e scoprire di più su come il supervulcano di Bolzano ha plasmato la nostra regione. La mostra offre un'opportunità

unica per vedere da vicino reperti straordinari e apprendere di più sulle dinamiche vulcaniche e gli ecosistemi che caratterizzavano questa regione milioni di anni fa. Non perdetevi l'occasione di esplorare questo capitolo importante della nostra storia geologica e paleontologica.



Fig. 7 - Nella mostra "Caldera – all'ombra del supervulcano", l'isola centrale ospita piante vive e riproduzioni di rettili ed anfibi, circondata da ricostruzioni ambientali realizzate da Davide Bonadonna. Queste opere dialogano con i fossili rinvenuti nel corso del progetto di ricerca "Living with the supervulcano".

## BIBLIOGRAFIA

Ambrose S.H. (1998). *Late Pleistocene human population bottlenecks, volcanic winter, and differentiation of modern humans*. Journal of Human Evolution, 34, 623-651.

Aplet G.H., Flint Hughes R.F. & Vitousek P.M. (1998). *Ecosystem development on Hawaiian lava flows, biomass and species composition*. Journal of Vegetation Science, 9, 17-26.

Avanzini M., Bargossi G., Borsato A., Castiglioni G.B., Cucato M., Morelli C., Prosser G. & Sapelza A. (2007). *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 026 Appiano*. APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Avanzini M., Bargossi G., Borsato A. & Selli L. (2010). *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 060 Trento*. ISPRA, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Avanzini M., Contardi P., Ronchi A. & Santi G. (2011). *Ichnosystematics of the Lower Permian invertebrate traces from the Collio and Mt. Luco Basins (North Italy)*. Ichnos, 18, 95-11.

Avanzini M., Neri C., Nicosia U. & Conti M.A. (2008). *A new Early Permian ichnocoenosis from the "Gruppo vulcanico atesino" (Mt. Luco, Southern Alps, Italy)*. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica, 83, 231-236.

Baucon A., Morelli C., Neto de Carvalho C.N. & Kustatscher E. (2024). *Life in an Artinskian (Cisuralian) Permian megacaldera. Benthic palaeoecology in the shadow of the Bolzano Supervolcano (Athesian Volcanic District, Italy)*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 638, 112027.

Benton M.J. & Newell A.J. (2014). *Impacts of global warming on Permo-Triassic terrestrial ecosystems*. Gondwana Research, 25 (4), 1308-1337.

Brandner R., Gruber A., Morelli C. & Mair V. (2016). *Pulses of Neotethys- Rifting in the Permo-Mesozoic of the Dolomites*. Geo.Alp, 13, 7-69.

Buggisch W., Joachimski M.M., Lehnert O., Bergstrom S.M., Repetski J.E. & Webers G.F. (2010). *Did intense volcanism trigger the first Late Ordovician icehouse*. Geology, 38, 327-330.

Forte G., Kustatscher E., Roghi G. & Preto N. (2018a). *The Kungurian (Cisuralian, Permian) palaeoenvironment and paleoclimate of the Southern Alps - palaeobotanical, palynological and geochemical investigations of the Tregiovo Basin*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 495, 186-204.

Forte G., Kustatscher E., Van Konijnenburg-van Cittert J.H.A. & Kerp H. (2018b). *Sphenopterid diversity in the Kungurian of Tregiovo (Trento, NE-Italy)*. Review of Palaeobotany and Palynology, 252, 64-76.

Forte G., Kustatscher E., Van Konijnenburg-van Cittert J.H.A., Looy C.V. & Kerp H. (2017). *Conifers diversity in the Kungurian of Europe - Evidence from dwarf-shoot morphology*. Review of Palaeobotany and Palynology, 244, 308-315.

Forte G., Lanthaler B., Morelli C., Krainer K., Trümper S. & Kustatscher E. (2023a). *The Kungurian (lower Permian) plant fossil assemblage of Sinich/Sinigo (NE Italy)*. Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 62 (1), 53-83.

Forte G., Vallé F. & Kustatscher E. (2023b). *Unveiling the evolution of the Kungurian (Cisuralian) flora in the paleotropics (Southern Alps, Northern Italy)*. Review of Palaeobotany and Palynology, 318, 104984.

Marchetti L., Forte G., Kustatscher E., DiMichele W.A., Lucas S.G., Roghi G., Juncal M.A., Hartkopf-Fröder C., Krainer K., Morelli C. & Ronchi, A. (2022). *The Artinskian warming event, a Euramerican change in climate and the terrestrial biota during the early Permian*. Earth Science Reviews, 226, 103922.

Marchetti L., Forte G., Bernardi M., Wappler T., Hartkopf-Fröder C., Krainer K. & Kustatscher, E. (2015). *Reconstruction of a late Cisuralian (early Permian) floodplain lake environment, palaeontology and sedimentology of the Tregiovo Basin (Trentino Alto-Adige, N Italy)*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 440, 180-200.

Marocchi M., Morelli C., Mair V., Klötzli U. & Bargossi G.M. (2008). *Evolution of large silicic magma systems, new U-Pb zircon data on the NW Permian Athesian Volcanic Group (Southern Alps, Italy)*. Journal of Geology, 116, 480-498.

Miller C. F. & Wark D.A. (2008). *Supervolcanoes and their explosive supereruptions*. Elements, 4, 11-15.

Montañez I.P. & Poulsen C.J. (2013). *The Late Paleozoic Ice Age, an evolving paradigm*. Annual Review Earth Planetary Science, 41, 1-28.

Montañez I.P., Tabor N.J., Niemerier D., DiMichele W.A., Frank T.D., Fielding C.R., Isbell J.L., Birgenheier, L.P. & Rygel, M.C. (2007). *CO<sub>2</sub>-forced climate and vegetation instability during late Paleozoic deglaciation*. Science, 315, 87-91.

Morelli C., Bargossi G.M., Mair V., Marocchi M. & Moretti A. (2007). *The lower Permian volcanics along the Etsch Valley from Meran to Auer (Bozen)*. Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft, 153, 195-218.

Morelli C., Marocchi M., Moretti A., Bargossi G.M., Gasparotto G., De Waele B., Klötzli U. & Mair V. (2012). *Volcanic stratigraphy and radiometric age constraints at the northern margin of a mega-caldera system, Athesian Volcanic Group (Southern Alps, Italy)*. GeoActa, 11, 51-67.

Oppenheimer C. (2011). *Eruptions that shook the world*. Cambridge University Press.

Rampino, M.R. & Self S. (1992). *Volcanic winter and accelerated glaciation following the Toba super-eruption*. Nature, 359, 50-52.

Trümper S., Rößler R., Morelli C., Krainer K., Karbacher S., Vogel B., Antonelli M., Sacco E. & Kustatscher E. (2023). *The first Kungurian fossil forest reveals wetland conifers to thrive in peri-Tethyan Pangea*. Palaios, 30, 407-435.

Vallé F., Morelli C., Krainer K., Roghi G. & Kustatscher E. (2024). *Depositional environments and plant communities in the exceptional context of the Kungurian megacaldera of the Athesian Volcanic Group (Southern Alps, N-Italy)*. Review of Palaeobotany and Palynology, 324, 105083.

Visscher H., Kerp H., Clement-Westerhof J.A. & Looy C.V. (2001). *Permian floras of the Southern Alps*. Natura Bressiana, 25, 117-123.

Willecoek M.A.W., Cas R.A.F., Giordano G. & Morelli C. (2013). *The eruption, pyroclastic flow behaviour, and caldera in-filling processes of the extremely large volume (>1290 km<sup>3</sup>), intra-to extra-caldera, Permian Ora (Ignimbrite) Formation, Southern Alps, Italy*. 265: 102-126.

# IL REGNO MINERALE:

*i principi per definire  
i solidi naturali  
dell'Universo*

a cura di Ferdinando Bosi

**L**o studio dei minerali e delle loro diverse specie è fondamentale per comprendere l'ampia gamma di solidi naturali presenti sulla Terra e negli ambienti extraterrestri. Un minerale è definito come una sostanza chimica solida e omogenea, formata attraverso processi geologici. L'identificazione dei minerali e la loro differenziazione in specie richiede il rispetto di regole, che sono supervisionate da una speciale commissione internazionale (CNMNC-IMA). Queste regole, unite a ricerche ed analisi approfondite, consentono agli scienziati di mettere ordine nel regno minerale e di elaborare teorie sulla loro evoluzione. L'intrigante fenomeno dell'aumento del numero di specie minerali nel tempo può essere attribuito ai progressi delle conoscenze tecnico-scientifiche, ma è in definitiva il risultato dell'evoluzione dell'Universo. La continua esplorazione e la scoperta di nuovi minerali contribuiscono ad arricchire la base delle nostre conoscenze sulla Natura.







### Keywords

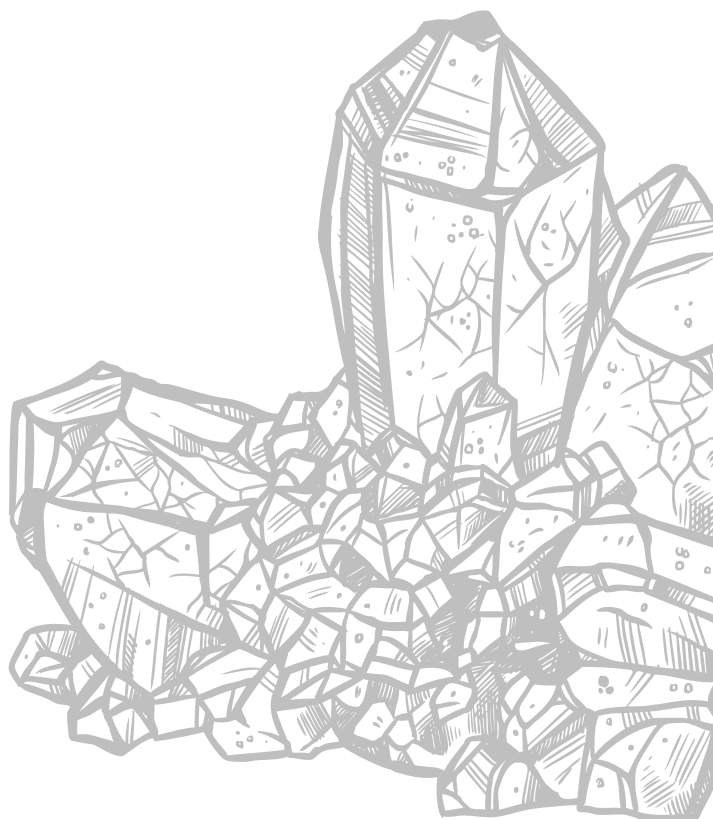
- ▶ Minerale
- ▶ Nomenclatura
- ▶ CNMNC-IMA
- ▶ Evoluzione

## INTRODUZIONE

Lo studio dei minerali e delle loro diverse specie è fondamentale per comprendere l'ampia gamma di solidi naturali presenti sulla Terra e negli ambienti extraterrestri. Questo articolo si propone di fornire una panoramica sull'argomento, facendo luce sulle regole della Commissione sui Nuovi Minerali, Nomenclatura e Classificazione (*Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification*, CNMNC) dell'Associazione Mineralogica Internazionale (*International Mineralogical Association*, IMA) che disciplinano questi affascinanti oggetti.

I minerali costituiscono le rocce, che a loro volta costituiscono i pianeti e tutti i corpi solidi extraterrestri. I minerali sono quindi i mattoni fondamentali del nostro pianeta e il loro studio è di primaria importanza per le Scienze della Terra.

Se associamo gli elementi chimici alle lettere e i minerali alle parole, possiamo affermare che solo acquisendo e utilizzando correttamente le conoscenze mineralogiche, in particolare padroneggiando un abbondante vocabolario mineralogico, possiamo scrivere grandi articoli sulle Scienze della Terra.



## COS'È UN MINERALE?

Un minerale è un oggetto (frammento di materia) che possiede determinate caratteristiche.

- 1) È una sostanza chimica che può essere espressa da una specifica formula chimica: il quarzo (biossido di silicio), ad esempio, è indicato con la formula  $\text{SiO}_2$ , perché gli elementi silicio (Si) e ossigeno (O) sono i suoi unici costituenti e si presentano invariabilmente in rapporto 1:2.
- 2) È un solido omogeneo, cioè ha una composizione chimica e proprietà fisiche che rimangono relativamente uniformi in tutta la sua struttura e che non può essere fisicamente separato in composti chimici più semplici.
- 3) La struttura di questo solido, cioè l'insieme di atomi disposti secondo uno schema particolare e tenuti insieme da forze di natura elettrostatica, può essere cristallina (per più del 99% dei minerali), quasi cristallina (es. icosaedrite) o amorfa (es. opale).
- 4) Si forma attraverso processi geologici (es. l'attività vulcanica, il metamorfismo o la precipitazione da soluzioni), inclusi quelli cosmologici (es. condensazione nella nebulosa solare); cioè un minerale non può essere prodotto artificialmente dall'uomo, né può essere creato esclusivamente attraverso processi biologici.

Un minerale è quindi definito come una sostanza chimica solida e omogenea, formata attraverso processi geologici in senso lato. Le caratteristiche più importanti dei minerali sono la chimica e la struttura, le cui variazioni servono a differenziare una specie dall'altra.

Oltre ai comuni minerali, quali il quarzo o la calcite, anche il ghiaccio ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e il mercurio (Hg) solido rientrano nella definizione di minerale, poiché ambedue si formano in ambienti geologici dove le temperature sono rispettivamente minori di  $0^\circ\text{C}$  e  $-39^\circ\text{C}$  (es., in Antartide o in alcune regioni del nord della Siberia).

Sono minerali anche quelle sostanze formatesi in condizioni di temperatura e/o pressione relativamente diverse da quelle ambientali (corrispondenti a circa  $25^\circ\text{C}$  e 1 atm). Molte rocce ignee e metamorfiche possono contenere minerali che sono metastabili nell'ambiente atmosferico sulla superficie terrestre. Questi minerali tendono a trasformarsi lentamente o rapidamente in altre fasi. Ad esempio, il diamante tende a trasformarsi nella fase stabile grafite sulla superficie terrestre, ma con tempistiche di milioni/miliardi di anni, mentre il minerale effimero calce,  $\text{CaO}$  (ossido di calcio), si trasforma rapidamente in portlandite,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , al contatto con l'acqua o il vapore acqueo. Le sostanze metastabili (come pure quelle

stabili) sono accettate come specie minerali solo se le loro proprietà fisiche e chimiche possono essere adeguatamente caratterizzate in laboratorio. Questa caratterizzazione richiede una procedura normale nell'indagine per i minerali stabili o quelli che si trasformano lentamente, mentre tale procedura può essere speciale (es. utilizzando strumenti per avere temperature  $< 0^{\circ}\text{C}$ ) per quelli che si trasformano rapidamente. Poiché i minerali si formano attraverso processi geologici che sono abbastanza simili sia sulla Terra che in corpi extraterrestri, è evidente che i materiali solidi terrestri e quelli presenti nell'Universo sono più o meno la stessa cosa. Infatti, circa 470 specie minerali sono state identificate nei materiali di origine extraterrestre (Rubin & Ma, 2021), di cui più di 100 sono nuove specie: ad es., la pirossiferroite,  $\text{Fe}^{2+}\text{SiO}_3$ , è stata scoperta nel 1970 in campioni di rocce lunari raccolti dal Mare della Tranquillità durante le missioni Apollo. Sono minerali anche i cosiddetti biominerali, cioè tutte quelle sostanze solide in cui gli organismi hanno svolto un ruolo importante, ma allo stesso tempo un processo geologico è stato coinvolto nella loro formazione. Ad esempio, un

organismo espelle un liquido che può cristallizzare a seguito dell'evaporazione (processo geologico) sulla superficie di una roccia naturale, anche senza interazione chimica con la roccia, come nel caso dell'urea,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , nei depositi di guano. Le sostanze chimiche solide che si formano interamente all'interno degli organismi (biogenesi) non sono considerate minerali. L'aragonite ( $\text{CaCO}_3$ ) può formarsi attraverso processi biogenetici, come ad esempio la formazione della conchiglia e della perla di un'ostrica. Tuttavia, è considerata un minerale in quanto esiste anche una controparte che si forma attraverso processi geologici, come i depositi fumarolici o la precipitazione inorganica (insieme alla calcite) nelle grotte sotto forma di speleotemi. Senza questa controparte, l'aragonite non potrebbe essere considerata un vero e proprio minerale. La fase "carbonato-idrossiapatite",  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_{3-y/2}[(\text{CO}_3)_{x/2+(3/4)y}](\text{OH})_{1-x}]$ , costituente della parte solida di ossa e denti dei vertebrati, non è considerata un minerale poiché non è nota, ad oggi, una controparte geologica.

## CNMNC: CHI DECIDE COS'È UN MINERALE?

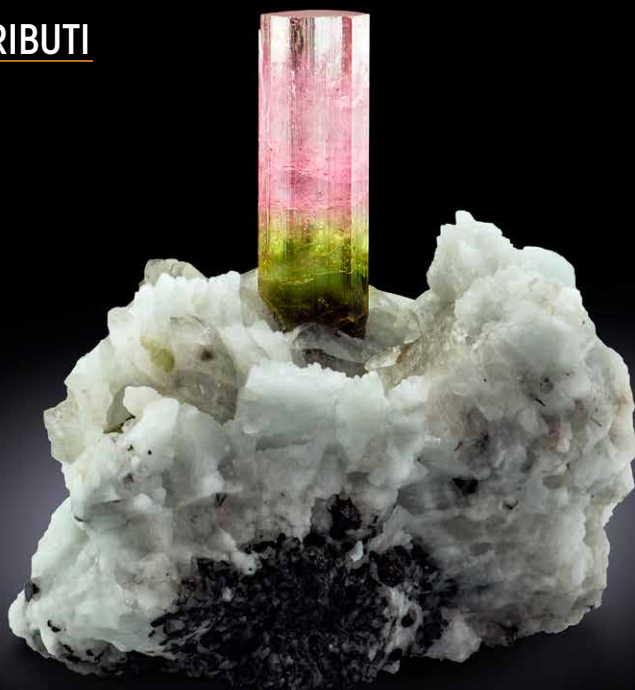
La mineralogia è una scienza attiva in cui i minerali vengono scoperti o riconosciuti regolarmente. Per questo motivo, nel 1958, l'IMA, che è la più grande organizzazione mondiale che promuove le scienze mineralogiche, ha istituito delle commissioni che si occupano di vari aspetti della mineralogia. Queste commissioni comprendevano la Commissione per i nuovi minerali e i nomi dei minerali e la Commissione per la classificazione dei minerali. Nel 2006, queste due commissioni sono state unite nella CNMNC, che attualmente supervisiona tutte le questioni relative alla mineralogia sistematica. Tutti i nuovi minerali proposti dagli studiosi di tutto il mondo devono essere approvati da questa Commissione prima della

pubblicazione. Ogni proposta non deve solo indicare il nome proposto per il nuovo minerale, ma deve fornire una serie di dati sperimentali, tra cui quelli sulla struttura e sulla composizione chimica.

La CNMNC approva regolarmente nuove specie minerali, con oltre un centinaio di specie accettate ogni anno (corrispondenti a più dell'80% di quelle proposte). La CNMNC si occupa anche di raggruppare le specie minerali, di standardizzare le loro formule chimiche e di stabilire i criteri per la loro identificazione, nomenclatura e classificazione. Occasionalmente, alcune specie possono perdere il loro *status* se non soddisfano più i requisiti per essere considerate valide. Tuttavia, è anche possibile che un minerale venga

riconvalidato. Inoltre, le singole specie possono essere rinominate o ridefinite.

Tutto questo è possibile grazie ai membri del CNMNC, esperti di ciascuna delle società o dei gruppi associati all'IMA. Essi sono 32 votanti che valutano tutte le proposte relative ai minerali secondo le linee guida della CNMNC. Per essere approvata, una nuova specie deve ottenere più di due terzi dei voti positivi. Anche i nomi dei nuovi minerali sono soggetti ad approvazione. In genere, i nomi possono essere assegnati per riflettere una proprietà fisica o chimica, come il colore, oppure possono derivare da vari soggetti ritenuti appropriati, come, ad esempio, una località, una persona che abbia dato un contributo alla mineralogia. Alcuni esempi di nomi di minerali e



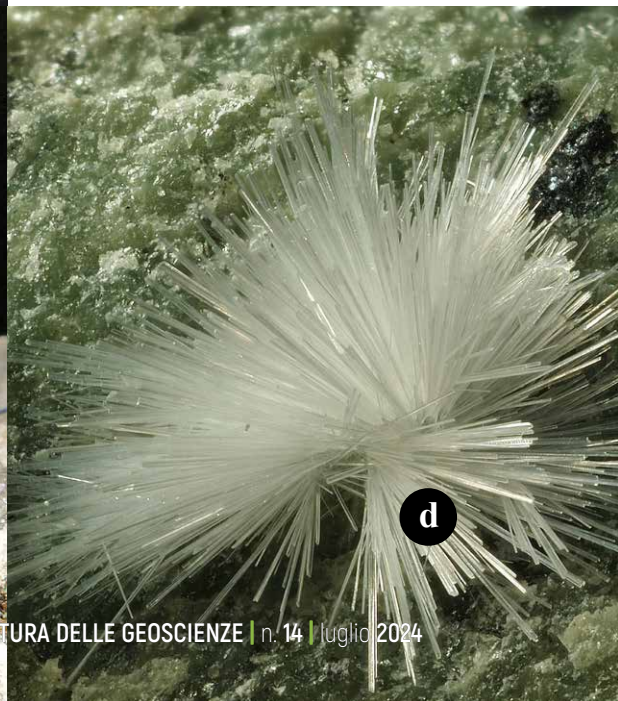
a



b



c



d

delle loro derivazioni: elbaite, prende il nome dall'Isola d'Elba, il luogo in cui il minerale è stato scoperto (**Fig. 1a**); barite,  $\text{BaSO}_4$ , dal greco βάρυς (barys = pesante), per il suo peso specifico insolitamente elevato per un minerale non metallico e dovuto alla presenza di bario (**Fig. 1b**); azzurrite, dall'antico persiano lazward, che significa "blu" in riferimento al suo colore (**Fig. 1c**); artinite, in onore del mineralista Ettore Artini (1866-1928) (**Fig. 1d**).

Le informazioni sui nuovi minerali, sulle loro variazioni e sulle nomenclature/classificazioni approvate vengono pubblicate ogni due mesi nella *Newsletter* del CNMNC sulle riviste *European Journal of Mineralogy* e *Mineralogical Magazine*. Inoltre, il sito web della CNMNC (<http://cnmnc.units.it>) offre un elenco regolarmente aggiornato di specie minerali valide, noto come "The New IMA List of Minerals". Questo elenco comprende le specie minerali approvate, le loro formule corrispondenti e altre utili informazioni.

**Fig. 1 - a)** Elbaite, cristallo policromo di 4 cm in matrice con quarzo e albite. Grotta d'Oggi, San Piero in Campo, Isola d'Elba. Collezione F. Pezzotta, foto F. Picciani. **b)** Gruppo di cristalli di barite lunghi fino a 10 cm, con evidenti "fantasmi" dovuti a zonature di crescita. Villamassargia, Provincia del Sud Sardegna. Campione M.C.P., foto F. Picciani. **c)** Azzurrite, lunghi pochi mm (campo inquadrato circa 1,5 cm), aggregato di micro-cristalli su quarzo. Monte Cabianca, Carona (BG). Coll. privata. foto C. Piccinelli. **d)** Artinite, ciuffo di cristalli aciculari di 3,3 mm su matrice serpentinoso. Ciappanico (SO). Foto e collezione D. Preite.

## SOSTANZA MINERALE VERSUS SPECIE MINERALE

È fondamentale stabilire una chiara distinzione tra i termini "sostanza minerale" e "specie minerale". Una sostanza minerale indica un oggetto reale presente in natura, mentre una specie minerale rappresenta un oggetto ideale, un costrutto derivato da convenzioni universalmente accettate. Per comprendere meglio la distinzione tra un minerale e una specie minerale, è necessario considerare che la maggior parte dei minerali ha una composizione chimicamente variabile a causa di sostituzioni atomiche all'interno della loro struttura. Ad esempio, il termine olivina (che si riferisce ai minerali più diffusi nel mantello superiore della Terra) indica una serie di miscele isomorfe tra forsterite ( $Mg_2SiO_4$ ) e fayalite ( $Fe_2SiO_4$ ), in cui magnesio (Mg) e ferro (Fe) possono sostituirsi reciprocamente all'interno della struttura cristallina. Di conseguenza, tra i termini puri  $Mg_2SiO_4$  e  $Fe_2SiO_4$  sono possibili tutte le composizioni intermedie (Fig. 2). Queste composizioni possono essere rappresentate dalla formula  $(Mg_{1-x}Fe_x)_2SiO_4$  dove  $x$  è una variabile che va da 0 a 1, che può essere determinata

attraverso l'analisi chimica: es., per  $x = 0.4$ , si avrebbe la formula empirica  $(Mg_{0.6}Fe_{0.4})_2SiO_4$ , corrispondente alla specie minerale forsterite perché  $Mg > Fe$ ; invece, per  $x = 0.6$ , si avrebbe la formula empirica  $(Mg_{0.4}Fe_{0.6})_2SiO_4$ , corrispondente alla specie minerale fayalite perché  $Fe > Mg$ . Poiché esistono infiniti numeri reali tra 0 e 1, esistono in teoria anche infinite formule empiriche possibili per la serie dell'olivina.

Sulla base di questo esempio, si può dedurre che i minerali possiedono una composizione chimica definita, ma non fissa: la forsterite (come la fayalite) presenta infinite variazioni del rapporto Mg/Fe. D'altra parte, la specie minerale rappresenta una composizione estrema risultante dalla sostituzione di atomi: la forsterite ideale ha formula  $Mg_2SiO_4$ . Raramente in natura si trovano minerali la cui formula è un estremo composizionale (*endmember*).

La CNMNC definisce le specie minerali attraverso una formula ideale. Spesso questa formula corrisponde alla formula di *endmember*, ma a volte questa corrispondenza non è consigliabile a causa di ragioni storiche. Il nome

di alcuni minerali, infatti, può essere talmente radicato nella letteratura scientifica che la sua rimozione avrebbe un effetto negativo. Ad esempio, consideriamo l'augite, la cui formula ideale è  $(Ca,Mg,Fe)_2Si_2O_6$ , dove le virgole tra le parentesi tonde indicano che Ca, Mg e Fe possono sostituirsi reciprocamente nella struttura di questo clinopirosseno. Questa formula non corrisponde a un *endmember*, ma piuttosto all'intervallo di composizioni mostrato nella Fig. 3, i cui estremi sono  $CaMgSi_2O_6$  (diopside) e  $CaFeSi_2O_6$  (hedenbergite). Tuttavia, con il nome augite si intende uno dei minerali più abbondanti nella crosta terrestre, chiamato così dal 1792. Esso, quindi, è molto comune nelle geoscienze e non conviene discreditarlo.

Il numero di minerali è quindi davvero notevole e incalcolabile, e comprende tutte le fasi solide chimicamente omogenee che si sono formate attraverso processi geologici in tutto l'universo. Al contrario, ad oggi, il numero di specie minerali riconosciute è di più di 6000, meticolosamente documentate nella "The New IMA List of Minerals".

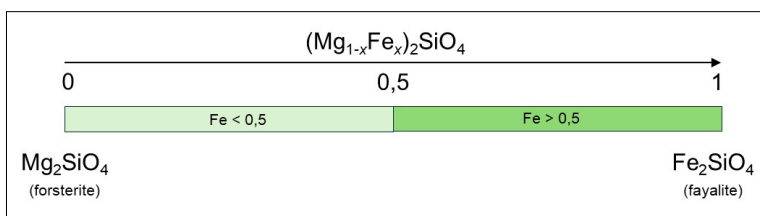


Fig. 2 - Serie completa di miscibilità nell'olivina. La parte terminale del Mg è la specie forsterite ( $x = 0$ ) e quella del Fe è la fayalite ( $x = 1$ ). Sono possibili tutte le composizioni intermedie tra questi due estremi.

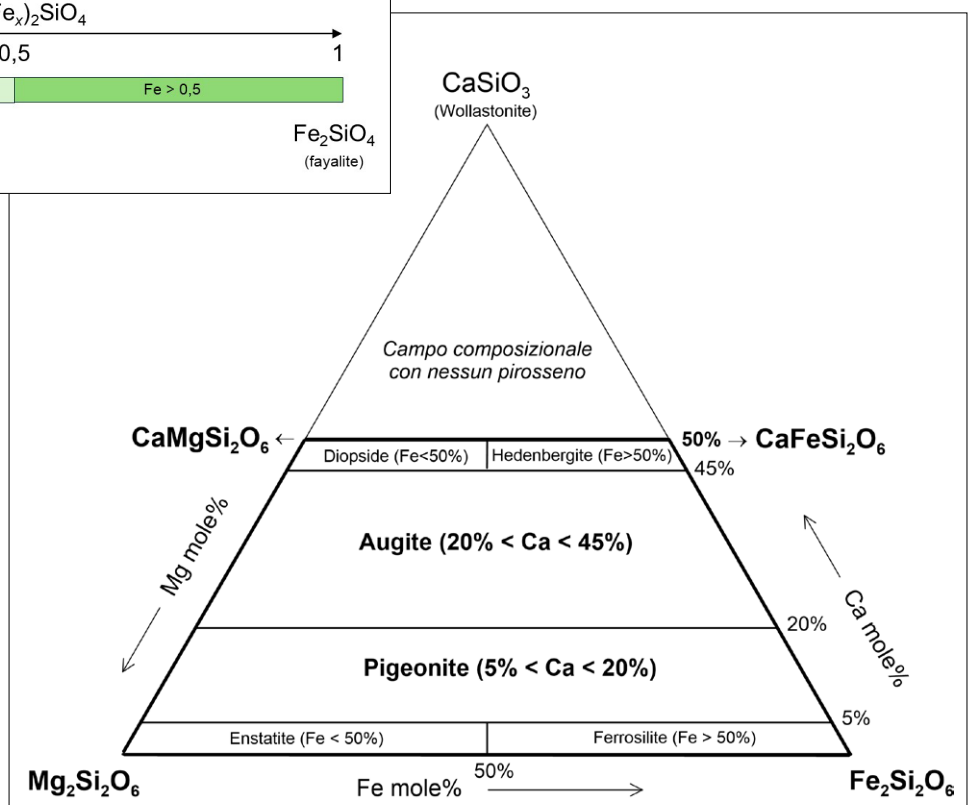


Fig. 3 - Quadrilatero dei pirosseni: nomenclatura in termini di spazio composizionale suddiviso in composizioni estreme (enstatite, ferosilite, hedenbergite, diopside) e intermedie (augite, pigeonite).

## AUMENTO DELLE SPECIE MINERALI

Lo studio delle specie minerali e della loro evoluzione nel corso della storia ha rivelato una notevole tendenza all'aumento. Nel corso del tempo, si è registrato un aumento significativo del numero di specie minerali scoperte e documentate. Questo aumento può essere attribuito a vari fattori, tra cui 1) il progresso delle conoscenze tecnico-scientifiche e 2) l'evoluzione del pianeta Terra e dell'Universo in generale.

La nostra conoscenza del numero di specie minerali è aumentata esponenzialmente negli ultimi 200 anni, soprattutto grazie allo sviluppo delle conoscenze scientifiche e di nuove tecniche analitiche (Fig. 4). Nel 70 d.C., Plinio il Vecchio descrisse circa 30 minerali nella sua *Historia Naturalis*, mentre all'inizio del XIX secolo erano noti circa 200 minerali (Ford, 1918). La prima fonte scientificamente affidabile sul numero di minerali risale al 1837, quando James D. Dana pubblicò il suo libro "*A System of Mineralogy*", che includeva la descrizione di 352 minerali. Prima della scoperta della diffrazione dei raggi X dalle sostanze cristalline nel 1912, il numero di minerali descritti in letteratura aveva raggiunto circa 900 (Dana, 1892-1915). Ciò è stato possibile grazie ai progressi delle conoscenze chimiche, ad una descrizione più strettamente scientifica dei minerali e all'introduzione del microscopio a luce polarizzata. Dal 1920 al 1939 sono stati descritti 256 nuovi minerali e 342 specie sono state aggiunte dal 1940 al 1959 (Mandarino, 1977), grazie all'identificazione dei minerali attraverso una combinazione di diffrazione dei raggi X (XRD) e analisi chimica umida. Poco prima del 1960 fu fondata l'IMA, che ha introdotto regole specifiche nella procedura di definizione e convalida di ogni nuovo minerale, e fu introdotto un nuovo strumento di analisi: la microsonda elettronica. Questo strumento permetteva di misurare la composizione chimica dei minerali su una scala di pochi micron (0,01 mm). Il tasso di scoperta di nuovi minerali è quindi aumentato drasticamente, raggiungendo circa 2370 nel 1980, 3651 nel 2000, 5663 nel 2020 e attualmente 6060.

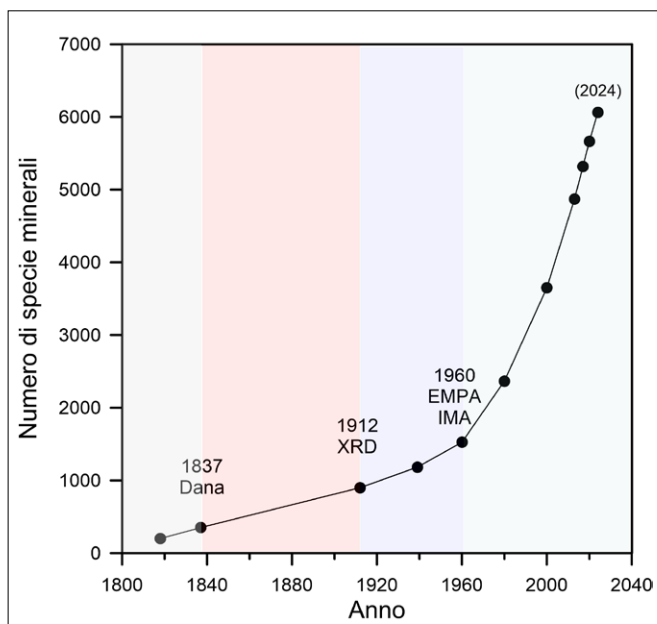


Fig. 4 - Aumento del numero di specie minerale scoperte negli ultimi 200 anni.

Questa notevole crescita nella scoperta di minerali può essere attribuita a vari fattori, tra cui i progressi nelle tecniche di microanalisi giocano un ruolo fondamentale.

Le nostre conoscenze tecnico-scientifiche ci hanno permesso di identificare un numero crescente di specie minerali dalla nascita del pensiero scientifico, da Talete, Pitagora e i filosofi della natura del V secolo a.C., fino ad oggi. Questo perché hanno permesso la caratterizzazione chimica e strutturale di porzioni sempre più piccole di materia solida. Ciò ha portato alla scoperta di nuovi minerali precedentemente sconosciuti, individuati persino in grani inferiori a 0,01 mm.

Tuttavia, bisogna anche considerare che il numero di specie minerali possa essere aumentato nel corso dell'evoluzione del pianeta Terra, dalla sua formazione  $4,54 \pm 0,05$  miliardi di anni fa sino ad oggi.

## AUMENTO DELLE SPECIE MINERALI NEL TEMPO GEOLOGICO

Il principio per cui i minerali sono cambiati e si sono diversificati nel tempo geologico attraverso processi naturali è descritto da una teoria, nota come *Mineral evolution*, nata negli anni 1970-1980 in Russia (Cfr. l'appendice in Krivovichev, 2013).

Questa teoria, sviluppata in dettaglio da Robert M. Hazen e dal suo gruppo (Hazen, 2010), sostiene che la mineralogia dei pianeti terrestri e delle lune si evolve come conseguenza di vari processi fisici, chimici e infine biologici, che portano alla formazione di nuove specie minerali, e spiega come, dopo la formazione del Sistema Solare, il numero di specie sia passata da circa 20 (formate con 12 elementi chimici essenziali) a più di 6000 (con più di 70 elementi essenziali).

L'insieme dei minerali che compongono la Terra è cambiato nel tempo a causa delle trasformazioni della Terra stessa. Sebbene la Terra attuale possa sembrare immutata, ogni aspetto della sua storia è unico. La Terra si è formata una sola volta, attraverso l'accumulo di materia intorno al Sole, e la sua differenziazione in nucleo, mantello e crosta è avvenuta una sola volta. La vita è emersa nell'Archeano (tra 4 e 2,5 Ga, dove Ga = miliardi di anni) e da allora si è evoluta. L'evoluzione tettonica del Precambriano (tra 4,5 e 0,5 Ga) non si è ripetuta. Il tempo ha quindi una direzione precisa e ogni giorno porta con sé cambiamenti che mutano l'ambiente terrestre.

Dopo il *Big Bang*, avvenuto circa  $13,77 \pm 0,06$  Ga, nell'Universo primordiale non esistevano minerali perché gli unici elementi disponibili erano idrogeno (H), elio (He) e tracce di litio (Li). La formazione dei primi minerali è diventata possibile dopo che gli elementi più pesanti, tra cui carbonio, ossigeno, silicio e azoto, sono stati sintetizzati nelle stelle. Nelle atmosfere in espansione delle stelle e nell'ejecta delle supernovae si sono formati minerali microscopici (< 0,02 mm) a temperature superiori a 1500 °C. Questi minerali

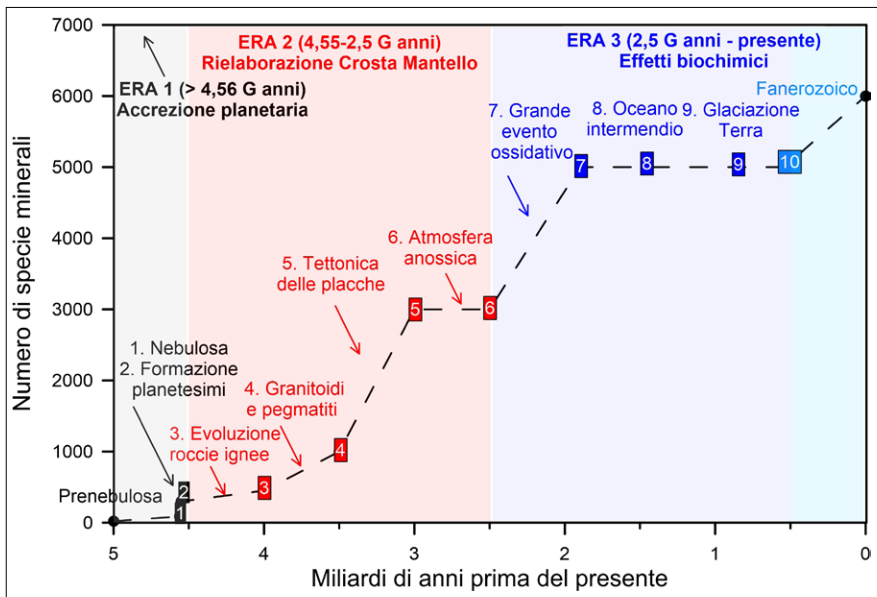


Fig. 5 - La diversità mineralogica della Terra che aumenta attraverso 3 Ere, suddivise in 10 fasi, secondo Hazen e collaboratori.

presolari, ritrovati nelle meteoriti, corrispondono a circa 20 specie conosciute, tra cui il diamante che potrebbe essere stato il primo minerale a formarsi. Questi minerali hanno alimentato la nebulosa di materiali protosolare da cui si è formato il Sistema Solare.

Durante la fase di accrescimento planetario (> 4,55 Ga), **Fig. 5**, la Terra è stata bombardata da innumerevoli meteoriti, le quali formarono circa 300 specie minerali, tra cui olivina, pirosseno e zirconio. Questi minerali costituivano il materiale della Terra primitiva e il loro accumulo è stato sufficiente a innescare la fusione e la differenziazione della Terra in nucleo e mantello. Questo è probabilmente il punto finale della diversità mineralogica del piccolo e disidratato pianeta Mercurio e dell'arida Luna.

Tra i 4,55 e 2,5 Ga, inizia la comparsa di minerali formati dall'interazione tra roccia e acqua, quali idrossidi e argille, per un totale di circa 450 specie. Questo, forse è lo stadio finale di Marte, vista la sua discreta quantità di acqua e le sue insufficienti dimensioni per fondere ulteriormente la roccia basaltica. La fase successiva di rielaborazione della crosta e del mantello comprendono processi che contribuirono alla formazione della crosta continentale ricca in silicio, con la formazione di rocce granitiche. Gli oceani, formati probabilmente circa 4,3 Ga, hanno svolto un ruolo cruciale poiché la presenza di acqua ha favorito la formazione di minerali come gli idrossidi, le argille, i carbonati e altri. Dopo due miliardi di anni, i processi dinamici della crosta e del mantello hanno probabilmente formato circa 3000 specie minerali differenti.

La presenza della vita sulla Terra ha avuto un impatto significativo sulla composizione dei minerali presenti sulla superficie terrestre. Quando la vita apparve per la prima volta circa 3,5-4 Ga fa, l'atmosfera era priva di ossigeno e

consisteva di gas simili a quelli emessi dai vulcani moderni (come H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>), oltre ad ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>). Le prime forme di vita, compresi i batteri, utilizzavano la fotosintesi e rilasciavano ossigeno come sottoprodotto. Ci è voluto più di un miliardo di anni perché l'ossigeno si accumulasse nell'atmosfera in quantità significative.

Circa 2,5 Ga fa, all'inizio dell'era Proterozoica, si verificò un aumento sostanziale dei livelli di ossigeno nell'atmosfera, noto come Grande evento di ossidazione, che alterò l'ambiente vicino alla superficie, permettendo lo sviluppo di nuove

specie minerali. Minerali come la siderite (Fe<sup>2+</sup>CO<sub>3</sub>) e la pirite (Fe<sup>2+</sup>S<sub>2</sub>), in un ambiente ricco di O<sub>2</sub>, possono alterarsi in magnetite (Fe<sup>2+</sup>Fe<sup>3+</sup>O<sub>4</sub>) ed ematite (Fe<sup>3+</sup>O<sub>3</sub>). L'ossidazione dell'uraninite (U<sup>4+</sup>O<sub>2</sub>) ha portato alla nascita di oltre 200 nuovi minerali uraniferi, tra cui la soddyite [(U<sup>6+</sup>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O]. Anche altri elementi, come rame, boro, vanadio, manganese, e così via, possiedono stati di ossidazione multipli che generano nuove specie. Circa 2000 nuovi minerali (per un totale di circa 5000) possono essersi formati come risultato di questo evento trasformativo a cui hanno contribuito processi biochimici (fotosintesi). Infine, circa 1000 minerali sono attribuibili al Fanerozoico (< 0,54 Ga), tra cui l'hazenite KNaMg<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·14H<sub>2</sub>O. Si ritiene che questo biominerale si sia originato in ambienti acquatici alcalini ipersalini, caratterizzati da prolungati periodi di siccità. È probabile che la sua formazione sia influenzata dall'attività dei cianobatteri.

## PROSPETTIVE

È evidente che il numero di specie minerali, e la loro complessità cristallografica, è aumentato sistematicamente nel corso del tempo geologico, da poche decine di specie (circa 4,5 Ga) al numero attuale maggiore di 6000. A prescindere da alcune speculazioni, è chiaro che gli ambienti geologici sono cambiati nel tempo. Pertanto, anche i minerali, che potrebbero essere stabili in un determinato momento, devono essere cambiati nel tempo.

La composizione chimica delle specie minerali rivela che circa la metà incorporano (OH) e/o H<sub>2</sub>O come costituenti essenziali. Hazen & Morrison (2022) fanno notare che il netto contrasto tra l'ampio corredo di minerali della Terra e la relativa parsimonia mineralogica della Luna e di Mercurio, nonché la modesta diversità riscontrata su Marte (circa 450 specie minerali), possa derivare dalla diversa partecipazione dell'acqua. Anche la biologia svolge un ruolo importante nella diversità minerale della Terra. Un terzo delle specie minerali si formano come conseguenza dell'ossidazione e dell'alterazione di fasi precedenti. La comparsa di circa 2000

specie minerali come conseguenza dei processi biologici rappresenta un biomarcatore planetario significativo e pervasivo.

La mineralogia dei diversi pianeti può fornire importanti informazioni, mostrando come i pianeti si evolvono e cambiano nel tempo. I corpi celesti più piccoli, come Mercurio e la Luna, hanno superfici semplici con pochi minerali, mentre Marte, con un po' di acqua, ha una composizione leggermente più varia. La Terra e Venere, pianeti più grandi con composti volatili e calore interno, si spingono ancora più in là nella formazione di minerali.

È interessante notare che la presenza di vita sulla Terra ha influenzato notevolmente l'evoluzione dei minerali. I minerali possono essere utilizzati per identificare la vita extraterrestre, poiché solo i pianeti con vita sono fortemente ossidati. Corpi celesti con composizioni diverse, come Io e Titano (lune di Giove e Saturno), avranno specie minerali diverse. Allo stesso modo, Europa ed Encelado (lune di Giove e Saturno) hanno oceani nel sottosuolo e potrebbero avere forme di vita extraterrestre, con conseguenti evoluzioni minerali uniche.

Studiare i minerali in un contesto evolutivo ci permette di approfondire la comprensione del concetto più ampio dell'evoluzione dei sistemi nell'universo. Dall'origine degli atomi di idrogeno che costituiscono le stelle, al processo di creazione degli elementi della tavola periodica da parte delle stelle, fino alla formazione dei minerali e dei pianeti, l'universo mostra una tendenza verso la complessità.

## BIBLIOGRAFIA

**Dana E.S. (1892).** *The system of mineralogy, sixth edition with appendices I, II, and III, completing the work to 1915.* John Wiley & Sons, New York, 1134 p.

**Ford W.E. (1918).** *The growth of mineralogy from 1818 to 1918.* American Journal of Science [editor: E.S. Dana], fourth series, v. 46, 240-254

**Hazen R.M. (2010).** *Mineral evolution.* Elements, 6(1), 68 p.

**Hazen R.M. & Morrison S.M. (2022).** *On the paragenetic modes of minerals: A mineral evolution perspective.* American Mineralogist, 107(7), 1262-1287.

**Krivovichev S.V. (2013).** *Structural complexity of minerals: information storage and processing in the mineral world.* Mineralogical Magazine, 77(3), 275-326.

**Mandarino J.A. (1977).** *Old mineralogical techniques.* The Canadian Mineralogist, 15(1), 1-2.

**Rubin A.E. & Ma C. (2021).** *Meteorite Mineralogy.* Cambridge University Pres, 404 p.

## SPUNTI PER LA DIDATTICA

*Susanna Occhipinti*

La lettura dell'articolo da parte di un docente è ricca di interessanti spunti per la didattica: non è superfluo ricordare infatti che le Indicazioni ministeriali per i Licei prevedono, nel secondo biennio, che si introducano, soprattutto in connessione con le realtà locali e in modo coordinato con la chimica e la fisica, cenni di mineralogia e di petrologia e che nella Riforma dei tecnici e professionali, il PECUP, il Profilo Educativo, Culturale e Professionale dello studente prevede lo studio dei minerali e delle loro proprietà fisiche; le rocce magmatiche, le rocce sedimentarie e le rocce metamorfiche; il ciclo delle rocce. Peraltro, l'articolo contiene molti termini tecnici che prevedono conoscenze di chimica e di fisica che, se pur in possesso di un insegnante delle scuole secondarie, richiedono approfondimenti per i non-specialisti; ma soprattutto non sono in generale utilizzabili nell'insegnamento nelle nostre scuole.

Inoltre, pur consapevoli della bellezza di moltissimi minerali, i "fiori della terra" come spesso vengono definiti, della loro valenza scientifica, fondamentale per la comprensione della storia geologica della Terra, come ben illustra l'articolo, l'analisi attenta di molti libri di testo rivolti a diversi ordini di scuola tende a presentarli con un rigoroso, e certamente corretto, approccio scientifico, attraverso la loro classificazione chimica, le proprietà fisiche, i processi di formazione, perfino le classi cristallografiche e la serie di Bowen, che rischia però di trasformare un argomento potenzialmente appassionante in una lista di nomi e di definizioni.

**Eppure, i minerali, il loro uso, la loro scoperta, il loro impatto sulla società e l'ambiente, hanno segnato la storia dell'umanità.**

Se vogliamo promuovere nelle università lo studio, ed anche la passione verso le Scienze della Terra e dei minerali, forse, nelle scuole, proprio per invogliare ad approfondire questi studi, perché non presentare una classificazione dei minerali con un diverso punto di vista, come già sperimentato con esiti interessanti tra gli studenti, che alla fine conserverà il dovuto rigore scientifico ma vedrà un diverso coinvolgimento ed interesse? Di seguito viene proposto qualche esempio, ma sarebbe interessante estendere l'approccio, considerato che gli studenti dovrebbero avere già le conoscenze necessarie di chimica e di fisica, (solidi e cristalli, Tavola Periodica e gruppi anionici...) a un più ampio numero di esempi, utilizzando criteri non casuali, qui limitati per motivi di spazio, ma sistematici. Per approfondire

[www.arte.tv/it/videos/102843-000-A/I-odissea-dei-minerali](http://www.arte.tv/it/videos/102843-000-A/I-odissea-dei-minerali)

[www.media.inaf.it/2022/07/01/origine-dei-minerali-della-terra](http://www.media.inaf.it/2022/07/01/origine-dei-minerali-della-terra)

[www.raiplay.it/video/2024/05/Newton-La-natura-dei-cristalli-9f571625-45ed-41df-b3a5-a62b814188f8.html](http://www.raiplay.it/video/2024/05/Newton-La-natura-dei-cristalli-9f571625-45ed-41df-b3a5-a62b814188f8.html)



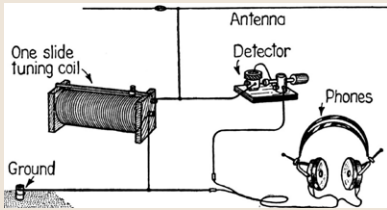
La maschera di giovinezza di Elisabetta I.

### Il Piombo ed i suoi minerali, Galena e Cerussite...

I Romani, come è noto, hanno utilizzato il Piombo per le tubature perché era tenero e malleabile, al contrario del ferro che era troppo duro, serviva per le armi e inoltre arrugginiva.

L'effetto del piombo sulla salute era noto ai Romani, ma forse fu sottovalutato in favore della praticità: il piombo è infatti notoriamente tossico se inalato o ingerito per molto tempo e causa il saturnismo, malattia diffusissima, che non sarà stata, come si dice, responsabile della caduta dell'Impero Romano,





Modello di radio a galena.

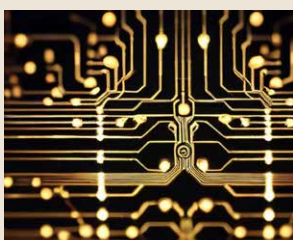
ma sicuramente ha causato sterilità, anemia, dolori addominali, danni a carico del sistema nervoso, renale ed altro, probabilmente anche ad almeno 9 imperatori: Tiberio, Domiziano, Caligola, Commodo, Claudio, Nerone, Nerva, Traiano e Adriano. Anche il vino, in alcune occasioni, veniva distribuito tramite tubature di piombo; inoltre, il diacetato di piombo, permetteva di produrre lo zucchero di Saturno, ottenuto bollendo il mosto dell'uva in pentole di piombo e usato per addolcire il vino: il basso pH del vino ne avrebbe favorito l'alta concentrazione. Il piombo contenuto nella cerussa serviva a produrre la cerussa, o biacca, un pigmento bianco utilizzato dai pittori fin dall'antichità, ottenuto immergendo scaglie di piombo nell'aceto e poi sottoponendolo a lunga bollitura; ma nell'800 fu utilizzato anche in una crema anti-tetà: la pelle rimaneva giovane più a lungo, ma le conseguenze erano nausea, mal di testa e in alcuni casi addirittura la paralisi.

È interessante anche ricordare la radio a galena, la prima forma di ricevitore radio che ha avuto una ampia diffusione tra il pubblico: un cristallo di galena permetteva infatti di costruire un diodo, poco affidabile ma economico.



### Il Ferro e i suoi numerosi minerali, ossidi in particolare...

Perché pur essendo il secondo elemento più diffuso, dopo il nichel, si ritrova allo stato elementare solo nei meteoriti e in pochi giacimenti. Ma l'Età del Ferro fu l'ultima fase della Preistoria, l'inizio della Storia dell'uomo, in cui facendo fondere il ferro in forni rudimentali scaldati con carbone di legna, l'uomo iniziò a produrre armi più resistenti di quelle fino ad allora utilizzate, ma anche a costruire la ruota e le bardature dei cavalli. La produzione di ferro e di acciaio è anche responsabile del 30 % di tutte le emissioni industriali di CO<sub>2</sub>, il principale gas serra, oltre che SO<sub>2</sub>, in relazione al minerale utilizzato. Nella lavorazione del ferro, non si può dimenticare l'impianto siderurgico Ilva di Taranto, che, provocando un grave inquinamento atmosferico, ha compromesso la salute dei cittadini. Ma il Ferro è anche essenziale per gli organismi, in quanto costituente dell'emoglobina, dei citocromi e della mioglobina; inoltre, la magnetite, il primo magnete conosciuto dall'uomo, serve da sensore biologico del campo magnetico terrestre per i piccioni viaggiatori e altri animali, mentre gli spinaci di Braccio di Ferro non possono essere responsabili della sua forza in quanto contengono ferro non eme, che l'organismo difficilmente riesce ad assimilare.



### L'oro e i suoi numerosi composti

Secondo alcune ricerche, oro e platino provengono da un bombardamento di meteoriti avvenuto 4 miliardi di anni fa e durato 200 milioni di anni. Allo stato nativo, anche separato dalla

roccia incassante, l'oro è sempre in concentrazioni molto basse, associato ad argento, rame, piombo, zinco e altri metalli: sembra che per produrre un'oncia d'oro (circa 31 grammi) sia necessario lavorare in media più di 100 tonnellate di roccia e produrre 3 tonnellate di rifiuti. Per essere commerciabile l'oro deve essere puro almeno al 99,5%, ma la sua lavorazione è tra le più inquinanti, tra consumo di energia e scarti altamente tossici; richiede infatti:

- ▶ Cianurazione: in cui i minerali vengono trattati con una soluzione di cianuro di potassio, altamente tossico e letale per l'uomo già in una concentrazione solo del 2%.
- ▶ Amalgamazione: i minerali contenenti oro vengono polverizzati e trattati con il mercurio per formare un amalgama da cui distillare l'oro. Il mercurio provoca danni pesanti alla salute: circa 10 milioni di persone soffrono per malattie causate dal mercurio rilasciato nell'aria e nell'acqua, che si diffonde nella catena alimentare, in particolare nei pesci come tonno, spada e merluzzo che ne contengono in grandi quantità.

Per le sue proprietà: rarità, lavorabilità e inalterabilità, l'oro identifica però un tempo mitico di prosperità e abbondanza, l'Età dell'oro, appunto, ricorrente in varie culture antiche; per i romani l'Aurea aetas è il II<sup>o</sup> secolo d.C., il periodo del massimo benessere dell'Impero. Infine, l'oro è importante non solo nel mercato finanziario: tutti i dispositivi *hi-tech* (tablet, smartphone, pc, ecc.) contengono piccole quantità d'oro; solo recentemente sono state avviate procedure per il suo recupero.




### Arte e minerali

Sono strettamente legati; le prime tracce dell'uso dei minerali per la pittura risalgono all'ultima era glaciale, tra i 15000 e i 35000 anni fa: a Chauvet, Lascaux e Altamira si sono mantenute quasi invariate per migliaia di anni. Ossidi e solfuri di metalli o di terre rare hanno prodotto

la maggior parte dei pigmenti, usati in pittura: il giallo dalla goethite, il rosso dall'ematite, il blu oltremare, usato per dettagli più preziosi perché ricavato dai lapislazzuli, il rosso brillante dal cinabro, definito da Plinio, minio da cui il termine miniare, nelle miniature. Le diverse sfumature di colore davano profondità, ma anche potere, come le rappresentazioni di Papa Giulio II di Raffaello. Trasformando i coloranti in pigmenti, quindi fissando le loro molecole coloranti su particelle solide che potevano essere mescolate con gli oli e asciugate, si ebbe la grande evoluzione delle tecniche pittoriche, ampiamente sfruttate dagli impressionisti alla fine del diciannovesimo secolo; solo dopo il 1841, però il colore poté essere conservato in tubetti di metallo permettendone il trasporto e la pittura all'aperto.





**T**erra di risorse naturali e cuore strategico del Mediterraneo, sul fronte energetico la Sicilia rappresenta un asset per l'Italia e l'Europa grazie all'ampia disponibilità sul territorio di fonti energetiche rinnovabili. Se da una parte l'installazione di campi fotovoltaici ed eolici sta già contribuendo a una Sicilia sempre più sostenibile, le potenzialità dell'isola nel settore geotermico sono ancora solo in parte esplorate. L'accesso alle risorse geotermiche offre opportunità di crescita e sviluppo sostenibile a lungo termine per la regione e rappresenta un'opportunità per consolidare l'economia, diversificando le fonti energetiche e attraendo investimenti e *partnership* internazionali nel settore delle energie rinnovabili. Per valorizzare al meglio il suo patrimonio energetico la Sicilia è oggi chiamata a promuovere un percorso di trasformazione economica e sociale che punti sulla ricerca e l'innovazione tecnologica necessaria per catturare e utilizzare queste risorse.



# SICILIA, *terra promessa della Geotermia*

a cura di **Giovanni Floridia, Marisa Giuffrida e Marco Viccaro**

Immagine di sfondo: il cratere di La Fossa presso Vulcano, Isole Eolie.



**Giovanni Floridia**

Dipartimento di Scienze Biologiche Geologiche e Ambientali, Università degli Studi di Catania.

**Marisa Giuffrida**

Dipartimento di Scienze Biologiche Geologiche e Ambientali, Università degli Studi di Catania.

**Marco Viccaro**

Dipartimento di Scienze Biologiche Geologiche e Ambientali, Università degli Studi di Catania.

### Keywords

- Risorse geotermiche
- Manifestazioni termali
- Litio
- Transizione energetica

## INTRODUZIONE

Dalla Preistoria all'età antica, dal Medioevo al Rinascimento, sino ad oggi le forze endogene del nostro Pianeta sono state oggetto di osservazione e venerazione. Per millenni uomini e donne hanno beneficiato del sacro fuoco proveniente dalle viscere della Terra, per ragioni religiose o legate alla sopravvivenza. Nel frattempo, anche il progresso ha fatto la sua parte, modificando culture e sviluppando popoli e tecniche sempre nuove. Eppure, ciò che è rimasto

immutato da sempre è che – detto con le parole del XXI secolo – nel sottosuolo si cela una risorsa energetica rinnovabile e sostenibile che trae origine dal calore immagazzinato nelle rocce. La scienza che dall'inizio del XX secolo ne studia origine, caratteristiche e potenziale sfruttamento viene chiamata 'Geotermia'. Già l'etimologia greca suggerisce i due grandi poli – Geo, Terra, e Termos, calore – su cui si fondano i principi della disciplina che pone questioni oramai di primo piano nell'agenda politica, economica e

sociale del ventunesimo secolo.

Quanto all'Italia, le fonti oramai note e utilizzate nel corso del tempo sono riconducibili ad oltre due millenni. Nello specifico, la Sicilia, con il suo complesso contesto geologico e geodinamico disseminato di manifestazioni vulcaniche, dirette e secondarie, ed altre evidenze non strettamente connesse con le province magmatiche rappresenta una vera e propria "terra promessa" per l'esplorazione geotermica.

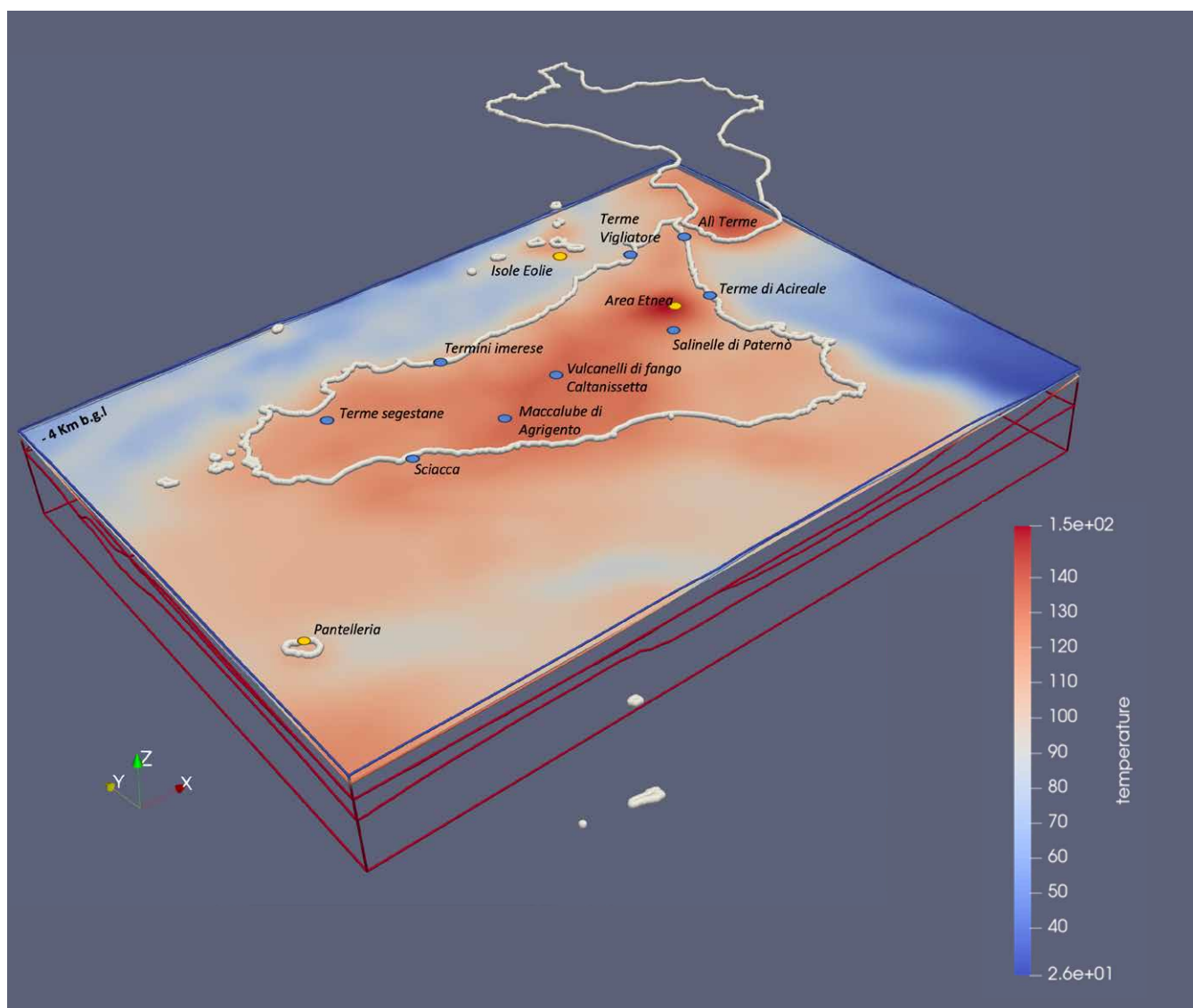


Fig. 1 - Evidenze geotermiche in Sicilia: a) acque policrome del Lago di Venere presso l'isola di Pantelleria; b) manifestazioni fumaroliche al cratere La Fossa presso Vulcano (Isole Eolie); c) manifestazioni fumaroliche della Favara Grande presso l'isola di Pantelleria.

## LA RISCOPERTA DEL CALORE COME NUOVA FRONTIERA ENERGETICA DELL'ISOLA

L'area attorno al vulcano Etna, l'Arcipelago delle Isole Eolie, l'isola di Pantelleria sono solo alcune delle località in cui è possibile riconoscere l'espressione superficiale dei processi geologici che avvengono più in profondità (**Fig. 1**). Aree vulcaniche in cui è possibile riscontrare la presenza di numerose sorgenti termali, emissioni di vapori o ancora pozze di acqua policroma: si tratta di luoghi spesso associati ad una tradizione termale storicamente documentata (Ciardi & Cataldi, 2005) e che, più di recente, hanno destato interesse per il loro possibile sfruttamento.





**Fig. 2** - Localizzazione delle aree di interesse geotermico in Sicilia in relazione al modello di distribuzione delle temperature nel sottosuolo a profondità di 4 km dal piano di campagna (Florida et al., 2022). Cerchi blu: manifestazioni di medio-bassa temperatura; cerchi gialli: manifestazioni di medio-alta temperatura.

Considerando gli esiti più aggiornati dell'esplorazione e della caratterizzazione delle risorse geotermiche in Sicilia, le aree riconosciute per le loro potenzialità sono molteplici. Oltre ai siti più noti e già citati, chiaramente riconducibili a contesti di vulcanismo attivo o recente, l'intera isola presenta luoghi di interesse in ambito geotermico distribuiti nei contesti geologici più vari (**Fig. 2**). Basti pensare ai domini carbonatici occidentali nelle aree di Termini Imerese, Sciacca, le Terme Segestane fino a giungere ai settori più orientali dell'isola in cui si individuano aree come Ali Terme, Terme Vigliatore o le Terme di Acireale. A queste si aggiungono porzioni di territorio interessate da vulcanesimo secondario osservabile in zone come le Salinelle di Paternò nel Catanese e le Macalube del Nisseno e dell'Agrigentino (**Fig. 3**). Insomma, la Sicilia è un vero e proprio laboratorio naturale per l'investigazione geotermica. Malgrado l'idoneità dello scenario, allo stato attuale, le risorse geotermiche in Sicilia hanno ricevuto poco incoraggiamento, se non per alcuni progetti. Facciamo dunque un passo indietro e ripercorriamo velocemente le tappe dei

principali programmi di ricerca ed esplorazione geotermica condotti in Sicilia.

Le indagini condotte sull'isola di Vulcano, ad opera di Alfred Rittmann negli anni '50 (programma di esplorazione VULCANO-Agip), rappresentarono probabilmente il primo passo per lo sfruttamento di un serbatoio geotermico in Sicilia (Sommaruga, 1984). Successivamente, negli anni '60, venne sviluppato il programma di esplorazione sull'isola di Pantelleria, promosso dall'Ente Minerario Siciliano (EMS) e patrocinato dalla Comunità Europea, che fu rilanciato dal CESEN negli anni '90 con la collaborazione dell'Istituto Internazionale di Ricerca Geotermica del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Chierici et al., 1995). Sebbene gran parte di questi tentativi riguardasse l'esplorazione di risorse geotermiche di medio-alta temperatura (i.e., temperature del sottosuolo maggiori di circa 80-100°C) finalizzate alla produzione di energia elettrica su vasta scala, altri progetti decisamente più recenti hanno focalizzato l'attenzione sui potenziali di medio-bassa temperatura (i.e., temperature del



sottosuolo nell'intervallo di circa 15-80°C), adeguati per utilizzi diretti del calore ai fini della climatizzazione e produzione di acqua calda sanitaria. A tal riguardo, il progetto VIGOR, conclusosi nel 2014, è probabilmente da annoverare tra i principali, in quanto ha fornito informazioni analitiche per l'attività di prospezione geotermica anche in aree dell'Italia meridionale caratterizzate da flussi di calore relativamente normali, che si attestano dunque attorno ai valori medi del flusso di calore sulla Terra (87 mW/m<sup>2</sup>; cf. Eppelbaum et al., 2014).

Attualmente, la forte vocazione geotermica delle isole minori della Sicilia ha generato molteplici partenariati mirati allo studio dell'auto-sufficienza energetica, nonché della sostenibilità ambientale e sociale delle piccole realtà isolane (Di Sipio et al., 2013; Abate et al., 2014; Trumpy et al., 2015; Montanari et al., 2015; 2017; Santilano et al., 2016; progetto PRIN 2022 PNRR; IRGIE, 2022). Sebbene questi progetti abbiano ampiamente discusso il potenziale geotermico della Sicilia, e concordano sulle opportunità di sfruttamento della risorsa, esse risultano ancora in gran parte indefinite e richiedono di essere adeguatamente valutate adottando strategie innovative di esplorazione.



Fig. 2 - a) e b) Pozze ipersaline presso le Salinelle di Paternò (provincia di Catania).

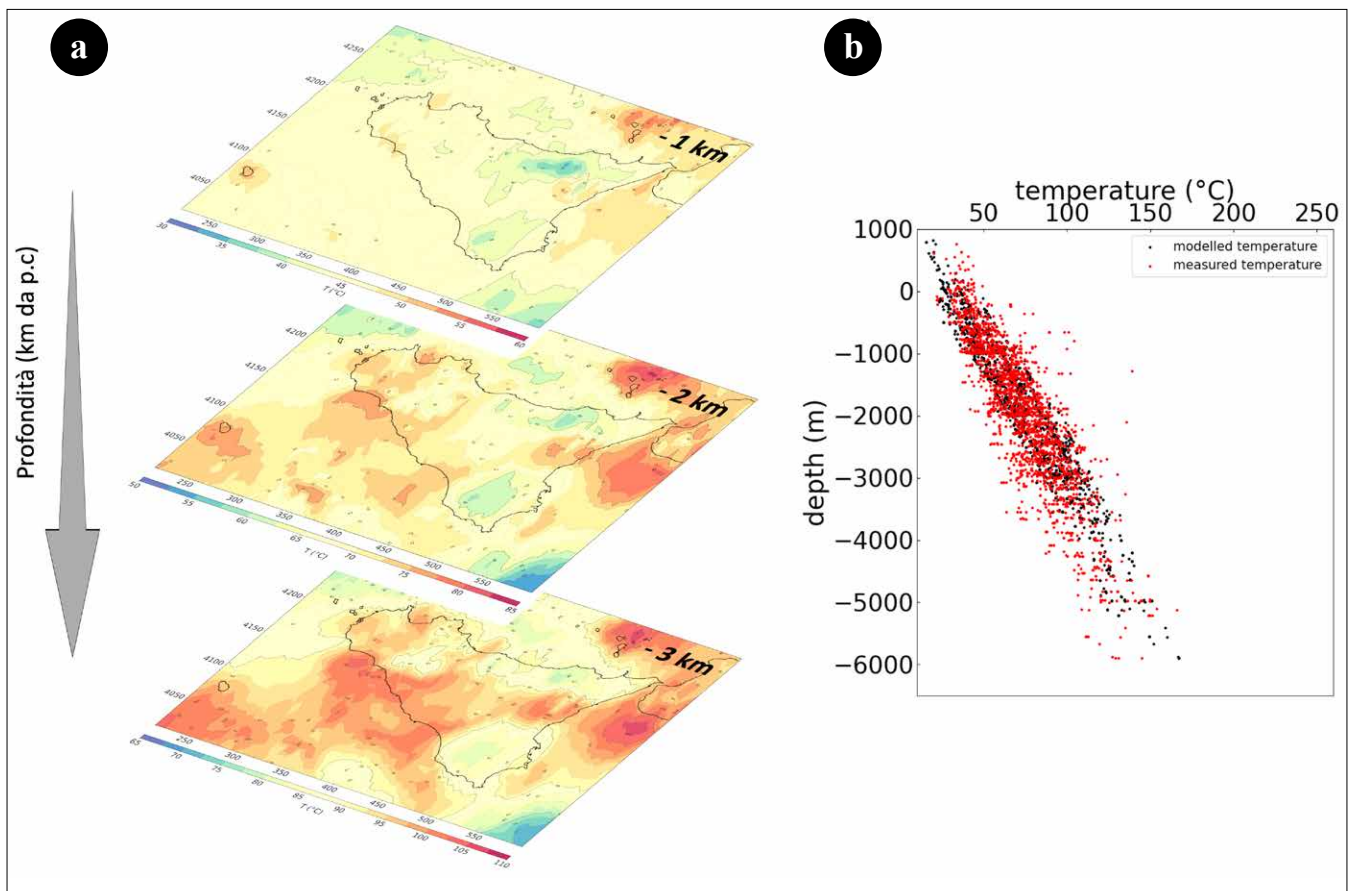


Fig. 4 - Modello della distribuzione di temperatura nel sottosuolo in Sicilia (Florida et al., 2022; a) slices di temperatura a profondità di 1, 2, 3 km dal piano campagna; b) esempio di comparazione tra le temperature misurate e quelle calcolate dal modello numerico.

L'auspicato cambio di rotta sembra oggi possibile grazie al consolidamento di approcci interdisciplinari alla ricerca, condizione che apre nuovi orizzonti e prospettive. Infatti, ambiti come la geofisica, la gravimetria, l'idrogeologia o ancora l'ingegneria dei materiali, contribuiscono in maniera sinergica e complementare al raggiungimento delle conoscenze geotermiche. Ed è a questo proposito che, attingendo a questo approccio multidisciplinare, imprescindibile per una tematica di tale complessità, recenti studi hanno fornito un nuovo impulso alla causa geotermica siciliana, definendo una metodologia innovativa per la valutazione delle condizioni termiche del sottosuolo della regione (Florida et al., 2022). Al riguardo, attraverso la sperimentazione di nuovi modelli numerici e avendo come *input* un modello geologico tridimensionale ben validato da dati geofisici pregressi e di nuova acquisizione, è stato definito un modello più dettagliato della distribuzione della temperatura nel sottosuolo (Fig. 4). Il modello termico tridimensionale, disponibile da Florida et al. (2022), evidenzia in particolare quali sono i fattori che controllano la distribuzione del calore in superficie (a livelli crostali) e in profondità (a livelli mantellici). Al contempo, esso fornisce informazioni quantitative sia per le zone caratterizzate da importanti anomalie termiche, associate ad esempio alle aree vulcaniche attive delle Isole Eolie, l'Etna e il Canale di Sicilia, sia per le vaste aree che si distinguono per la presenza di risorse geotermiche di bassa entalpia, associate

invece alle litologie carbonatiche ed evaporitiche. Si tratta di un approccio non più legato esclusivamente a indagini dirette, ma anche indirette, che sfrutta l'enorme quantitativo di dati raccolti durante le varie campagne esplorative in Sicilia, avviate principalmente per la ricerca di idrocarburi tra gli anni '50 e '60, oltre che per indagini gravimetriche e geofisiche più recenti. Tali informazioni ricoprono uniformemente il territorio siciliano e forniscono dati termometrici preziosi per lo studio delle condizioni geotermiche a scala regionale. L'utilizzo della modellazione numerica costituisce in tal senso un ottimo strumento per la caratterizzazione, almeno preliminare, della risorsa.

Sotto questo aspetto, sono pochi gli studi che prendono in considerazione e sviluppano modelli numerici per valutare lo scambio termico nel sottosuolo. Per esempio, in Italia sono state recentemente condotte alcune ricerche per mappare il potenziale geotermico di particolari regioni sulla base di approcci di modellazione analitica tridimensionale (Basilici et al., 2019, 2020; Santini et al., 2020, 2021), mentre in Sicilia alcuni studi suggeriscono approcci simili per le sole aree rispettivamente di Termini Imerese e Mazara del Vallo (Abate et al., 2014; Montanari et al., 2017).

Come intuibile, la ricerca consente in via preliminare di definire su scala regionale quali aree meglio di altre si prestano ad un uso sostenibile della risorsa, descrivendo un quadro chiaro nei confronti del potenziale dell'intero territorio regionale,



soprattutto per l'uso diretto delle risorse di bassa temperatura, capace di generare un grande beneficio in termini energetici e ambientali. Se in un primo momento le indagini geotermiche si riferivano principalmente all'individuazione di *reservoirs* con temperature molto elevate, volte alla generazione di corrente elettrica, oggi si intuisce come queste possono essere rivolte anche alla caratterizzazione geotermica di bassa temperatura, in grado di soddisfare i fabbisogni energetici con un occhio verso l'inesorabile cambiamento climatico. In

definitiva, studi che ricalcano questa linea di ragionamento, figli di una sinergia tra le competenze e i saperi degli enti coinvolti, costituiscono un reale avanzamento nella ricerca geotermica e divengono uno strumento che funge, da un lato da volano per future investigazioni di settore, dall'altro da incentivo per l'utilizzo della risorsa geotermica in Sicilia, con l'obiettivo di generare un circolo virtuoso tra ricerca e applicazione.

## NON SOLO ENERGIA, MA ANCHE SVILUPPO SOSTENIBILE

Nell'ottica di valorizzare le potenzialità che il calore del sottosuolo offre, va certamente richiamato il ruolo chiave dei fluidi geotermici nella transizione ecologica mondiale non solo sul fronte della produzione energetica, elettrica o termica, ma anche su quello dell'approvvigionamento di materie prime critiche e strategiche (*Critical Raw Materials*), essenziali per la transizione digitale ed energetica. Tra le materie prime critiche individuate dall'Unione Europea (EC-JRC 2023) spicca il litio, componente indispensabile per la produzione delle batterie dei veicoli elettrici e fondamento della mobilità

*green*, la cui domanda è stimata in crescita esponenziale da qui al 2050. Tuttavia, l'UE ne estrae solo l'1% del totale globale entro i propri confini, per il resto si affida all'importazione. La produzione di litio geotermico, in quest'ottica, permetterebbe di abbattere i relativi impatti ambientali, consentendo al contempo di diversificare le fonti di approvvigionamento di una materia prima fondamentale per la transizione *green* (Fig. 5).

In Europa la corsa alla ricerca e produzione del litio geotermico è già iniziata da anni sotto la spinta di Francia e Germania. In Italia siamo invece

ancora agli esordi, sebbene il nostro Paese possieda un potenziale elevato di risorse di litio non convenzionali. Del resto studi recenti condotti dal Consiglio Nazionale delle Ricerche hanno dimostrato che i serbatoi geotermici italiani sono ricchi di litio (Dini et al., 2021). In passato sono stati intercettati fluidi geotermici di medio-alta temperatura (i.e., maggiori di circa 100°C) con concentrazioni di litio fino a 480 mg/l riconducibili alle province magmatiche Plio-Quaternarie di Lazio, Toscana e Campania. Tuttavia, anche fluidi geotermici con temperature significativamente più basse (ad es.,

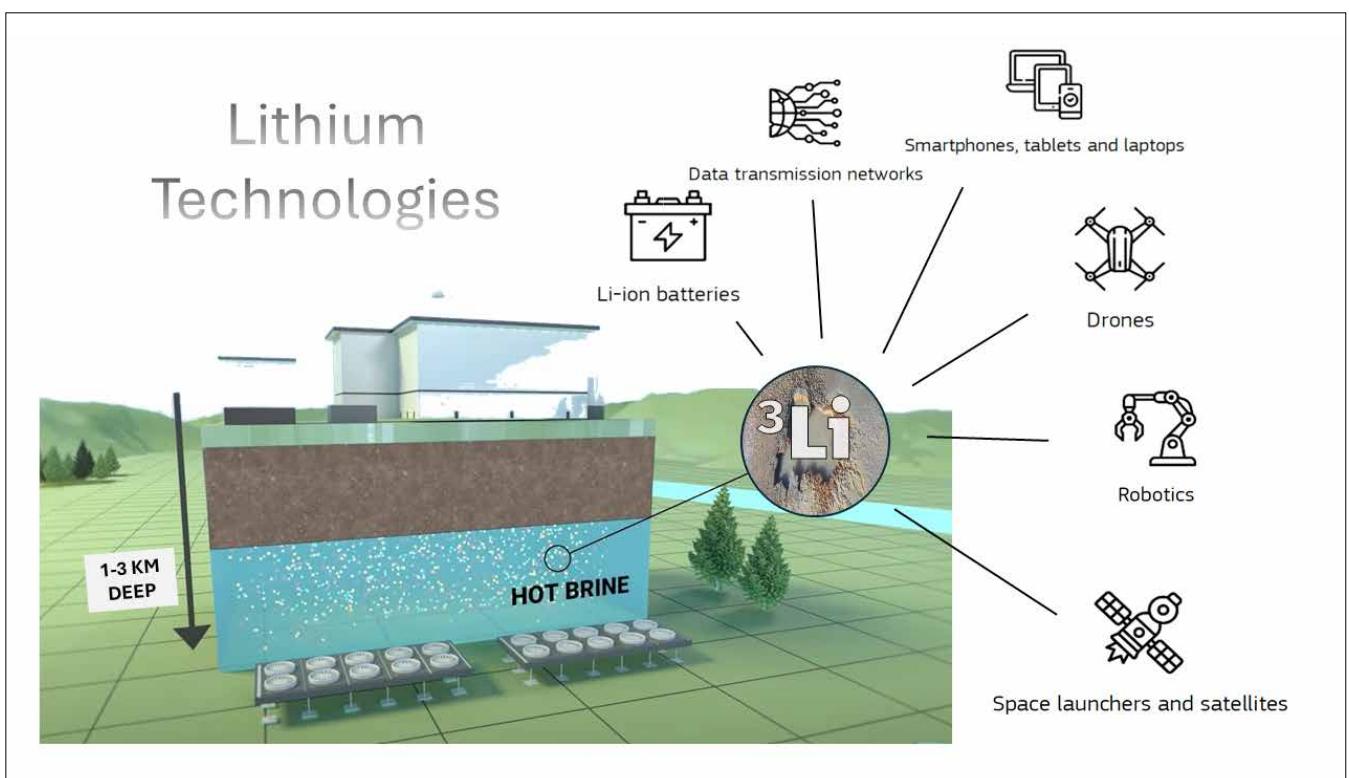


Fig. 4 - Rappresentazione schematica dell'utilizzo del litio per lo sviluppo tecnologico. Immagine rielaborata sulla base del report EC-JRC 2023 e dell'animazione sul canale YouTube Vulcan Energy Resources ([www.youtube.com/watch?v=xTMYN/S3RCA](https://www.youtube.com/watch?v=xTMYN/S3RCA)).



Il campo geotermico di Namaskard (Islanda settentrionale), esempio virtuoso di utilizzo del calore del sottosuolo.

minori di 50°C) presenti in diverse aree del territorio nazionale hanno mostrato contenuti apprezzabili. Si tratta di riserve importanti che potrebbero contribuire a fronteggiare la richiesta di litio nazionale ed europea, sebbene esse siano ancora solo in parte identificate e per lo più inesplorate.

In un quadro nazionale così promettente, la Sicilia non è da meno. All'interno del territorio siciliano si osservano infatti molteplici manifestazioni geotermiche superficiali con caratteristiche composizionali che suggeriscono la presenza di risorse litifere non indifferenti nel sottosuolo. Tra gli esempi più interessanti troviamo l'isola di Panarea (nell'Arcipelago delle Isole Eolie) le cui acque termali registrano temperature superiori ai 100°C e contenuti in litio fino a 7.5 mg/l (Tassi et al., 2009). Dall'Arcipelago Eoliano al Canale di Sicilia, le risorse geotermiche ancora da coltivare sono ingenti e i fluidi profondi potrebbero rivelare concentrazioni di litio di notevole

interesse. I pochi rilevamenti da sorgenti e pozzi eseguiti negli anni in siti di importanza strategica come le isole di Pantelleria e Vulcano sono tuttavia ancora insufficienti per identificare il reale potenziale della risorsa e nuovi programmi di esplorazione e mappatura geotermica potrebbero dare nuovi impulsi al riguardo (progetto PRIN 2022 PNRR; progetto PON 2014-20 Action IV.6 REACT-EU).

Anche in contesti con minor termalità, come nel caso dei bacini idrogeologici dell'area Etnea, è possibile trovare alcuni esempi promettenti in termini di risorse litifere. Tra questi, la sorgente sulfurea Santa Venera, che ha alimentato le Terme di Acireale, presenta caratteristiche composizionali e concentrazioni di litio maggiori di 1 mg/l, frutto di interazioni complesse tra acque superficiali, brine marine e fluidi di origine magmatica. Sempre nell'area Etnea, il monitoraggio delle emissioni fluide ipersaline delle Salinelle, localizzate in tre principali

siti nei dintorni di Paternò, ha rivelato quantità considerevoli di litio (30-265 mg/l; Chiodini et al., 1996; Chicco et al., 2020), tra i più elevati nell'ambito dei quantitativi rilevati ad oggi nel territorio siciliano.

Il territorio siciliano può dunque diventare un modello di riferimento nel panorama geotermico sulla scia di vari esempi virtuosi del nord Europa, poiché la coesistenza di fattori naturali e di adeguate conoscenze in materia stanno predisponendo le giuste condizioni per venire incontro alle esigenze energetiche attuali. Se ad oggi le risorse fossili continuano a soddisfare la domanda energetica, è pur vero che le condizioni climatiche da un lato e quelle geopolitiche dall'altro richiedono oramai una ridefinizione del modello energetico, puntando sempre più sull'integrazione tra risorse rinnovabili, tra cui quelle geotermiche, la cui applicazione in Sicilia trova la sua dimensione ideale.

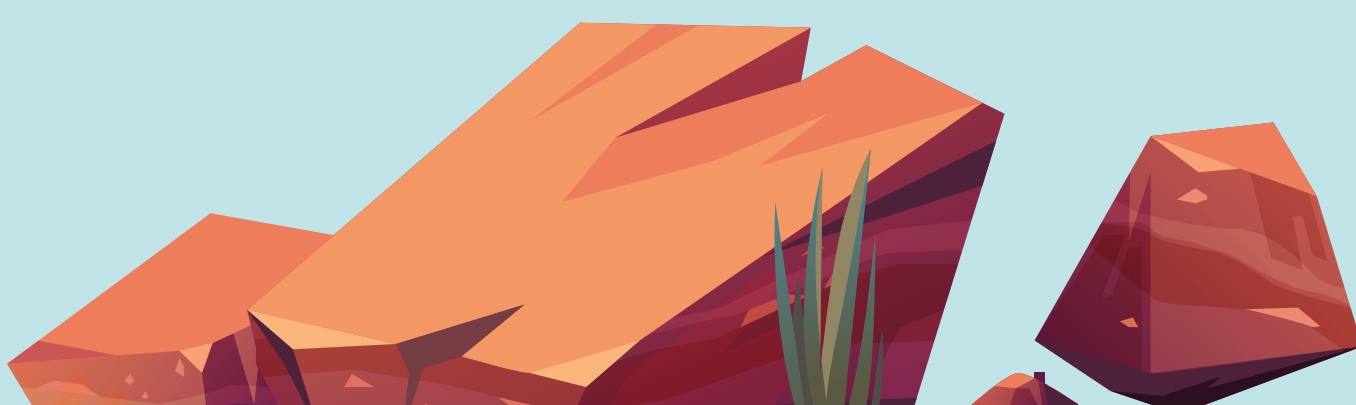
## BIBLIOGRAFIA

- Abate S., Angelino A., Balasco M., Botteghi S., Bruno P., Caielli G., Caputi A., Cardellicchio N., Catalano R. & Contino A. (2014). *VIGOR: Sviluppo geotermico nella regione Sicilia – Studi di fattibilità a Mazara del Vallo e Termini Imerese*. Valutazione geotermica con geofisica elitrasportata. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4496.7449>
- Basilici M., Mazzoli S., Megna A., Santini S. & Tavani S. (2019). *Geothermal model of the shallow crustal structure across the "Mountain Front Fault" in Western Lurestan, Zagros Thrust Belt, Iran*. *Geosciences*, 9, 301. <https://doi.org/10.3390/geosciences9070301>
- Basilici M., Mazzoli S., Megna A., Santini S. & Tavani S. (2020). *3-D geothermal model of the Lurestan sector of the Zagros Thrust Belt, Iran*. *Energies*, 13, 2140. <https://doi.org/10.3390/en13092140>
- Chicco J.M., Giammanco S. & Mandrone G. (2020). *Multidisciplinary study of the Salinelle di Paternò mud volcanoes: characteristics of the fluids and possible correlations with the activity of Mt. Etna*. *Annals of Geophysics*, 63(6), GD670. <https://doi.org/10.4401/ag-8523>
- Chierici R., Grassi S., La Rosa N., Nannini R., Squarci P. & Zurlo R. (1995). *Geothermal exploration on Pantelleria Island (Sicily channel): first results*. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, 1995, pp. 697-701.
- Chiodini G., D'Alessandro W. & Parelo F. (1996). *Geochemistry of gases and waters discharged by the mud volcanoes at Paternò, Mt. Etna (Italy)*. *Bulletin of Volcanology*, 58, 51-58.
- Ciardi M. & Cataldi R. (2005). *Il Calore della Terra, Contributo alla Storia della Geotermia in Italia*. Ed. ETS, Pisa, 344 pp.
- Dini A., Lattanzi P., Ruggieri G. & Trumpy E. (2021). *Lithium occurrence in Italy – An overview*. *Minerals*, 12(8), 945. <https://doi.org/10.3390/min12080945>
- Di Sipio E., Galgaro A., Destro E., Giaretta A., Chiesa S. & Team V. (2013). *Thermal conductivity of rocks and regional mapping*. In: Proceedings of European Geothermal Conference 2013.
- Eppelbaum L., Kutasov I. & Pilchin A. (2014). *Applied geothermics*. Springer-Verlag, 751 pp.
- European Commission – Joint Research Centre, Carrara S., Bobba S., Blagoeva D., Alves Dias P., Cavalli A., Georgitzikis K., Grohol M., Itul A., Kuzov T., Latunussa C., Lyons L., Malano G., Maury T., Prior Arce A., Somers J., Telsnig T., Veeh C., Wittmer D., Black C., Pennington D. & Christou M. (2023). *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, JRC132889. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/386650>
- Florida G., Cacace M., Schreck-Wenderoth M., Bott J. & Viccaro, M. (2022). *3D thermal model of Sicily (Southern Italy) and perspectives for new exploration campaigns for geothermal resources*. *Global and Planetary Change*, 218, 103976.
- IRGIE (2022). *Inventario delle Risorse Geotermiche delle Isole Eolie*. Accordo Quadro di Collaborazione tra l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e il Dipartimento Regionale dell'Energia della Regione Siciliana per investigare e individuare le potenzialità geotermiche di alcune isole minori siciliane.
- Montanari D., Albanese C., Catalano R., Contino A., Fedi M., Gola G., Iorio M., la Manna M., Monteleone S., Trumpy E., Valenti V. & Manzella A. (2015). *Contour map of the top of the regional geothermal reservoir of Sicily (Italy)*. *Journal of Maps*, 11, 13-24. <https://doi.org/10.1080/17445647.2014.935503>
- Montanari D., Minissale A., Doveri M., Gola G., Trumpy E., Santilano A. & Manzella A. (2017). *Geothermal resources within carbonate reservoirs in western Sicily (Italy): a review*. *Earth Science Reviews*, 169, 180-201. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.04.016>
- Progetto PON 2014-20 Action IV.6 REACT-EU. *Contribution of geothermal fluids in volcanic areas for recovery of Critical Raw Materials in light of the green energy transition*. Responsabile Scientifico M. Viccaro.
- Progetto PON 2022 PNRR. *Thermal model of Aeolian Islands for new perspectives of sustainable exploitation of geothermal resources*. CUP E53D23022050001. Responsabile Scientifico M. Viccaro.
- Progetto VIGOR. *Valutazione del potenziale geotermico delle regioni di convergenza*. [www.vigor-geotermia.it](http://www.vigor-geotermia.it) Responsabile Scientifico A. Manzella.
- Santilano A., Donato A., Galgaro A., Montanari D., Menghini A., Viezzoli A., Di Sipio E., Destro E. & Manzella A. (2016). *An integrated 3D approach to assess the geothermal heat-exchange potential: the case study of western Sicily (southern Italy)*. *Renewable Energy*, 97, 611-624. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.072>
- Santini S., Basilici M., Invernizzi C., Mazzoli S., Megna A., Pierantoni P. P., Spina V. & Teloni S. (2020). *Thermal Structure of the Northern Outer Albanides and Adjacent Adriatic Crustal Sector, and Implications for Geothermal Energy Systems*. *Energies*, 13, 6028. <https://doi.org/10.3390/en13226028>
- Santini S., Basilici M., Invernizzi C., Jablonska D., Mazzoli S., Megna A. & Pierantoni P.P. (2021). *Controls of Radiogenic Heat and Moho Geometry on the thermal setting of the Marche Region (Central Italy): an Analytical 3D Geothermal Model*. *Energies*, 14, 6511. <https://doi.org/10.3390/en14206511>
- Sommaruga C. (1984). *Le ricerche geotermiche svolte a Vulcano negli anni '50*. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 39, 355-366.
- Tassi F., Capaccioni B., Caramanna G., Cinti D., Montegrossi G., Pizzino L., Quattrocchi F. & Vaselli O. (2009). *Low-pH waters discharging from submarine vents at Panarea Island (Aeolian Islands, southern Italy) after the 2002 gas blast: Origin of hydrothermal fluids and implications for volcanic surveillance*. *Applied Geochemistry*, 24, 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2008.11.015>
- Trumpy E., Donato A., Gianelli G., Gola G., Minissale A., Montanari D., Santilano A. & Manzella A. (2015). *Data integration and favourability maps for exploring geothermal systems in Sicily, southern Italy*. *Geothermics*, 56, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.03.004>

# TERMOCRONOLOGIA:

*la relazione tra tempo  
e temperatura  
che ci aiuta a capire  
processi profondi  
e di superficie*

a cura di Chiara Amadori



**I**l principio fondamentale della termocronologia si basa sul concetto di raffreddamento delle rocce rispetto di una determinata temperatura critica associata a sistemi isotopici in minerali accessori come apatiti e zirconi. La temperatura influenza come e quando viene registrato il prodotto del decadimento radioattivo, consentendo quindi di datare il momento in cui le rocce attraversano una specifica isoterma. Quando questa informazione viene integrata con una stima del paleogradiente geotermico, si può convertire il dato di tempo-temperatura in profondità. In breve, la grande potenzialità della termocronologia è quella non solo di datare variazioni termiche, ma di poter quantificare il movimento verticale delle rocce nella crosta. Questo, è un dato chiave per far luce su tematiche di grande dibattito in geologia, come capire e quantificare il ruolo dell'erosione delle catene montose durante il Cenozoico.





Keywords

- Termocronologia
- Esumazione
- Erosione
- Catene montuose

## INTRODUZIONE

La termocronologia è una branca multidisciplinare delle Scienze Geologiche che si occupa di determinare le età di raffreddamento delle rocce, dalle cristalline alle sedimentarie. Questo campo di studio fornisce informazioni uniche sulla storia termica della crosta superiore, consentendo di datare un particolare evento geotermico, di quantificare processi tettonici (sollevamento e subsidenza) e

geomorfologici che hanno plasmato la superficie terrestre.

In questo testo, cercherò di dare informazioni ampie e generali sulle metodologie più comunemente usate e le loro applicazioni nelle Scienze della Terra. Esiste infatti un'abbondante raccolta di dati termocronologici al mondo, ma sembra ancora non bastare a chiarire processi a scala globale o ad alta risoluzione, come le oscillazioni climatiche nel Quaternario.

Molte delle informazioni di seguito riportate sono incluse in testi che ho considerato fondamentali durante la mia formazione, scritti da scienziati che hanno contribuito ad espandere le frontiere della geologia, soprattutto in ambito analitico, e sono (non in ordine di importanza): Peter Reiners, David Chew, Andrew Gleadow, Peter van der Beek e Taylor Schildgen.

## IL CONCETTO DI TERMOCRONOLOGIA

La termocronologia si occupa di datare degli eventi termici che hanno influenzato le rocce localizzate nei primi chilometri della crosta, quindi a temperature relativamente basse al di sotto di ~300°C. Questo tipo di datazione utilizza isotopi radioattivi (es: <sup>238</sup>U e <sup>232</sup>Th) che decadono ad un tasso noto, presenti all'intero dei minerali accessori come apatite e zircone. Misurando la concentrazione tra gli isotopi instabili ed il prodotto del loro decadimento, e conoscendo la velocità di diffusione di tali elementi, è possibile stimare il tempo trascorso dall'ultimo evento termico che ha interessato le rocce dopo la loro formazione.

La termocronologia si differenzia dalla geocronologia poiché quest'ultima determina un'età assoluta delle rocce, come ad esempio il momento della cristallizzazione dei minerali. La metodologia principe più usata in geocronologia è la datazione U-Pb di zirconi in rocce cristalline (Reiners et al., 2018) (Fig. 1).

Non è un caso che i minerali più comunemente utilizzati sia in

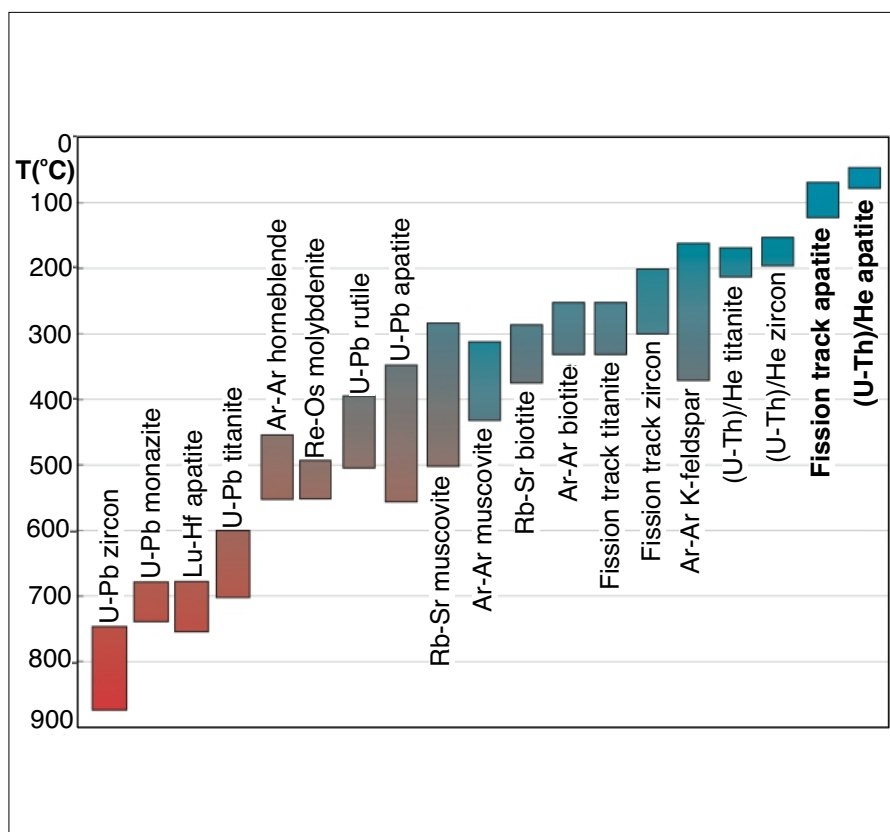
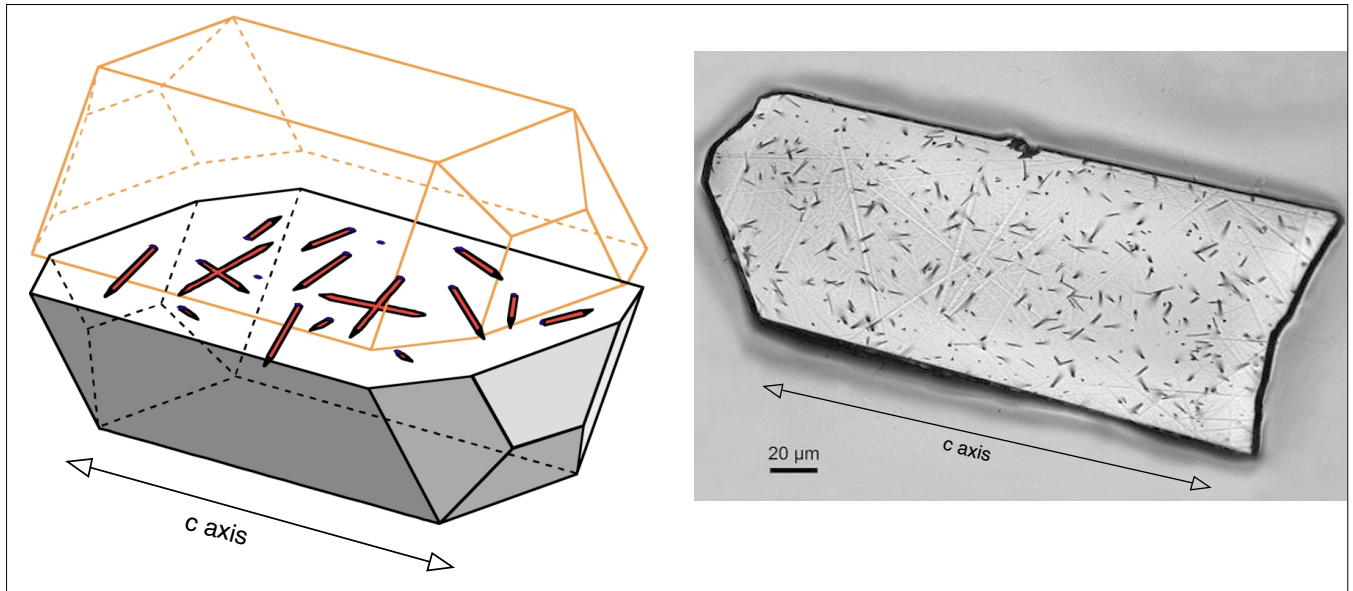


Fig. 1 - Lista completa di geotermometri e termocronometri con il loro intervallo di sensibilità alle temperature (Figura modificata da Chew e Spikings, 2015).



**Fig. 2** - Sulla sinistra sono rappresentate schematicamente le tracce di fissione in una superficie interna al cristallo di apatite orientato lungo il suo asse di crescita (*c axis*). Sulla destra, un'immagine da microscopio a luce trasmessa di reali tracce di fissione in un cristallo di apatite orientato lungo il suo asse di crescita.

termocronologia che geocronologia siano l'apatite (fosfato di calcio che può contenere diverse concentrazioni di cloro o fluoro) e lo zirconio, poiché entrambi contengono una maggiore abbondanza di Uranio e Torio che li rende particolarmente adatti alle datazioni.

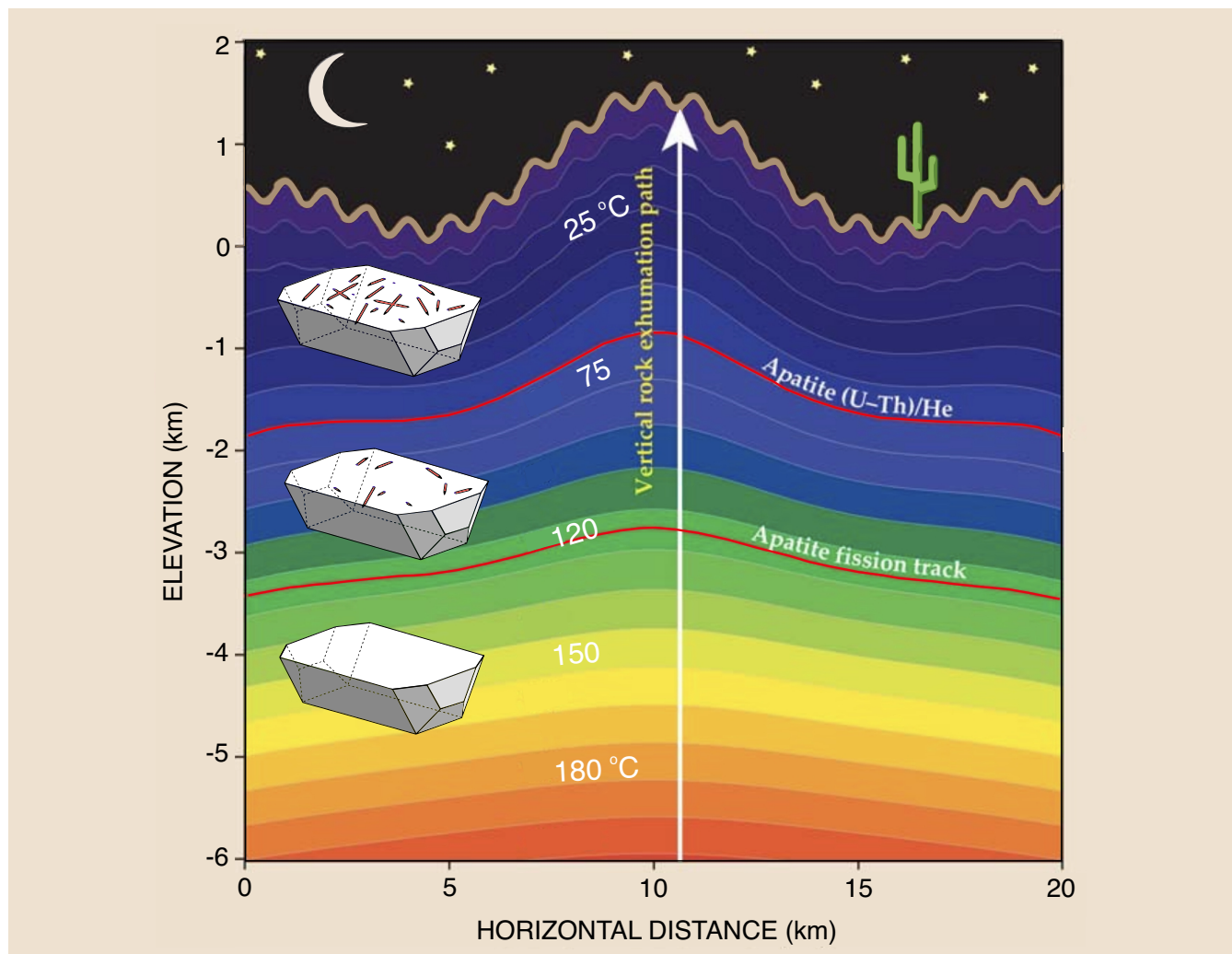
Il termine "termocronologia" è stato coniato per la prima volta nel 1973 da William Dodson, un geochimico e geologo americano, nel suo articolo "*Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems*" pubblicato sulla rivista scientifica "*Contributions to Mineralogy and Petrology*". In questo articolo, si introduce il concetto di "temperatura di chiusura" e discute l'applicazione di metodi geocronologici per determinare le temperature di chiusura di minerali in diverse condizioni geologiche e geotermiche.

Facendo un esempio pratico: il decadimento radioattivo di  $^{238}\text{U}$  in  $^{206}\text{Pb}$  produce 8 atomi di elio radiogenico ( $^4\text{He}$ ), che viene trattenuto all'interno di un determinato cristallo solo a temperature più fredde della sua specifica temperatura di chiusura. Nell'apatite, questa temperatura di chiusura è di circa  $\sim 70^\circ\text{C}$ ; al di sotto di questa, le particelle di  $^4\text{He}$  sono generalmente trattenute nel minerale e il sistema si definisce chiuso. A temperature più elevate della temperatura di chiusura, il  $^4\text{He}$  avrà abbastanza energia per sfuggire dal reticolo cristallino tramite diffusione, ed il sistema si dice quindi aperto. Se conosciamo il tasso di produzione delle particelle figlie (elio radiogenico), possiamo misurare le concentrazioni di queste rispetto a quelle dei loro nuclidi genitori, e quindi calcolare un'età che rispecchia il momento

in cui la roccia si è raffreddata attraverso la sua temperatura di chiusura (Chew & Spiking, 2015).

Un sistema che invece non si basa sull'accumulo delle particelle prodotte, ma sugli effetti del decadimento radioattivo sul reticolo cristallino, è l'analisi delle tracce di fissione. Queste tracce, sono delle vere e proprie "cicatrici" (**Fig. 2**) causate dalla fissione spontanea dell' $^{238}\text{U}$  che, liberando energia e particelle, rompe la struttura cristallina. Il fenomeno è studiabile in tutti i materiali contenenti uranio, ma particolarmente utile alle Scienze della Terra quando avviene nei cristalli di apatite, zirconio, titanite e monazite. Per ogni fissione spontanea dell' $^{238}\text{U}$  si crea una singola traccia, lunga inizialmente  $\sim 15$  micron. La densità e la lunghezza delle tracce all'interno del minerale dipende dalla concentrazione di uranio e dalla storia geologica che ha subito il quel volume di roccia (Chew & Spiking, 2015).

Le temperature all'interno della crosta aumentano generalmente con la profondità e i gradienti geotermici variabili (tipicamente  $\sim 25\text{-}30^\circ\text{C}/\text{km}$ ) definiscono questa relazione. Il gradiente geotermico mette in relazione la temperatura con la profondità, e per l'esempio citato in precedenza la profondità a cui risiede la temperatura di chiusura della datazione basata sul calcolo dell'elio radiogenico nelle apatite ( $\sim 70^\circ\text{C}$ ) varia tra 2-3 km (**Fig. 3**). Insieme all'età misurata, siamo quindi in grado di risalire alla posizione dei minerali all'interno della crosta rispetto alla paleo-superficie topografica. Se la roccia viene oggi campionata sulla superficie, possiamo anche dedurre i tassi di esumazione, ovvero in quanto tempo



**Fig. 3** - Schema che raffigura come le isoterme si distribuiscono nel sottosuolo quando è presente una topografia articolata in superficie. Le linee rosse sono le isoterme di riferimento per i sistemi termocronologici di bassa temperatura applicabili su apatiti (figura modificata da Reiners & Shuster, 2009).

il volume di roccia soprastante è stato rimosso, grazie alla tettonica e/o erosione.

Per quantificare il movimento progressivo delle volume di rocce verso l'alto, si hanno a disposizione una serie di termocronometri applicabili ad una varietà di minerali (**Fig. 1**). Le proprietà uniche dell'elemento prodotto dal decadimento e del reticolo cristallino del minerale conferiscono a ogni termocronometro una sensibilità ad una specifica temperatura. Per questo motivo, esistono numerosi termocronometri in grado di fornire vincoli temporali per un'ampia gamma di temperature. Ad esempio, le temperature tra 180-240°C sono rilevabili grazie al sistema (U-Th)/He su zirconio. Per temperature più fredde, tra 60-120°C si può utilizzare l'analisi delle tracce di fissione nell'apatite, e per quelle ancora più basse tra 30-70°C, (U-Th)/He sempre su apatite (**Fig. 3**). Ciò consente di ricostruire passo dopo passo le variazioni di età-temperatura-profondità delle rocce della crosta terrestre, e quindi anche di ricevere dati sulla loro deformazione, fino alla loro emersione in superficie (Reiners & Shuster, 2009).

Per capire meglio come funzionano queste datazioni

temperatura-dipendenti, possiamo fare un esempio fantasioso ma abbastanza pragmatico. Immaginiamo un alto grattacielo con molti piani, e che ad ogni piano corrisponda un termocronometro, ordinati in modo che dal basso verso l'alto ci siano quelli che registrano temperature di chiusura più calde (al piano terra) a quelli più freddi (ultimo piano) (**Fig. 4**). Questa differenza di temperatura distribuita nella verticale corrisponde in natura al gradiente geotermico, con temperature che aumentano con la profondità.

Come ogni grattacielo che si rispetti, vi è un ascensore che sale dal piano terra all'attico. Salendo, ogni volta che l'ascensore attraversa un piano viene registrata l'ora dell'attraversamento (che corrisponderebbe all'età misurata dal termocronometro) e la temperatura del piano (intervallo di sensibilità del sistema isotopico). Una volta arrivati in cima, si è quindi accumulata una serie progressiva di orari/età e corrispondenti temperature, tante quanti sono i piani del grattacielo. Questa ascesa simula ciò che accade ad un volume di roccia quando viene esumato in superficie, sia che la rimozione della porzione soprastante di roccia avvenga per via tettonica estensionale o per erosione. Gli ascensori possono anche tornare indietro ai piani



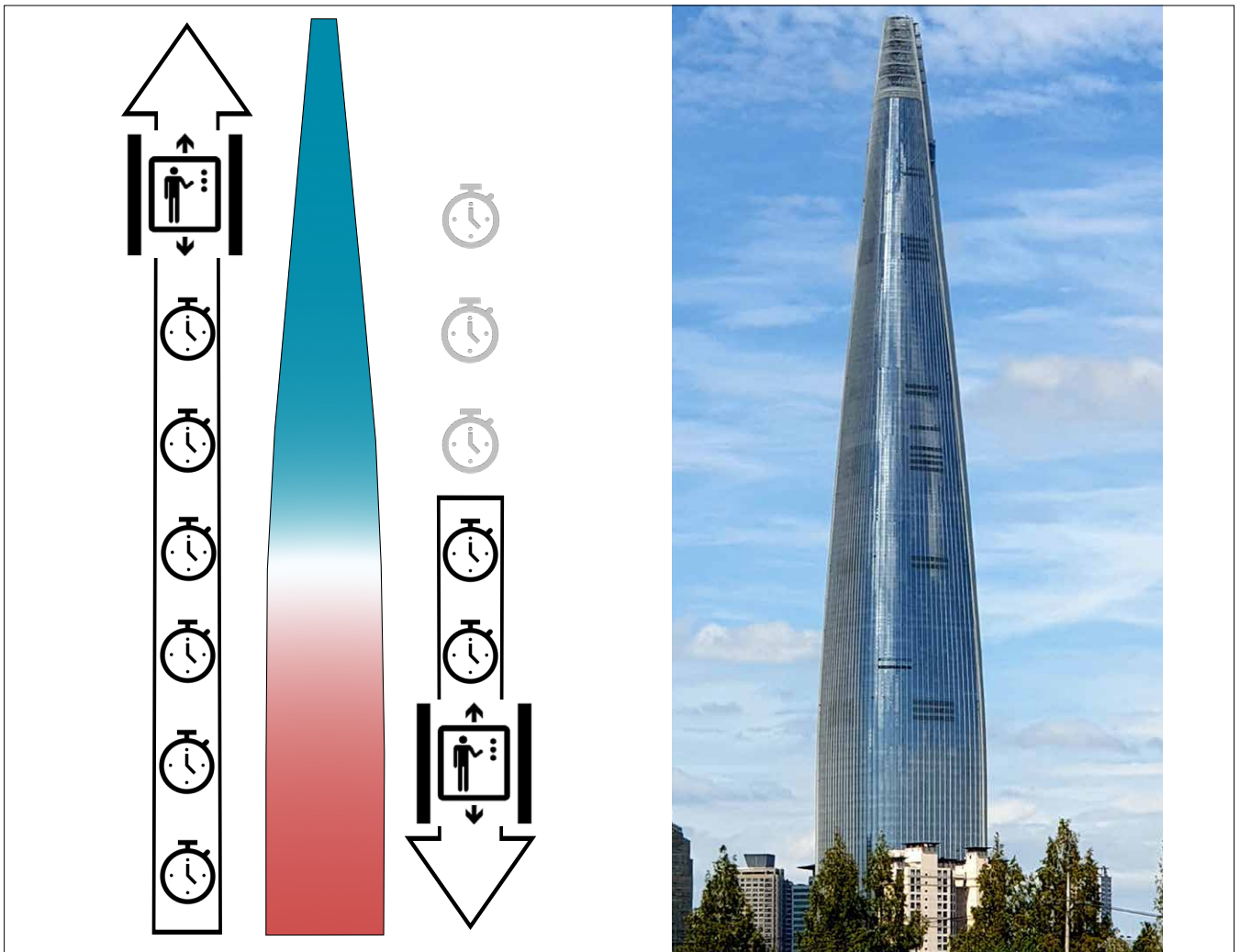


Fig. 4 - Immagine stilizzata del grattacielo e di un ascensore, per spiegare la progressiva chiusura ed eventuale riapertura dei sistemi dei termocronometri a seconda della variazione di temperatura. A destra troviamo la foto della Lotte Tower a Seul, il quinto grattacielo più alto al mondo.

inferiori. Scendendo, l'ascensore perde la registrazione dei termocronometri più freddi che aveva acquisito quando era asceso. Questi infatti si azzerano poiché diventano instabili ai piani inferiori, dove ci sono temperature maggiori. Questa instabilità fa riaprire il sistema isotopico del termocronometro, cancellando il dato di tempo-temperatura precedente acquisito. In geologia, questo fenomeno si chiama subsidenza: quando il volume di roccia viene progressivamente sepolto a profondità maggiori e al gradiente geotermico dell'area. Fino a che l'ascensore risiederà ai piani bassi, solo i termocronometri con equilibri stabili a quelle alte temperature potranno registrare un'età, mentre gli altri produrranno età di valore zero perché non possono accumulare il prodotto del decadimento (per questo il sistema si dice aperto).

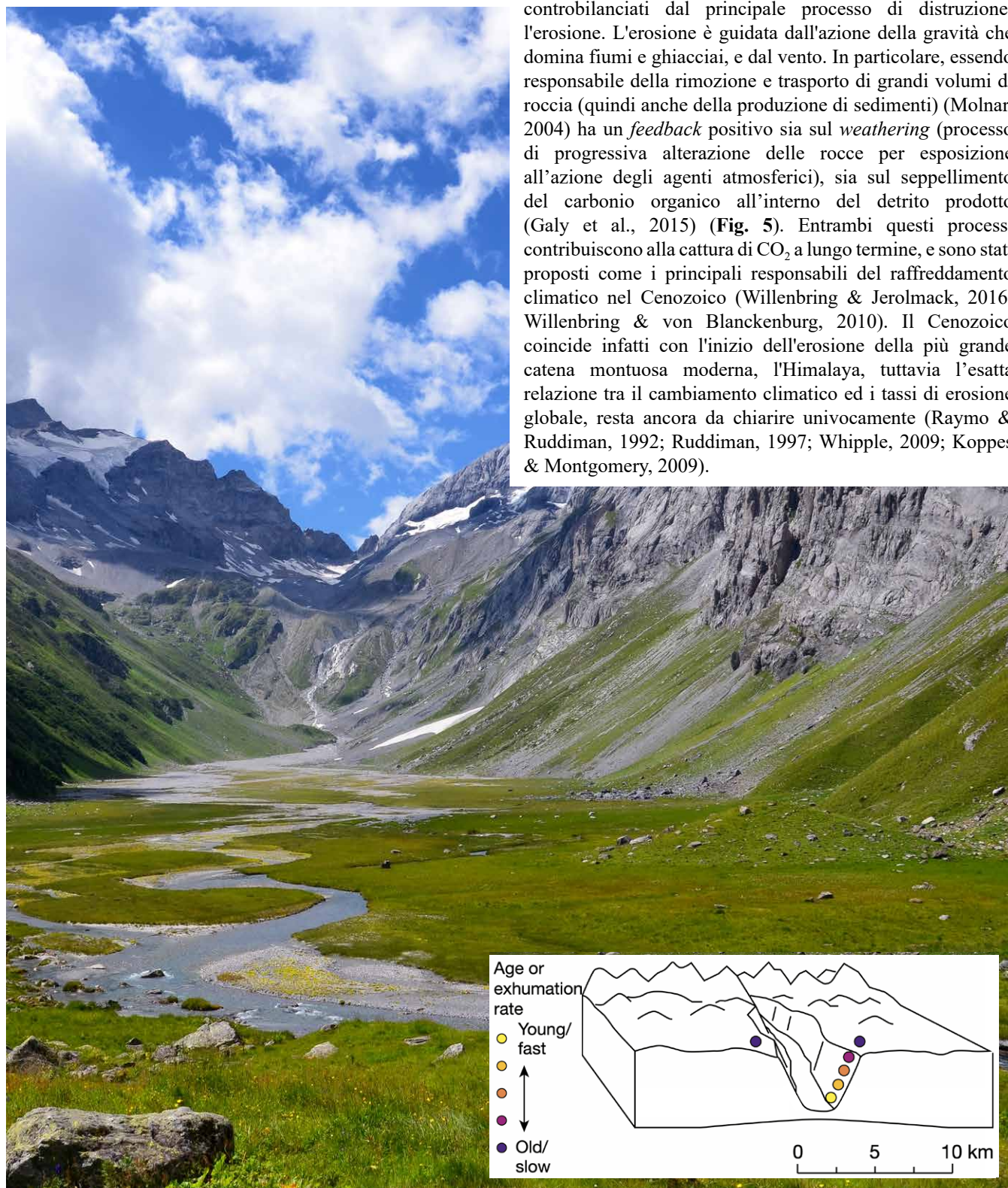
In realtà esiste anche un altro modo per riaprire i sistemi e azzerare i termocronometri, ed è l'aumento del gradiente geotermico in relazione ad anomalie termiche legate ad attività vulcanica o risalita di materiale mantellico per assottigliamento litosferico. Nel nostro grattacielo, questo avviene quando l'ascensore rimane ai piani superiori, ma viene raggiunto da alte temperature diffuse in tutto il palazzo,

dal basso verso l'alto.

Un'interpretazione delle età termo-cronologiche richiede quindi una comprensione della cinetica di diffusione dei prodotti del decadimento nei minerali e, nel caso delle tracce di fissione, del procedimento del loro riassorbimento. L'accorciamento fino al totale *annealing* (o perdita delle caratteristiche per "cottura" causata da alte temperature) delle zone di danneggiamento cristallino è un processo dipendente sia dalla chimica dell'apatite (qualora sia più ricca in Cl o F) e dal tempo di residenza della roccia a determinate temperature. Ciò può risultare più complesso, e per la maggior parte delle applicazioni si includono anche parametri derivati sperimentalmente e adattati a un modello cinetico.

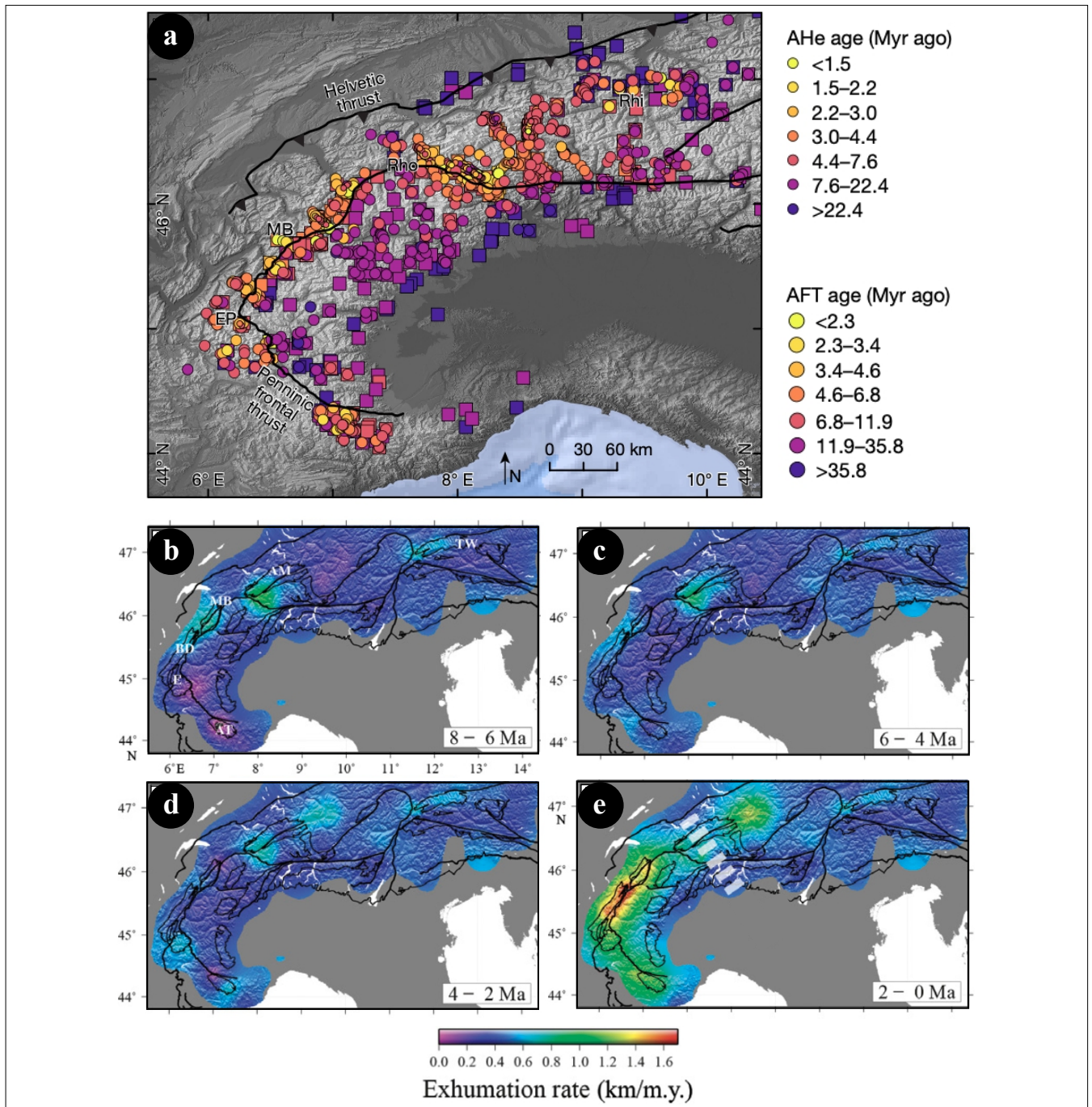
Ovviamente, i reali percorsi che mettono in relazione il tempo e la temperatura (storie termiche, t-T) possono essere complesse con fasi multiple di diffusione e perdita parziale dei prodotti del decadimento. In generale, non è semplice determinare percorsi t-T che siano pienamente coerenti con le sole età termocronologiche osservate; in effetti, questo rappresenta gran parte dell'interpretazione geologica e computazionale coinvolta nella termocronologia.

## APPLICAZIONI E IMPLICAZIONI DEL METODO



Il paesaggio si forma grazie all'interazione tra forze costruttive che creano rilievi e forze distruttive che li riducono o addirittura distruggono. La tettonica, sia compressiva (responsabile della formazione degli orogeni) che estensionale (es: area del *Basin and Range* negli Stati Uniti occidentali) è il motore del rilievo. Questi processi sono controbilanciati dal principale processo di distruzione: l'erosione. L'erosione è guidata dall'azione della gravità che domina fiumi e ghiacciai, e dal vento. In particolare, essendo responsabile della rimozione e trasporto di grandi volumi di roccia (quindi anche della produzione di sedimenti) (Molnar, 2004) ha un *feedback* positivo sia sul *weathering* (processo di progressiva alterazione delle rocce per esposizione all'azione degli agenti atmosferici), sia sul seppellimento del carbonio organico all'interno del detrito prodotto (Galy et al., 2015) (Fig. 5). Entrambi questi processi contribuiscono alla cattura di CO<sub>2</sub> a lungo termine, e sono stati proposti come i principali responsabili del raffreddamento climatico nel Cenozoico (Willenbring & Jerolmack, 2016; Willenbring & von Blanckenburg, 2010). Il Cenozoico coincide infatti con l'inizio dell'erosione della più grande catena montuosa moderna, l'Himalaya, tuttavia l'esatta relazione tra il cambiamento climatico ed i tassi di erosione globale, resta ancora da chiarire univocamente (Raymo & Ruddiman, 1992; Ruddiman, 1997; Whipple, 2009; Koppes & Montgomery, 2009).

Fig. 5 - Valle glaciale dalla tipica forma a U nelle Alpi Svizzere (Val Frisal), che oggi ospita un sistema fluviale. Nel box in basso a destra si può notare quale sarebbe una distribuzione-tipo delle età termocronologiche ed il rispettivo tasso di esumazione del versante della valle.



**Fig. 6 - a**) Mappa raffigurante tutte le età di AHe e AFT disponibili nelle Alpi centro occidentali (modificata da Schildgen et al., 2018). **b-e**) Mappe che rappresentano tassi di esumazione basate sulla raccolta dei dati termocronologici (modificata da Fox et al., 2015).

In questo contesto, la termocronologia applicata su molteplici sistemi isotopici e minerali può essere di grandissimo aiuto nel quantificare i tassi di erosione e correlarli - o no - ad una dinamica globale, come è il clima (Herman et al., 2013). Il miglior esempio di dataset multi-termocronometrico a scala regionale applicato al calcolo dell'esumazione lo abbiamo proprio vicino a noi: le Alpi (Fig. 6). Le Alpi sono l'orogene più studiato al mondo, e comprende migliaia di dati (Fox et al., 2015; Schildgen et al., 2018). Come si può vedere in figura 6B-D, da 8 a 2 milioni di anni si può riscontrare nelle zone assiali delle Alpi un lieve aumento del tasso di esumazione.

Sembra esserci invece un picco di esumazione nelle Alpi centro-occidentali negli ultimi 2 milioni di anni (Fig. 6e), in corrispondenza dei lineamenti tettonici del fronte Penninico che secondo Fox et al. (2015) reagisce allo slab detachment alpino. Gli autori stessi non negano anche un'influenza climatica sull'esumazione, ma in assenza di nuovi dati mirati a questo scopo non è possibile quantificarne il contributo. Gli autori stessi (Fox et al., 2015) non negano un'influenza climatica sull'esumazione, ma in assenza di nuovi dati mirati a questo scopo non è possibile quantificarne il contributo.

## IL FUTURO DELLA TERMOCRONOLOGIA

La termocronologia é un settore fortemente dipendente dall'avanzamento delle tecniche analitiche e numeriche. Negli ultimi anni, si é caricato di standardizzare l'utilizzo dell'intelligenza artificiale per l'analisi delle tracce di fissione tramite analisi di immagine. Alcuni laboratori percorrono già questa strada, investendo su sistemi semi- o completamente automatici per il conteggio, rendendo più veloce l'acquisizione dei risultati, che normalmente richiedono moltissimo tempo da parte dell'operatore (Gleadow et al., 2019).

Oltre a ciò si stanno studiando i dettagli e limiti di altri termocronometri, per aumentare la risoluzione temporale ed utilizzarli anche a contesti più recenti con temperatura inferiore

ai 50°C; perciò detti di *ultra-low thermochronology*. I termocronometri di bassissima temperatura sono gli unici adatti a descrivere processi erosivo-climatici del tardo Cenozoico, come la trasformazione da paesaggi fluviali a glaciali (Herman et al., 2018). Questa é la sfida accolta dal gruppo dell'Università di Potsdam, capitanato dal Prof. Peter van der Beek, vincitore di un grant dell'European Research Council. Il progetto prevede di sviluppare in Germania il secondo laboratorio al mondo di  $^4\text{He}/^3\text{He}$ , dopo quello in California. Nonostante ciò, le analisi di  $^4\text{He}/^3\text{He}$  rimangono estremamente complesse in termini di risorse tecnico-analitiche, ma soprattutto molto delicate poiché si possono fare solo su cristalli di apatite praticamente perfetti, con omogenea concentrazione di uranio e

che abbiano subito un'unica e semplice storia termica (Farley et al., 2010).

Una seconda frontiera nella *ultra-low thermochronology* é l'analisi delle tracce di fissione in monaziti (altro minerale fosfatico). Questo sistema ha una temperatura di chiusura stimato a ~25°C (Jones et al., 2023), quindi applicabile persino nel primo chilometro della crosta. Avere la possibilità di datare eventi termici così poco profondi quantificherebbe non solo l'erosione nei cicli glaciali-interglaciali del Plio-Pleistocene (Herman et al., 2016), o datare paleo-superfici nelle zone di *plateau*, ma anche datare attività di faglie sismogenetiche, migliorando la risoluzione del calcolo degli *slip-rate* e della loro stima di pericolosità.

## BIBLIOGRAFIA

Chew D.M. & Spikings R.A. (2015). *Geochronology and Thermochronology Using Apatite: Time and Temperature, Lower Crust to Surface*. Elements, 11, 189-194.  
DOI: [10.2113/gselements.11.3.189](https://doi.org/10.2113/gselements.11.3.189)

Dodson M.H. (1973). *Closure Temperature in Cooling Geochronological and Petrological Systems*. Contrib. Mineral. Petrol., 40, 259.

Farley K.A., Shuster D.L., Watson E.B., Wanser K.H. & Balco G. (2010). *Numerical investigations of apatite  $^4\text{He}/^3\text{He}$  thermochronometry*. Geochem. Geophys. Geosyst., 11(10).

Fox M., Herman F., Kissling E. & Willett S.D. (2015). *Rapid exhumation in the Western Alps driven by slab detachment and glacial erosion*. Geology, 43(5), 379-382.  
<https://doi.org/10.1130/G36411.1>

Galy V., Peucker-Ehrenbrink B. & Eglinton T. (2015). *Global carbon export from the terrestrial biosphere controlled by erosion*. Nature, 521, 204-207.

Gleadow A., Kohn B. & Seiler C. (2018). *The Future of Fission-Track Thermochronology*. Pp. 77-92 In M. G. Malusà and P. G. Fitzgerald (eds.), *Fission-Track Thermochronology and its Application to Geology*, Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-89421-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-89421-8_14)

Herman F., Seward D., Valla P.G., Carter A., Kohn B., Willett S.D. & Ehlers T.A. (2013). *Worldwide acceleration of mountain erosion under a cooling climate*. Nature, 504, 423-426.  
<https://doi.org/10.1038/nature12877>

Herman F. & Champagnac J.D. (2016). *Plio-Pleistocene increase of erosion rates in mountain belts in response to climate change*. Terra Nova, 28, 2-10.

Herman F., Braun J., Deal E. & Prasicsek G. (2016). *The response time of glacial erosion*. J. Geophys. Res. Earth Surf., 123, 801-817.

Jones J., Kohn B., Gleadow A., Skrzypek E. & Tagami T. (2023). *Low-temperature thermochronology of Ryoke belt granitoids, SW Japan: New insights into the recent cooling history from monazite fission-track dating*. Tectonophysics, 864, 229998.  
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.229998>

Raymo M.E. & Ruddiman W.F. (1992). *Tectonic forcing of late Cenozoic climate*. Nature, 359, 117-122.

Ruddiman W.F. (1997). *Tectonic Uplift and Climate Change*. Springer.

Reiners P.W., Carlson R.W., Renne P.R., Cooper K.M., Granger D.E., McLean N.M. & Schoene B. (2018). *Geochronology and Thermochronology*. First Edition. 2018 John Wiley & Sons Ltd. Published 2018 by John Wiley & Sons Ltd.

Reiners P.W. & Shuster D.L. (2009). *Thermochronology and landscape evolution. Radioactive decay, the diffusion of daughter nuclides, and the annealing of fission tracks are being used to develop time-versus-temperature histories of rocks and the processes that sculpt Earth's surface*. Physics Today, 62(9), 31-36.  
<https://doi.org/10.1063/1.3226750>

Molnar P. (2004). *Late Cenozoic increase in accumulation rates of terrestrial sediment: How might climate change have affected erosion rates?* Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 32, 67-89.

Koppes M.N. & Montgomery D.R. (2004). *The relative efficacy of fluvial and glacial erosion over modern to orogenic timescales*. Nature Geosci., 2, 644-647.

Whipple K.X. (2009). *The influence of climate on the tectonic evolution of mountain belts*. Nature Geosci., 2, 97-104.

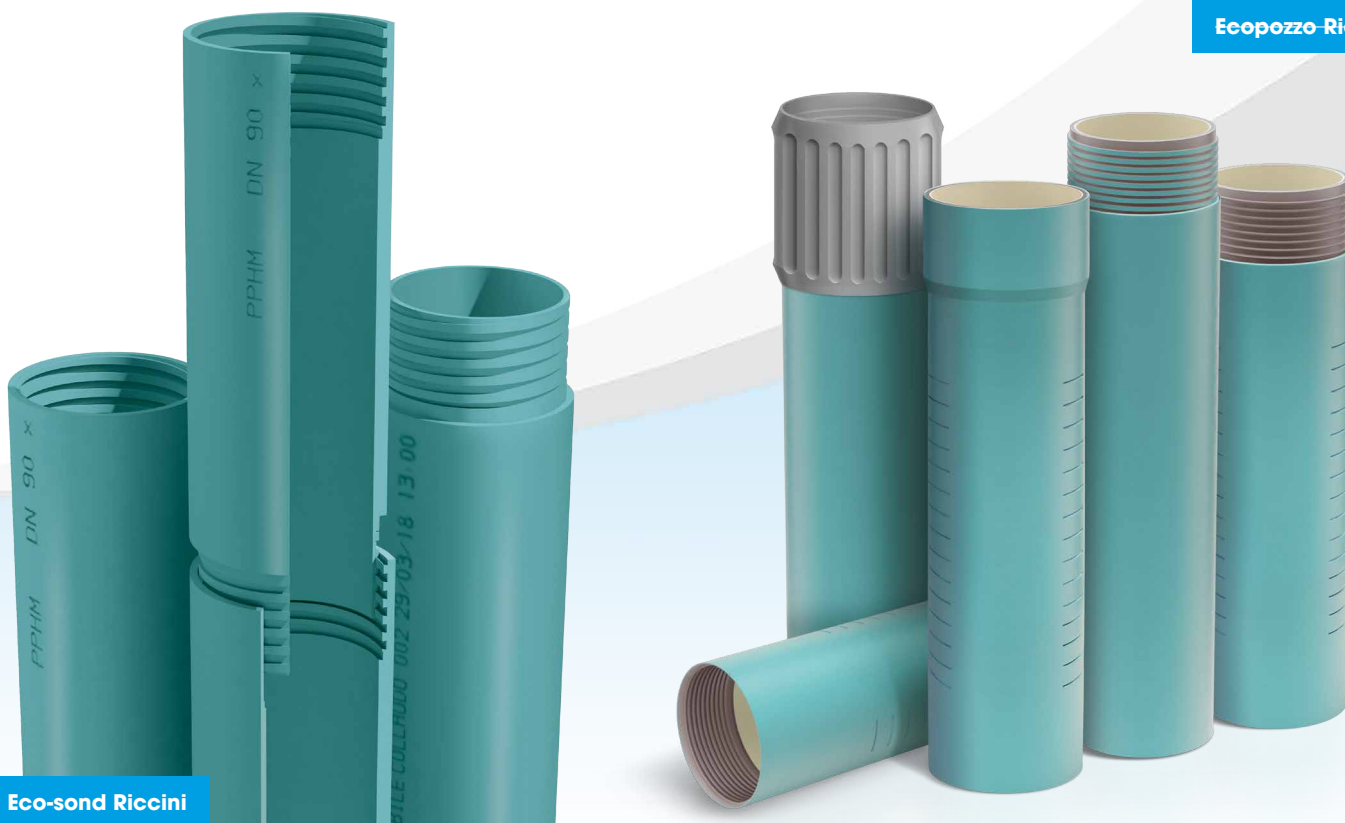
Willenbring J.K. & Jerolmack D.J. (2016). *The null hypothesis: globally steady rates of erosion, weathering fluxes and shelf sediment accumulation during Late Cenozoic mountain uplift and glaciation*. Terra Nova, 28, 11-18.

Willenbring J.K. & von Blanckenburg F. (2010). *Long-term stability of global erosion rates and weathering during late-Cenozoic cooling*. Nature, 465, 211-214.

Schildgen T.F., van der Beek P.A., Sinclair H.D. & Thiede R.C. (2018). *Spatial correlation bias in late-Cenozoic erosion histories derived from thermochronology*. Nature, 559, 89-93.



Ecopozzo Riccini



Eco-sond Riccini

**ecopozzo**, il tubo **RICCINI** in **polipropilene alto modulo PPHM** con parete a triplo strato, ed **eco-sond**, in **PPHM** mono-strato, possiedono **elevata resistenza** a **schacciamento, urti, aggressioni chimiche e batteriche, abrasione, correnti vaganti** del sottosuolo, acque **salmastre e marine, temperature estreme**, (installabili fino a **-10 °C** e utilizzabili anche in presenza di **acque termali calde**).

Queste caratteristiche, unite alle **prestazioni fisiche, meccaniche e idrauliche** derivanti dal **processo di fabbricazione** e dalle **peculiarità strutturali** dei due tubi, conferiscono loro **durabilità, costanza delle prestazioni** nel tempo, **affidabilità**. **ecopozzo** ed **eco-sond** sono conformi al **Decr. Min. della Salute 174/2004** e sono la **soluzione ideale** per **tutte le necessità** del settore **trivellazioni**: rivestimento di **pozzi artesiani, bonifiche, risanamenti ambientali, piezometri**, pozzi **barriera**, pozzi **spia**, pozzi **pilota**, dreni **sub-orizzontali**, recupero **biogas** e **percolati di discarica**, prove **sismiche**.

Info su **ecopozzo** ed **eco-sond** in [riccini.it](http://riccini.it), sezione **prodotti/pozzi e piezometri**.



ASSOCIATO

ASSOCIATO

 Via Loredana, 34 - 06132 Perugia (PG) Loc. San Martino in Campo - Italy  
 +39 075 591031  [info@riccini.it](mailto:info@riccini.it)  Riccini S.r.l.  Riccini S.r.l.



# Società GEOCHIMICA Italiana

👤 a cura di Orlando Vaselli

🌐 [www.societageochimica.it](http://www.societageochimica.it)

Care Lettrici e cari Lettori, mi è fatto obbligo iniziare questa nota annunciando, con un certo orgoglio, il 2° Congresso della Società Geochimica Italiana che si terrà presso la accogliente città di Perugia dall'1 al 4 Luglio nelle Sale del Complesso Monumentale di San Pietro, un'Abbazia Benedettina del X secolo. Il complesso, che è stato messo gentilmente a disposizione del congresso, è gestito dalla Fondazione per l'Istruzione Agraria del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali. Il congresso, i cui dettagli possono essere trovati alla pagina web del sito della So.Ge.I. ([www.societageochimica.it/wp-content/uploads/2024/05/Programma-congresso-SoGei-Perugia-2024.pdf](http://www.societageochimica.it/wp-content/uploads/2024/05/Programma-congresso-SoGei-Perugia-2024.pdf)), si svilupperà secondo la schema riassuntivo qui riportato. L'evento si articolerà, sulla base delle indicazioni del Comitato Organizzatore e del Comitato Scientifico, seguendo 4 tematiche principali, ognuno avente 3 *conveners*:

- 1 **Experimental and Computational Geochemistry:**  
Devis Di Tommaso, Caterina Gozzi and Mattia La Fortezza;
- 2 **Environmental Geochemistry:**  
Maurizio Barbieri, Elisabetta Dore e Nicolas Greggio;
- 3 **Geochemistry of volcanic, geothermal and seismically active areas:**  
Alessandra Correale, Anna Gioncada e Andrea Ricci;
- 4 **Cosmochemistry and Planetary Sciences:**  
Nadia Balucani, Martina Casalini and Maximiliano Fastelli.

Ogni tematica vedrà un *invited speaker*:

- TOPIC 1 **Giulio A. Ottonello** Università di Genova
- TOPIC 2 **Mauro Masiol** Università Ca' Foscari
- TOPIC 3 **Sergio Calabrese** Università di Palermo
- TOPIC 4 **Valentina Galluzzi** INAF

Durante l'evento si terranno anche quattro lezioni plenarie da parte di eminenti figure del panorama scientifico nazionale e internazionale: Tobias Fischer (Università del New Mexico, USA), Donato Giovannelli (Università di Napoli), Andrea Bravo (Istituto delle Scienze Marine, Spagna), Maria Cristina De Sanctis (INAF). Inoltre, nella prima giornata del congresso saranno consegnati i Premi So.Ge.I. per le migliori Tesi di Dottorato 2024 (discusse negli A.A. 2021-2022 e 2022-2023 e/o entro il 31 Maggio 2024) in Geochimica Applicata (Premio Tonani), Geochimica Isotopica (Premio Tongiorgi), Geochimica dei Processi Magmatici (Premio Galli) e Idrogeochimica Premio Panichi. Mi preme sottolineare che per la prima volta il bando è stato aperto anche ai non-soci So.Ge.I. Poco meno di 20 sono i candidati per i quattro premi, il cui responso sarà dato entro il 25 Giugno.

Nonostante i numerosi congressi che hanno ripreso la loro regolare marcia dopo l'emergenza sanitaria, sono stati ricevuti 90 contributi, fra presentazioni orali e *poster*, bissando quindi il successo che fu ottenuto con il primo congresso di Genova del 2022. Le iscrizioni si chiuderanno il 23 Giugno e, purtroppo, non saranno accettate iscrizioni al *desk*.

Numerosi sono stati gli *sponsor* oltre al Comune di Perugia, alla Provincia di Perugia, alla Regione Umbria, all'Università degli Studi di Perugia, alla Fondazione per l'Istruzione Agraria e al Dipartimento di Fisica e Geologia, che sono sentitamente ringraziati, INGV, CNR, CNR-IGG, Università degli Studi di Firenze e il Dipartimento di Scienze della Terra sono gli altri sponsor istituzionali che hanno supportato il congresso. Un sentito ringraziamento va anche agli *sponsor* privati Encotech, Thermo Fisher e Analytical Pollution che saranno presenti a Perugia con i loro *stand*.

Un doveroso e sincero ringraziamento va ai colleghi e dottorandi e dottorati di Perugia che si sono adoperati senza sosta alla riuscita del congresso.

La So.Ge.I. ha sponsorizzato l'*International Astrobiology School 2024* (<https://florenceastrobio.wixsite.com/school>) che si è tenuto dal 21 al 24 Maggio presso la Sala Poccetti del Museo



Scuola di Astrobiologia.

degli Innocenti di Firenze ed organizzato in collaborazione con AbGradE (*Astrobiology Graduates in Europe*) per celebrare il 10° Anniversario dell'associazione. Nonostante le numerose richieste, solo 50 fortunati e meritevoli partecipanti hanno potuto prendere parte alla Scuola.

Nel prossimo numero di *GeologicaMente*, farò un breve resoconto di altri due eventi di rilievo organizzati e sponsorizzati dalla Società. L'oramai classico appuntamento annuale della *Vulcano Summer School* su “*In situ measurements and sampling of volcanic gases*” che si terrà a Vulcano dal 17 al 21 Giugno e la 2° *Carpathian Fluid Geochemistry Summer School*, organizzata dalla Babeş-Bolyai University in collaborazione con la IAVCEI *Commission on the Chemistry of Volcanic Gases* (CCVG) e la

*Commission on Volcanic Lakes* (CVL), che avrà luogo dal 15 al 21 Luglio.

Un altro importante evento che vede coinvolta la So.Ge.I. è la *Granulite & Granulite Conference* (Verbania: 3-6 Settembre). Ulteriori informazioni sull'evento e sulle escursioni pre-, during- e post-conferenza sono reperibili al sito <https://granulites2024.sfmc-fr.org/>.

Infine, è importante menzionare la partecipazione di numerosi Soci al Congresso Congiunto SGI-SIMP: “*Geology for sustainable management of our planet*” dal 3 al 5 Settembre presso il Campus Universitario di Bari e alla Rittmann Conference che si terrà dal 18 al 20 Settembre presso lo spettacolare Monastero Benedettino di Catania.

# Associazione Italiana DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA

• a cura di Matteo Vacchi, Stefano Furlani e Marta Pappalardo

🌐 [www.aigeo.it](http://www.aigeo.it)

## IL GRUPPO DI LAVORO *Evoluzione e Gestione delle coste (EGeC)*

**L**e coste sono sistemi naturali in continua evoluzione e i relativi cambiamenti si evidenziano sia in corrispondenza di litorali mobili sia in corrispondenza di coste rocciose. La dinamica dei litorali dipende fortemente dall'azione del mare ma è influenzata anche da tutti i fattori diretti e indiretti, climatici e antropici, che intervengono sull'equilibrio del territorio costiero modificandone le caratteristiche geomorfologiche. A partire dal Protocollo Gestione Integrata delle Zone Costiere (ICZM) del 2011 l'Italia promuove un processo per la gestione e l'uso della zona costiera, che prende in considerazione al tempo stesso la fragilità degli ecosistemi costieri e dei paesaggi, la diversità delle attività e degli usi che insistono su di essi, le loro interazioni e il loro impatto sia sulle zone marine sia terrestri (**Fig. 1**). Tuttavia, le linee guida ICZM necessitano di continui aggiornamenti dato che il quadro di conoscenze sull'evoluzione della costa nell'ambito del cambiamento climatico è in rapidissimo aggiornamento grazie all'accessibilità di un'enorme mole di dati strumentali

negli ultimi 10 anni. Vi è quindi la necessità di sviluppare una ricerca fortemente applicativa che abbia come obiettivo una più dettagliata analisi dei fattori che influenzano e influenzeranno il destino della fascia costiera.

Per cercare di rispondere a questa esigenza, in seno all'Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia (AIGeo) è attivo dall'inizio del 2024 il gruppo di lavoro EGeC (Evoluzione e Gestione delle Coste), coordinato dai Professori Matteo Vacchi (Università di Pisa) e Stefano Furlani (Università di Trieste). Il Gruppo, che si fonda su una lunga tradizione di ricerche sull'ambiente costiero che ha caratterizzato la comunità scientifica dei geomorfologi italiani, comprende attualmente più di 35 studiosi provenienti da diverse Università Italiane. EGeC ha come obiettivo quello di creare una rete di attività e conoscenze al fine far progredire le tecniche di monitoraggio e di analisi morfologica degli ambienti litorali. In particolare, il gruppo di lavoro vuole rispondere alle sfide scientifiche legate alla ricostruzione



**Fig. 1** - Spiaggia urbana in erosione alla foce del Torrente Ardenza (Livorno).





**Fig. 2** - Affioramenti del Pleistocene Superiore lungo la falesia presso la località Buca dei Corvi (Livorno). La sequenza, della quale in panorama si osserva la porzione superiore, di ambiente prevalentemente eolico, presenta alla base un deposito marino fossilifero, dettagli del quale sono evidenti nei riquadri, tradizionalmente riferito al MIS5e (Tirreniano) dai numerosi Autori, italiani e stranieri, che lo hanno studiato.



**Fig. 3** - Forme naturali e antropiche lungo il litorale roccioso di Calafuria (Livorno). Tra le forme naturali si evidenziano in particolare le sculture alveolari (*honeycombs*), forme di erosione tipiche delle rocce granulari e diverse tipologie di pozze di scogliera (*rockpool*). Le forme antropiche sommerse rappresentano i residui delle attività di coltivazione della pietra locale (una variante di Macigno, che costituisce la successione sommitale della Falda Toscana) condotte a partire dalla Protostoria sino al tardo Rinascimento).

dell'evoluzione geomorfologica delle coste e alla loro gestione in un clima che cambia. EGeC lavora in stretta collaborazione con i *working groups* "Rocky coasts" della *International Association of Geomorphologists* (IAG) e il *network PALSEA\_Next*, finanziato da INQUA (*International Union for Quaternary Research*) e PAGES (*Past Global Changes*).

Le attività del gruppo di lavoro hanno due obiettivi principali. Il primo è la promozione di un miglioramento delle tecniche di monitoraggio dell'evoluzione della fascia costiera a varie risoluzioni spazio-temporali. Il secondo è la definizione di una prospettiva geomorfologica nella gestione dei rischi costieri nell'ambito del cambiamento climatico. Il gruppo di lavoro EGeC vuole quindi aggiornare e consolidare le migliori conoscenze scientifiche sui cambiamenti climatici e ambientali nel bacino del Mediterraneo e renderle accessibili ai cittadini. Inoltre, le attività di EGeC mirano a condividere conoscenze, dati, migliori pratiche e metodologie innovative al fine di arricchire la ricerca geomorfologica sull'ambiente costiero.

Ad oggi, le attività del gruppo, a partire dalla sua formazione, si sono focalizzate sulle tecniche di monitoraggio e sugli avanzamenti tecnologici per monitorare l'evoluzione delle coste a differenti scale temporali. Inoltre, il gruppo sta implementando una piattaforma *web GIS* che renderà disponibili una serie di dati

geologici, geofisici e modellistici utili a definire l'evoluzione a medio e lungo termine della costa. Questa piattaforma sarà liberamente accessibile sul sito dell'AIGeo.

Un obiettivo è quello di pubblicare un *position paper* firmato da tutti gli aderenti al gruppo di lavoro che possa definire la prospettiva geomorfologica nelle buone pratiche per la gestione costiera in un clima che cambia. In particolare, si sta lavorando per definire degli approcci metodologici adatti alla valutazione delle pericolosità costiere in modo da prevenire gli impatti negativi sulle attività antropiche e sugli ecosistemi.

I *workshop* annuali rappresentano il cuore delle attività del gruppo. Nel 2024, il *workshop* EGeC, intitolato "Le modificazioni della costa in un clima che cambia" è stato ospitato dall'Acquario di Livorno dove si sono tenute tre *keynote lectures* ad invito e due tavole rotonde sui temi specifici del gruppo di lavoro. Si è svolta inoltre un'escursione scientifica lungo la costa livornese che ha offerto la possibilità di osservare le tracce dell'evoluzione del livello del mare sia durante l'ultimo interglaciale sia negli ultimi millenni (Fig. 2). Inoltre, l'escursione si è concentrata sulle tecniche di studio dei processi geomorfologici che controllano l'evoluzione delle scogliere di Calafuria (Fig. 3), un tratto di costa ad alto valore naturalistico situato immediatamente a sud di Livorno.

# Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA

📍 a cura del Consiglio Direttivo AIV

🌐 [www.aivulc.it/it](http://www.aivulc.it/it)

## Rinnovo del CONSIGLIO DIRETTIVO DELL'AIV

Il 2 Febbraio 2024, l'Associazione Italiana di Vulcanologia si è riunita presso l'Aula Lucchesi del Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza Università di Roma per l'assemblea annuale dei Soci. Tra i punti principali in discussione all'ordine del giorno vi è stato il rinnovo del Consiglio Direttivo dell'AIV per il triennio 2024-2026, in considerazione del fatto che il mandato triennale del Presidente e dei 6 Consiglieri era giunto a scadenza. Le elezioni hanno portato alla riconferma del Presidente Marco Viccaro, del Vicepresidente Gianfilippo De Astis, del Segretario Alessandro Vona e della Consiglieria Daniela Mele, tutti al loro secondo mandato. Il nuovo Consiglio Direttivo dell'AIV nella sua completezza è dunque così composto:

### Presidente dell'AIV 2023-26

**1 Marco Viccaro**  
Università di Catania

### Consiglieri dell'AIV 2023-26

**2 Gianfilippo De Astis - Vicepresidente**  
INGV-RM1

**3 Alessandro Vona - Segretario**  
Università di Roma Tre

**4 Marina Bisson**  
INGV-PI

**5 Francesca Forni**  
Università di Milano

**6 Roberto Isaia**  
INGV-OV

**7 Daniela Mele**  
Università di Bari

### Tesoriere dell'AIV 2023-26

**8 Claudio Antonio Tranne**  
Università di Bologna

Il nuovo Consiglio Direttivo ringrazia, a nome di tutta l'AIV, i Consiglieri uscenti Paola Del Carlo, Paola Donato e Sandro de Vita per il loro impegno e il lavoro svolto durante i sei anni di mandato, certi che continueranno a contribuire alle attività future dell'Associazione!



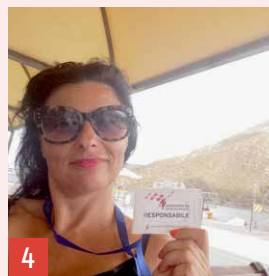
1



2



3



4



5



6



7



8

## Le nostre attività formative PER IL 2024

Dal 19 al 23 Maggio si è svolta a Nicolosi e sull'Etna la scuola di livello avanzato dal titolo "Volcanological Flying school: how to monitor active volcanoes by UAS" alla quale hanno partecipato 20 dottorandi e giovani ricercatori provenienti da varie sedi universitarie e INGV sul territorio nazionale. La scuola, organizzata all'Associazione Italiana di Vulcanologia con la collaborazione e il patrocinio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ha consentito di insegnare ai giovani partecipanti il processo che permette la mappatura dei prodotti dell'attività vulcanica e l'aggiornamento della topografia, partendo da rilievi con droni, analisi di immagini satellitari e passando al processamento dei dati per ottenere i migliori risultati possibili. La scuola ha previsto lezioni teoriche, pratiche e attività di laboratorio impartite da docenti di vulcanologia, geologia e geofisica provenienti da diverse Università italiane e sedi INGV.

Grande successo anche per la scuola internazionale su *Hot Rock Avalanches*, dal tema specifico "Experimental, Analytical, and Numerical Approaches to Volcanic Rock Failure and Deposit-Derived PDC Formation" tenutasi dal 3 al 6 Giugno presso il Dipartimento di Scienze dell'Università di Roma Tre. L'evento è stato organizzato nell'ambito del progetto PRIN 2022 PNRR - Causes and consequences of deposit-derived pyroclastic density currents (CUP: F53D23012340001), in collaborazione tra il Dipartimento di Scienze dell'Università di Roma Tre, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, con il patrocinio dell'Associazione Italiana di Vulcanologia. Rivolta a studenti di dottorato e giovani ricercatori, la scuola di livello avanzato ha previsto seminari tenuti da 14 relatori provenienti da Università e centri di ricerca di diversi paesi. Questa iniziativa è stata senz'altro un'importante opportunità di formazione e scambio scientifico per 26 dottorandi e giovani ricercatori giovani, sia italiani che esteri, operanti nel campo della Vulcanologia.

Dal 15 al 23 Giugno si è svolta alle Isole Eolie l'*International School of Volcanology*. Anche questo evento è stato pensato per un livello di formazione avanzato e ha visto la partecipazione di 25 dottorandi, *post-doc* e giovani ricercatori provenienti da tutto il mondo che si sono confrontati sul tema "Working on active volcanoes: learning the tools of modern Volcanology – field observations, data acquisition, reporting and response". La scuola, co-organizzata dall'Associazione Italiana di Vulcanologia



insieme all'Université Clermont Auvergne e con la collaborazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e il Laboratorio di Geofisica Sperimentale dell'Università di Firenze, ha previsto lezioni teoriche e sul campo presso le isole di Lipari, Stromboli e Vulcano tenute da illustri docenti provenienti da istituzioni sia nazionali sia straniere.

Si sono anche chiuse le iscrizioni per la Scuola di Vulcanologia "Bruno Capaccioni", che si svolgerà dal 4 al 9 Settembre a Lipari con escursioni anche alle isole di Vulcano e Stromboli. La scuola "Bruno Capaccioni", rivolta invece a studenti universitari iscritti a corsi di laurea triennali-magistrali, e vero e proprio punto di riferimento tra le attività estive previste annualmente dalla nostra Associazione, ha come scopo primario quello di fornire le basi della conoscenza dei sistemi vulcanici e dei processi eruttivi, con particolare attenzione allo studio delle morfologie e dei depositi vulcanici sul terreno.

## 6ª edizione della CONFERENZA A. RITTMANN

Chiuderemo l'estate con la 6a edizione della Conferenza A. Rittmann, che dal 18 al 20 Settembre sarà nuovamente ospitata presso i prestigiosi ambienti del Monastero dei Benedettini a Catania. L'evento, organizzato dall'Associazione Italiana di Vulcanologia, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, l'*International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior* e l'Università degli Studi di Catania, è ormai diventato il momento di confronto scientifico più rilevante su scala nazionale in ambito vulcanologico, capace di attrarre l'attenzione di ricercatori provenienti da tutta Italia e dall'estero. Il cospicuo

numero di sessioni orali e *poster* favorirà la discussione trasversale sui molteplici aspetti scientifici che oggi caratterizzano la Vulcanologia moderna. Di rilievo sarà il *Focus* sui Campi Flegrei, organizzato nell'ambito delle attività congressuali, che darà ampio spazio ad una discussione aperta sul tema di attualità vulcanologica che sta sempre più catalizzando l'attenzione degli scienziati e di tutti gli attori preposti alla protezione civile. Ribadiamo l'importanza del vostro sostegno all'AIV affinché si possa continuare ad avere un'agenda di eventi così considerevole. Al riguardo, apprezzeremo dunque la vostra attenzione

verso l'iscrizione o il rinnovo della stessa all'AIV per il 2024, fatto che vi consentirà sia di sostenerci sia di approfittare dei molti vantaggi previsti nell'ambito delle iniziative proposte. Seguiteci sempre sui nostri canali Facebook, Instagram, Twitter, YouTube e sul sito *web* al link [www.aivulc.it](http://www.aivulc.it) per rimanere sempre aggiornati sulle news riguardanti i vulcani attivi del nostro Pianeta e su quanto viene pubblicato dalla comunità vulcanologica italiana, anche tramite il rilascio mensile degli aggiornamenti alla *database* delle pubblicazioni scientifiche PubAIV.

# Società PALEONTOLOGICA Italiana

• a cura di Giorgio Carnevale

🌐 [www.paleoitalia.it](http://www.paleoitalia.it)

## PALEODAYS 2024

### XXIV edizione delle giornate di Paleontologia

(4) 5-7 giugno 2024 **Luogo** Pisa



Fig. 1 - Logo dei *Paleodays 2024*.

I dintorni della città di Pisa sono sede di un patrimonio paleontologico abbondante e diversificato costituito da fossili e località fossilifere di età compresa tra il Carbonifero ed il Pleistocene terminale. Per molti secoli, questo territorio ha rappresentato una ‘palestra naturale’ per alcuni eminenti padri fondatori delle moderne discipline geo-paleontologiche, tra cui Nicola Stenone, che proprio a partire dall’osservazione dei depositi pliocenici delle colline toscane elaborò i suoi ‘principi di stratigrafia’. L’interesse dell’ateneo pisano per la paleontologia precede addirittura Stenone: è il 1599, infatti, quando la piccola

collezione naturalistica associata al “Giardino dei Semplici” (così era conosciuto allora l’attuale Orto Botanico) acquisisce alcuni fossili. Antico è inoltre il rapporto tra la città di Pisa e la Società Paleontologica Italiana (SPI): è qui, infatti, che nell’ottobre del 1981 venne organizzato il IX Convegno della SPI. Quarantatré anni dopo, nello scorso giugno, la SPI è tornata ad incontrarsi a Pisa nell’ambito della XXIV Edizione delle Giornate di Paleontologia – *Paleodays 2024*. Tale congresso è stato promosso dai paleontologi dell’Università di Pisa, delle sedi pisane dell’Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR e dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), delle università di Torino, Modena-Reggio Emilia e Perugia, nonché dai paleontofili del Gruppo AVIS Mineralogia e Paleontologia Scandicci (GAMPS). Proprio i volontari del GAMPS, ed in particolare il presidente Simone Casati, hanno offerto un supporto cruciale nella delicata gestione della contabilità del convegno. La buona riuscita del congresso è stata inoltre propiziata dal supporto dell’Università di Pisa, del Dipartimento di Scienze della Terra e del Museo di Storia Naturale dello stesso ateneo, dell’IGG-CNR, dell’INGV, del Dipartimento di Scienze dell’Ambiente e della Terra dell’Università di Milano Bicocca, della Società Toscana di Scienze Naturali (STSN) e di *Costa Edutainment Experience*.

Come da tradizione, la giornata pregressuale del 4 giugno è stata aperta dalla Tavola Rotonda del gruppo *PaiP-Palaeontologist in Progress*, quest’anno ospitata nei locali del Dipartimento di Scienze della Terra (DST) dell’Università di Pisa. Dedicato al tema “Musealizzazione nel 2024: sfide e nuove frontiere”, tale partecipatissimo evento ha offerto una prospettiva ampia e multidisciplinare sulla museologia come strumento fondamentale per la conservazione e la divulgazione del patrimonio paleontologico, con particolare attenzione agli sviluppi più recenti della disciplina. La Tavola Rotonda ha visto gli interventi ad invito di quattro esperti di museologia paleontologica (Chiara



Fig. 2 - Foto di gruppo dei *Paleodays 2024* al Museo di Storia Naturale dell’Università di Pisa.

Sorbini, Evelyn Kustatscher, Andrea Savorelli e Fabio Bona) che hanno condiviso le loro esperienze e prospettive professionali e scientifiche ai circa ottanta convenuti. A seguito di tali interventi, Marco Merella ha effettuato alcune dimostrazioni pratiche di applicazione delle metodologie emergenti della Paleontologia Virtuale. La giornata pregressuale è proseguita con la geocamminata guidata da Antonio Cascella e Simone Da Prato alla scoperta delle rocce che costituiscono i principali edifici monumentali del centro storico di Pisa e con l'inaugurazione di una Mostra di Paleoarte che ha raccolto 36 opere di paleoartisti amatori e professionisti (questi ultimi autori di 11 opere ad invito). La mostra, allestita nei locali del DST, ha riscosso ampio successo da parte dei convenuti. La giornata si è conclusa nel tardo pomeriggio con un "Icebreaker Party" organizzato nel cortile del DST grazie anche all'aiuto di una piccola ma efficientissima squadra di studenti aiutanti dell'Università di Pisa.

La XXIV Edizione delle Giornate di Paleontologia ha avuto ufficialmente inizio nella mattina del 5 giugno, presso il Polo Fibonacci dell'Università di Pisa, con i saluti di benvenuto del Magnifico Rettore dell'Università di Pisa (Riccardo Zucchi), del Direttore del DST (Luca Pandolfi) e del Presidente della SPI (Giorgio Carnevale). La parola è poi passata a Giuseppe Leonardi, insigne rappresentante della Paleontologia italiana nel mondo, che ha presentato una relazione ad invito in cui ha riassunto la sua pluridecennale attività scientifica in Brasile, Congo e tanti altri territori prevalentemente gondwaniani. Dopo il primo *coffee break* ha avuto inizio la prima sessione di comunicazioni orali, moderata da Luca Ragaini e Daniele Scarponi, che grazie alla puntualità di tutti i relatori hanno potuto mantenere il serratissimo ritmo previsto dal programma. Le successive sessioni orali sono state moderate da Gaia Crippa, Giuseppe Marramà, Carolina D'Arpa e Marco Cherin. A seguito della sessione poster, svoltasi nei corridoi del DST, la prima, intensissima giornata di studi si è conclusa con la Cena Sociale.

La giornata del 6 giugno è stata interamente dedicata all'escursione, che si è inizialmente snodata tra le dolci colline del Preappennino Toscano. In particolare, Giovanni Coletti e Francesca Bosellini hanno guidato i molti partecipanti alla scoperta della scogliera corallina messiniana di Acquabona (LI), mentre Antonio Cascella e Simone Da Prato hanno introdotto la comitiva alle calcareniti piacentiane ad *Amphistegina* affioranti presso San Frediano (PI). Nel pomeriggio l'escursione ha raggiunto il Museo di Storia Naturale dell'Università di Pisa, ospitato nella Certosa di Pisa (Calci, PI). A seguito dei saluti di benvenuto portati dal sindaco di Calci (Massimiliano Ghimenti) e dalla direttrice del Museo (Elena Bonaccorsi), la comitiva ha visitato le principali esposizioni paleontologiche con la guida di Chiara Sorbini, Simone Farina, Giovanni Bianucci, Marco Merella, Francesco Nobile ed Alberto Collareta. Al termine della visita guidata i congressisti hanno potuto ristorarsi grazie al gradito rinfresco offerto dal Museo.

Il 7 giugno il congresso è tornato presso il Polo Fibonacci per un programma che ha visto il succedersi di tre sessioni orali moderate da Annalisa Ferretti, Giovanni Coletti, Antonio Cascella, Raffaele Sardella, Simone Da Prato e Adriano Guido. In tarda mattinata la STSN ha offerto gratuitamente ai convenuti decine di volumi cartacei della storica e prestigiosa rivista *Palaeontographia Italica*. La successiva Adunanza Generale della SPI si è aperta con i saluti del presidente uscente, che ha tracciato un bilancio complessivo decisamente positivo dello stato di salute della Società. Giorgio Carnevale ha poi proseguito ringraziando coloro che, in vari modi e ruoli, lo hanno affiancato nel corso del suo mandato. A Giorgio Carnevale, collegato a distanza, sono giunti i sentiti applausi e ringraziamenti dei convenuti. Successivamente sono stati

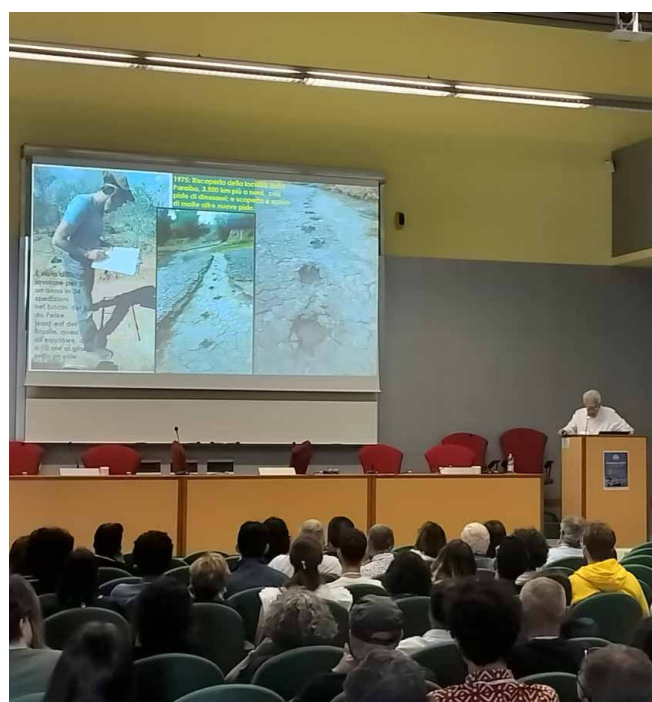


Fig. 3 - Relazione ad invito di Giuseppe Leonardi.

comunicati i risultati dell'elezione del nuovo presidente della SPI (Annalisa Ferretti), del nuovo vicepresidente (Massimo Delfino), del nuovo segretario (Emanuela Di Martino) e di due nuovi Consiglieri SPI (Daniele Scarponi e Giuseppe Marramà). È seguita la comunicazione di una lunga lista di premi e riconoscimenti. Giuseppe Leonardi è stato nominato Socio Onorario della SPI per il suo impegno sessantennale al servizio della Paleontologia in Italia e nel mondo. Ilaria Mazzini è risultata vincitrice della Medaglia 'Agostino Scilla', a Cinzia Bottini è spettata la Medaglia 'Giovanni Merla', mentre la Medaglia 'Luigi Torri' è stata attribuita a Maurizio Forli. Le Borse di Studio SPI sono state assegnate a Lorenzo Lustrì e Pierluigi Martinelli. I Travel Grants sono stati attribuiti a Tito Barreca, Giulia Damino, Alessia Buccella e Domenico Marchitelli. I premi per le migliori tesi sono andati a Beatrice Azzarà, Roberta Branz e Cristian Conti. I premi PaiP per i migliori contributi congressuali sono stati assegnati rispettivamente a Marco Foggetti ed a Giovanni Mussini. Il premio 'Innovazione' elargito dalla STSN è stato consegnato a Francesco Della Giustina.

La SPI è una società sempre più grande e numerosa. Ciò si è tradotto in un'edizione da *record* delle Giornate di Paleontologia: ai Paleodays 2024 hanno preso parte, infatti, oltre 190 convenuti (un numero inimmaginabile soltanto poche settimane prima!), in buona parte giovani. Con una presentazione ad invito, 94 presentazioni orali e 68 *poster*, le sessioni scientifiche di questo congresso hanno fornito una panoramica esaustiva delle molteplici e diverse direzioni di ricerca della comunità paleontologica italiana. È questo il segno di una comunità vitale, attrattiva e in rapida crescita, che fa ben sperare per il futuro della Paleontologia a livello nazionale e che ribadisce il ruolo fondamentale di questa disciplina nell'ambito del panorama scientifico e geoculturale italiano.

Arrivederci a Catania per i *Paleodays 2025*, con l'augurio di ritrovarci ancora più numerosi!

a cura di Alberto Collareta, Giovanni Bianucci e Francesco Nobile

# Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI

• a cura di Susanna Occhipinti

🌐 [www.anisn.it/nuovosito](http://www.anisn.it/nuovosito)



Sorgenti del Dallol.

**S**i sono svolti anche quest'anno i Campionati di Scienze Naturali, indetti dal Ministero del Merito e realizzati a cura di ANISN, Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali, con lo scopo di premiare le eccellenze, ma soprattutto di promuovere le discipline scientifiche nelle scuole italiane. I Campionati, così devono essere chiamate su indicazione del Ministero tutte le prove nazionali rivolte agli studenti, si sono svolti come sempre in diverse fasi: la selezione di istituto, quella regionale, ed infine la fase nazionale ad Assisi dal 10 al 12 maggio. I campionati sono rivolti a studenti del biennio, che svolgono una prova mista di Biologia e di scienze della Terra, mentre gli studenti del triennio possono scegliere tra la prova di Biologia o di Scienze della Terra.

Nella stessa occasione si è svolta anche la fase nazionale dei Giochi delle scienze sperimentali, rivolti a studenti dell'ultimo anno delle secondarie di primo grado.

La squadra che parteciperà alla fase interazionale presso la PKU, *Peking University* e *University of Chinese Academy of Sciences* (UCAS), sarà composta da due studenti del biennio e da due del triennio.

Come sempre il numero di scuole e di alunni che scelgono di affrontare la prova di Scienze della Terra sono in numero significativamente inferiore a quelli che optano per la biologia, rispecchiando il quadro nazionale che vede lo sviluppo dei curricoli di Biologia, e di chimica, prevalenti, quando non prevaricanti sugli argomenti di Scienze della Terra. I motivi sono purtroppo noti: la formazione degli insegnanti, prevalentemente biologi ed in subordine naturalisti, mentre significativamente minore è il numero di geologi che insegnano scienze; una forte richiesta, anche da parte delle famiglie di preparare i propri studenti agli alfa test, per l'ingresso a medicina o ad altre facoltà affini; infine, l'idea che biologia, biotecnologie, e biochimica risultino comunque più "utili" alla formazione di uno studente italiano.

In realtà dai dati che emergono da questionari proposti in paesi europei ed extraeuropei risulta che, dove anche le Scienze della Terra sono presenti nel curriculum ministeriale, come in Italia, circa la metà gli insegnanti decide di non insegnarle perché non dispone di materiale didattico adeguato, o perfino perché non le ritiene importanti.

Pur consapevoli del tempo limitato lasciato alle discipline



scientifiche in molti quadri orari, con l'eccezione, tra i Licei, del Liceo delle scienze applicate, mentre il numero di ore cala drammaticamente, a seguito della riforma, nei Tecnici e nei Professionali, ritenere le Scienze della Terra poco utili in un contesto di rapida evoluzione dei fenomeni di criticità ambientale e dei rischi naturali: dissesti, eventi meteorici eccezionali, esondazioni e desertificazione, consumo del suolo e fenomeni sismici, sembra del tutto fuori luogo...

I quesiti della prova teorica, sia in fase regionale che nazionale, per il biennio ed il triennio, presentavano casi, nei vari ambiti delle Scienze della Terra, che dopo un'introduzione illustrativa, proponevano batterie di quesiti a scelta multipla; rispondere correttamente richiede capacità di osservazione, di lettura di grafici, di analisi ed interpretazione di fenomeni, che presuppongono di saper ragionare, ma ovviamente richiedono conoscenze teoriche di base.

I temi spaziavano dal vulcanesimo alla tettonica, dall'isostasia alla petrografia, dai ghiacciai al permafrost, con una particolare attenzione alla storia delle Scienze della Terra, con il disastro del Vajont e i modelli tridimensionali di Federico Sacco ed infine alle geoscienze, come Inge Lehmann e Mary Anning.

La prova pratica, che svolgendosi in spazi chiusi richiede particolare attenzione alla tipologia di quesiti, proponeva quest'anno la redazione di una sorta di "quaderno di campagna" da redigere durante una campagna esplorativa della Dancalia e del rift keniano; agli studenti venivano richieste osservazioni sulle carte messe a disposizione, un'analisi della dinamica geologica tra Mar Rosso e rift africano, sul particolare vulcanesimo dell'Erta Ale e della piana di Afar, sulle eccezionali strutture geologiche del Dallol ed i numerosi fenomeni di vulcanesimo secondario, sulla misura di giaciture e il riconoscimento di faglie, di scogliere coralline e di travertini.

Un test impegnativo ma nel complesso riscontrato "divertente": gli esiti sono stati sufficienti, a dimostrare abilità ed impegno, ma inevitabili difficoltà per una preparazione teorica da sviluppare. Per questo gli studenti affronteranno ora lo stage di formazione che si svolgerà ad Aosta in collaborazione con i dipartimenti di Scienze della Terra delle Università di Milano, Torino e Camerino ed infine li aspetta la prova internazionale a Pechino, ad agosto.

Strutture geologiche del Dallol.

# Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana

👤 a cura di Anna Giamborino

🌐 [www.paleoappi.it](http://www.paleoappi.it)

## PREMIO ITALIANO *di Paleoarte*

L'Accademia Valdarnese del Poggio e il Museo Paleontologico di Montevarchi, in collaborazione con APPI Associazione Paleontologica Paleoartistica Italiana, organizzano e promuovono il Premio Italiano di Paleoarte, arrivato quest'anno alla sua quarta edizione.

Il Premio Italiano di Paleoarte è una competizione artistica il cui scopo è diffondere la conoscenza della Paleoarte quale raffigurazione della Vita Preistorica. Il Premio vuole essere anche occasione di incontro tra i vari professionisti, con un confronto delle varie tecniche adoperate durante le fasi di lavoro. Inoltre, lo scopo è anche quello di offrire una vetrina per tutti coloro che operano quotidianamente nel campo della paleoarte ma anche per coloro che si cimentano a livello amatoriale.

Le opere inviate per la quarta edizione 2024 faranno parte di una originale mostra artistica che sarà inaugurata sabato 12 Ottobre presso la sede del Museo Paleontologico di Montevarchi. Rispetto alle edizioni precedenti, la novità per il 2024 è l'introduzione della categoria Progetti.

In questa nuova categoria rientrano tutte le creazioni che hanno lo scopo di divulgare il Tempo Profondo e la Storia della Vita sul nostro Pianeta, ma che non rientrano nel settore delle immagini classiche (giochi, attività educative, *workshop*, *storytelling*, ecc). I progetti dovranno essere presentati tramite la creazione di un *poster* e gli elaborati selezionati dalla giuria verranno esposti in occasione della mostra in una sezione dedicata, mentre le opere paleoartistiche classiche verranno inserite nella categoria "Illustrazioni".

La competizione, con il conseguente invio delle illustrazioni e/o del progetto da parte degli artisti, ha avuto inizio a partire da venerdì 1 Marzo 2024 e terminerà sabato 31 Agosto 2024.

Tutti i lavori saranno valutati da una giuria composta da persone influenti della scena paleontologica e paleoartistica italiana e internazionale.

Come ogni anno, sono previsti un primo, secondo, terzo posto per gli "adulti" nella categoria "Illustrazioni", con relativo premio in denaro e un premio per uno degli autori della categoria "Artisti in erba". Infine, è previsto un premio per il miglior lavoro iscritto alla categoria "Progetti", che prevederà anche una presentazione

orale in pubblico da parte dell'autore durante la giornata delle premiazioni fissata per il prossimo 12 Ottobre.

Il Premio Italiano di Paleoarte si avvale del patrocinio della Società Geologica Italiana, della Società Paleontologica Italiana e dell'Associazione Nazionale dei Musei Scientifici.

Per rimanere sempre aggiornato in merito al premio, ti invitano a seguire i canali del Museo Paleontologico di Montevarchi


🌐 [www.museopaleontologicomontevarchi.it](http://www.museopaleontologicomontevarchi.it), oppure i canali dell'Associazione Paleontologica Paleoartistica Italiana APPI


🌐 [www.paleoappi.it](http://www.paleoappi.it).





# GEOLOGIA *Strutturale*

 Coordinatrice: Laura Crispini


 [www.socgeol.it/400/geologia-strutturale-gigs.html](http://www.socgeol.it/400/geologia-strutturale-gigs.html)

## *Il rilevamento geologico-strutturale nell'era digitale:* ACCESSIBILITÀ E INCLUSIVITÀ

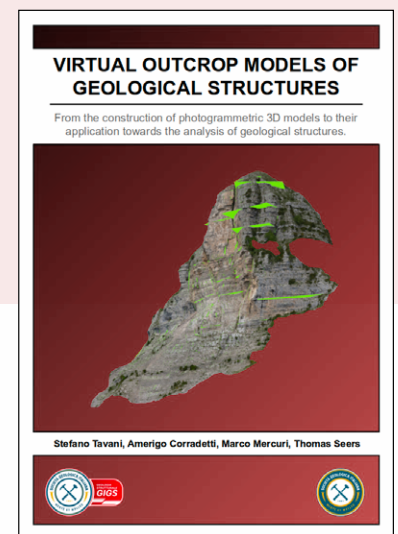
Nell'arco degli ultimi 15 anni, l'avvento e la diffusione di dispositivi portatili multi-sensore, quali *smartphone*, *tablet* e droni, insieme ai progressi nell'ambito della fotogrammetria digitale e del *lidar*, hanno trasformato profondamente il rilevamento geologico-strutturale, portandolo rapidamente nell'era digitale. L'emergere dei modelli virtuali di affioramenti (**Fig. 1**) ha catalizzato questa transizione digitale, cambiando il modo in cui gli affioramenti e i panorami geologici vengono documentati, analizzati e condivisi, sia a fini didattici che di ricerca. L'accessibilità dei modelli digitali e la loro semplicità di creazione hanno portato gli affioramenti geologici, anche i più remoti, ad essere non più esclusiva di un ristretto gruppo di specialisti, rendendoli accessibili anche agli studenti e ai ricercatori di altre regioni, agli appassionati e al grande pubblico, offrendo enormi opportunità per il trasferimento di conoscenze e favorendo l'inclusività.

In questo contesto, il GIGS ha promosso la pubblicazione del primo libro di testo sulla costruzione di modelli di affioramenti virtuali, con applicazioni alla geologia strutturale. Il libro, intitolato "*Virtual Outcrop Models of Geological Structures*" (**Fig. 2**), è edito

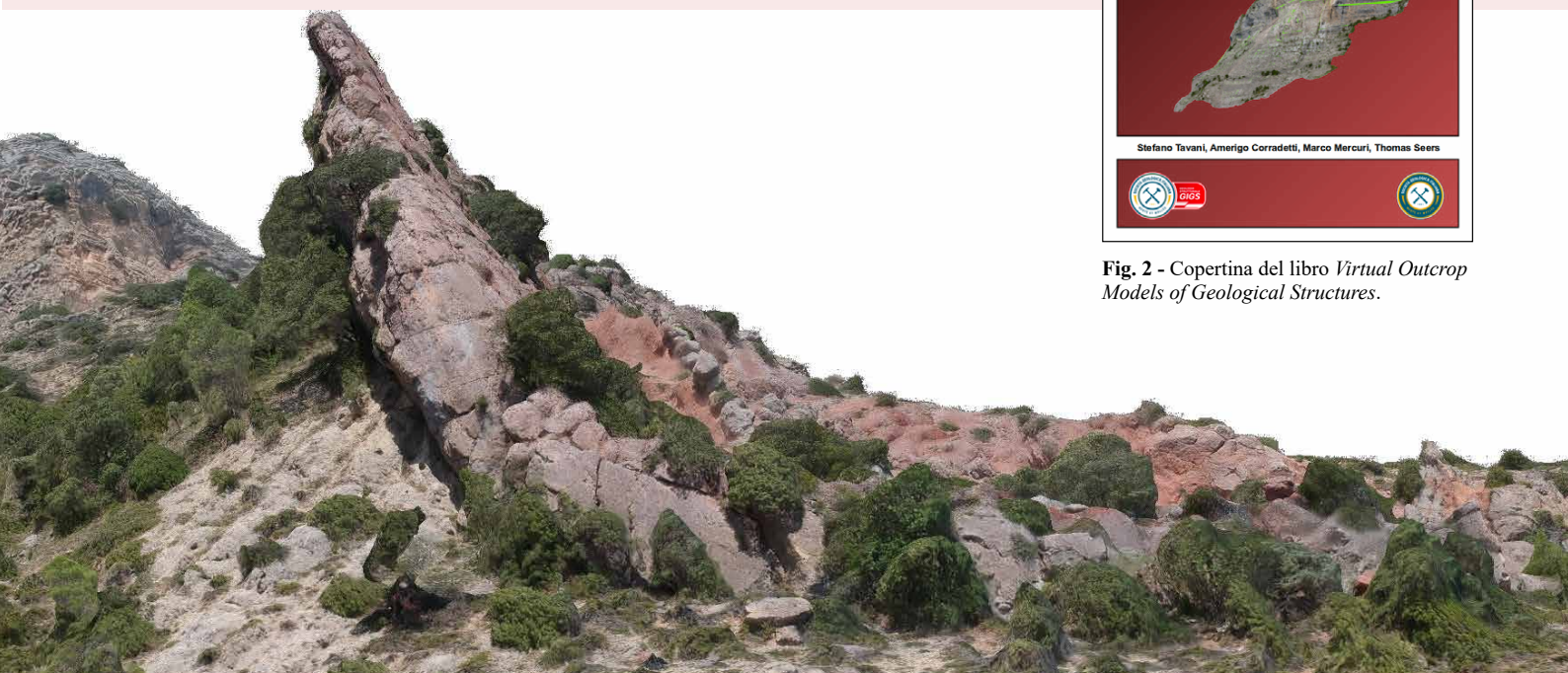
dalla Società Geologica Italiana, fornisce innanzitutto i concetti di base dei modelli virtuali di affioramento e della fotogrammetria digitale, per poi illustrare le principali applicazioni dei modelli virtuali di affioramento nel campo della geologia strutturale, anche attraverso esercizi pratici e video *tutorial*.

Il libro è liberamente accessibile al seguente indirizzo:  
 [www.socgeol.it/N5850/virtual-outcrop-models-of-geological-structures-from-the-construction-of-photogrammetric-3d-models-to-their-application-towards-the-analysis-of-geological-structures.html](http://www.socgeol.it/N5850/virtual-outcrop-models-of-geological-structures-from-the-construction-of-photogrammetric-3d-models-to-their-application-towards-the-analysis-of-geological-structures.html)

a cura di Stefano Tavani



**Fig. 2** - Copertina del libro *Virtual Outcrop Models of Geological Structures*.



**Fig. 1** - Modello virtuale della chiusura periclinale della sinclinale di Sant Maximi, Coll de Nargò, Spagna.

# GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche

● Coordinatore: **Matia Menichini**

🌐 [www.socgeol.it/374/geoscienze-e-tecnologie-informatiche-git.html](http://www.socgeol.it/374/geoscienze-e-tecnologie-informatiche-git.html)

# & *Idro*GEOLOGIA

● Coordinatore: **Maurizio Polemio**

🌐 [www.socgeol.it/376/idrogeologia.html](http://www.socgeol.it/376/idrogeologia.html)



Fig. 1 - Riserva Naturale Forra della Cellina.

## IN FRIULI PER LA XVIII EDIZIONE DEL *Convegno Nazionale del GIT-SI*

Dal 16 al 19 giugno 2024, le Dolomiti Friulane hanno ospitato il XVIII Convegno Nazionale delle sezioni GIT e SI della Società Geologica Italiana. L'evento, patrocinato da varie istituzioni e organizzazioni, tra cui numerose Università, Enti di Ricerca e Associazioni locali, si è svolto presso l'ex centrale elettrica "Antonio Pitter" di Malnisio (Monteale Valcellina, PN). La centrale, gioiello di architettura industriale messo a disposizione gratuitamente dal Comune che ha co-organizzato l'evento, è stata in funzione dal 1905 al 1991 e sfruttava le acque del torrente Cellina per la produzione idroelettrica.

Il convegno ha avuto oltre 140 partecipanti ed è stato un'occasione di dialogo e confronto tra ricercatori di diverse discipline, professionisti e rappresentanti delle pubbliche amministrazioni, con un *focus* particolare sulle tecnologie ICT a supporto delle Geoscienze e dell'Idrogeologia.

In apertura del convegno, durante la giornata di domenica 16 giugno, è stato organizzato un *pre-field trip* presso la Riserva Naturale Forra del Cellina (**Fig. 1**) seguito da seminari divulgativi sulla tematica: "Risorse idriche e sicurezza del territorio: una gestione complessa". Hanno contribuito attivamente il Prof. Federico Cazorzi (DI4A, Università di Udine) con un intervento intitolato "Le risorse idriche tra rinnovamento ed epilogo", il Prof. Francesco Comiti (TESAF, Università di Padova) con "La gestione dei sedimenti a scala di bacino idrografico: se ne parla tanto ma si fa poco", la Prof.ssa Maria Eliana Poli (DI4A, Università di Udine) con la presentazione "Pericolosità sismica locale da Faglie Attive e Capaci: implicazioni per la gestione del territorio", e il Prof. Leopoldo Coen (DISG, Università di Udine) con "La concessione di derivazione d'acqua tra tutela dell'ambiente e promozione dello sviluppo economico".

Le due giornate congressuali di lunedì 17 e martedì 18 giugno hanno previsto due *Keynote Lectures*, 12 sessioni scientifiche, per un totale di 70 interventi orali e 23 *poster*. La prima *keynote* "The Central Mediterranean Volcanism and the carbon deep cycle in the frame of global changes" è stata presentata dal Prof. Sandro Conticelli (Università di Firenze), mentre la seconda *keynote* "Demand-driven application of groundwater models – challenges and solutions" è stata tenuta dal dott. Thomas Reimann (Dresden University of Technology).

Questa edizione del convegno ha visto crescere l'importanza del *remote sensing*, sia da drone che da satellite, e dei modelli idrogeologici *data-driven*. Inoltre, in collaborazione con il comune di Monteale Valcellina, è stata organizzata la tavola rotonda



Fig. 2 - Premiazioni dei premi “Simone Frigerio” (a sinistra) e “Giorgio Ghiglieri” (a destra).



Fig. 3 - Wine poster presso la sala macchine dell'ex Centrale elettrica “Antonio Pitter”.



Fig. 4 - Fieldtrip: a sinistra Faglia Periadriatica nei pressi del Comune di Andreis, a destra Diga del Vajont.

“Scienza e Scuola in Azione” con i professori delle scuole della zona con l’obiettivo di discutere di un eventuale progetto che potrà essere sviluppato durante il prossimo anno accademico. Una sessione denominata “Sinergia Ricerca-Impresa, una chiave per il futuro” è stata, invece, riservata alle aziende che hanno sponsorizzato il convegno, offrendo loro l’opportunità di presentare i propri prodotti e attività, seguita da una tavola rotonda dove si è parlato della necessità di costruire un *network* efficace e ampliato, che includa Impresa, Università ed Enti di Ricerca, evidenziando i vantaggi e/o criticità della loro mutua collaborazione. Come da tradizione, la partecipazione dei giovani ricercatori al convegno è stata incentivata attraverso i premi “Simone Frigerio” e “Giorgio Ghiglieri” (Fig. 2) assegnati rispettivamente al dott. Marco Piantini (CNR-IRPI) e al dott. Valerio Silvestri (Università Milano-Bicocca). A conclusione della giornata di lunedì 17, si è tenuto l’ormai immancabile appuntamento del *Wine Poster* (Fig. 3), mentre il giorno 19 giugno è stato riservato al *field trip* (Fig. 4), che ha previsto la visita guidata alla Faglia Periadriatica, uno dei principali sistemi di faglia delle Alpi orientali, e alla diga del Vajont, luogo di grande significato storico e ingegneristico tristemente noto per l’evento del 9 ottobre 1963.

# GEOETICA e Cultura Geologica

👤 Coordinatore: Enrico Cameron

🌐 [www.socgeol.it/371/geoetica-e-cultura-geologica.html](http://www.socgeol.it/371/geoetica-e-cultura-geologica.html)

La Sezione di Geoetica e Cultura Geologica della SGI promuove i temi della geoetica a livello nazionale e internazionale e coordina la rete internazionale della IAPG - *International Association for Promoting Geoethics* ([www.geoethics.org](http://www.geoethics.org)). Di seguito si riportano informazioni sulle principali attività promosse, sostenute o condotte direttamente dalla sezione nei mesi scorsi, e sugli eventi programmati nei prossimi mesi. In bibliografia si segnalano alcune pubblicazioni sulla geoetica di prossima uscita.

## Convegni

- ▶ Il giorno 15 e 16 aprile 2024 si è svolta la sessione di geoetica EOS4.4 EDI “*Geoethics: The significance of geosciences for society and the environment*” all’*European Geosciences Union (EGU) General Assembly* a Vienna. 15 presentazioni orali e 9 poster hanno proposto riflessioni su etica professionale, antropocene, attività mineraria, *blue-economy*, cambiamenti climatici, *geo-education*, *science diplomacy*, aspetti teorici della geoetica e proposte per il rilancio delle geoscienze.

## Accordi

- ▶ L’*International Association for Promoting Geoethics (IAPG)* e l’*Unión Geofísica Mexicana A.C. (UGM)* hanno firmato un accordo di collaborazione il 7 maggio 2024. Il suo obiettivo è di sviluppare un approccio coordinato per promuovere iniziative ed eventi che discutano le implicazioni etiche, sociali e culturali delle Scienze della Terra.



Silvia Peppoloni introduce i lavori della sessione di geoetica all’EGU 2024 (Vienna, 16 aprile 2024).

## Documenti

- ▶ La Commissione di Geoetica dell’*International Union of Geological Sciences (IUGS)* ha pubblicato due documenti:
  - Linee guida per il Comportamento Etico durante Incontri ed Eventi dello IUGS/IGC.
  - Piano d’Azione sulla Diversità, l’Equità, l’Inclusione e l’Accessibilità.

Per saperne di più e per scaricare i documenti:

🌐 [www.geoethics.org/post/two-documents-released-by-the-iugs-commission-on-geoethics](http://www.geoethics.org/post/two-documents-released-by-the-iugs-commission-on-geoethics)

- ▶ Il *Cape Town Statement on Geoethics* è stato recentemente tradotto in Finlandese grazie al lavoro di Elina Lehtonen (Università di Helsinki) e Toni Eerola (*Geological Survey of Finland*). Inoltre, l’*Unión Geofísica Mexicana A.C.* ha deciso di supportare ufficialmente il *Cape Town Statement on Geoethics* il 4 aprile 2024. Ad oggi, questo documento è stato tradotto in 38 lingue ed è ufficialmente supportato da 35 organizzazioni di geoscienze.

Per saperne di più:

🌐 [www.geoethics.org/ctsg](http://www.geoethics.org/ctsg)

## Pubblicazioni

- ▶ **Peppoloni S. & Di Capua G. (Eds.).** *Geoethics for the future: facing global challenges*. Elsevier, Waltham, Massachusetts. <https://shop.elsevier.com/books/geoethics-for-the-future/peppoloni/978-0-443-15654-0> (in uscita)
- ▶ **Koster E., Gibbard P. & Maslin M. (2024).** *The Anthropocene Event as a Cultural Zeitgeist in the Earth-Human Ecosystem*. *Journal of Geoethics and Social Geosciences*, 1(1), 1-41. <https://doi.org/10.13127/jgsg-43>

a cura di Giuseppe Di Capua



Alcuni relatori della sessione di geoetica all’EGU 2024 (Vienna, 16 aprile 2024).

# GEOLOGIA *Himalayana*

👤 Coordinatrice: Chiara Montomoli

🌐 [www.socgeol.it/381/geologia-himalayana.html](http://www.socgeol.it/381/geologia-himalayana.html)



**È** con piacere che comunichiamo la pubblicazione di tre volumi “*Himalaya, Dynamics of a Giant*” dedicati ai diversi aspetti della catena himalayana (Fig. 1).

I volumi sono pubblicati da Wiley-ISTE e sono stati coordinati da Rodolphe Cattin e Jean-Luc Epard.

Il primo volume è dedicato all’assetto geodinamico della catena (“*Geodynamic setting of the Himalayan range*”), il secondo alle unità tettoniche e alle principali strutture (“*Tectonic units and structure of the Himalaya*”), mentre il terzo è dedicato ai processi attuali che coinvolgono la catena (“*Current activity of the Himalayan Range*”).

Diversi membri della sezione di Geologia Himalayana sono stati coinvolti nella scrittura di alcuni capitoli relativi al secondo ed al terzo volume. In particolare, nel secondo volume si sono occupati di descrivere le principali unità tettoniche che compongono la catena (la *Tethyan Himalayan Sequence*, il *Greater Himalayan Sequence* ed il *Lesser Himalaya*) sia per quanto riguarda la loro litostratigrafia sia la loro evoluzione tettono-metamorfica. Un capitolo è stato dedicato alla revisione dei diversi modelli tettonici relativi all’esumazione del cuore metamorfico della catena. Nel terzo volume si sono occupati di descrivere il ruolo dei fluidi crostali nell’Himalaya nepalese in relazione al ciclo sismico. I tre volumi nascono dalla collaborazione internazionale di numerosi ricercatori di varie parti del mondo, e per questo ringraziamo i coordinatori per il grosso lavoro fatto.

Tutti i volumi sono stati dedicati alla memoria di Maurizio Gaetani, Peter Molnar e Albert Steck grandissimi conoscitori e ricercatori della catena himalayana.

Per tutti i possibili interessati i volumi sono disponibili sul sito della casa editrice Wiley e ISTE.



Fig. 1 - “*Himalaya, Dynamics of a Giant*” volume 1, 2 e 3. Clicca sul QR code per accedere alla presentazione dei volumi.

# Storia delle GEOSCIENZE

👤 Coordinatore: **Marco Romano**

🌐 [www.socgeol.it/368/storia-delle-geoscienze.html](http://www.socgeol.it/368/storia-delle-geoscienze.html)

## CULTURA GEOLOGICA *e memoria storica*

**A** un anno dal convegno organizzato per celebrare il nostro decennale (*Geologicamente* n. 10, p. 51), lo scorso 16 febbraio la Sezione di Storia delle Geoscienze è tornata a Bologna nella prestigiosa sede dell'Accademia delle Scienze per il Geo-di, una giornata di studi articolata in due parti: una sessione scientifica al mattino e la presentazione di tre libri nel pomeriggio. L'evento ha avuto un'anteprima già il pomeriggio del 15, con una visita alla basilica di San Giacomo Maggiore, grazie alla preziosa guida di Gian Battista Vai e Alessandro Ceregato. In particolare, sono stati apprezzati i riferimenti alla geologia dell'Appennino emiliano negli affreschi realizzati da Lorenzo Costa nella Cappella Bentivoglio, e i riferimenti alla storia della paleontologia nella Madonna con Bambino e santi di Bartolomeo Passarotti. Successivamente è stato visitato il pregevole Oratorio di S. Cecilia e la serata si è conclusa con una cena sociale.

La giornata del 16 è stata interamente dedicata al convegno, aperto dal Presidente dell'Accademia delle Scienze di Bologna, Luigi Bolondi, e dal Presidente della Società Geologica Italiana, Rodolfo Carosi. La sessione mattutina, moderata dal coordinatore uscente della sezione, Alessio Argentieri, è stata ricca di interventi che hanno spaziato su argomenti vari: dalla ricerca su grandi personaggi quali Giovanni Capellini, Giovanni Scarabelli, Felice Giordano, Hermann Wilhelm Abich e Sebastiano Mottura, alla geologia militare della Seconda Guerra Mondiale, alla vulcanologia e ai progetti per la valorizzazione futura della storia delle nostre discipline.

La sessione pomeridiana, moderata dal socio Paolo Macini, ha visto la presentazione dei tre libri: *The history of fossil over centuries* di Maurizio Forli e Andrea Guerrini, *A caccia di dinosauri* di Federico Fanti e la nuova edizione di *Ho scelto la prigionia* di Vittorio Vialli.

La sessione ha registrato una partecipazione straordinaria, con

la Sala di Ulisse gremita soprattutto per la presentazione della nuova edizione del libro di Vittorio Vialli. Figura eminente nel campo della paleontologia, Vialli è meno noto per la sua drammatica esperienza come Internato Militare Italiano in un campo di concentramento. La presentazione è stata particolarmente emozionante, grazie agli interventi dei figli Bruno e Silvana e alla dettagliata dissertazione dello storico Luca Alessandrini. Alessandrini ha illustrato la sequenza di eventi che, dall'entrata in guerra dell'Italia nel 1940 all'armistizio dell'8 settembre 1943, ha visto i militari italiani passare dalla condizione di cobelligeranti alla difficile scelta tra continuare a combattere nell'esercito della Repubblica Sociale o accettare la prigionia nei campi di concentramento.

Vittorio Vialli ha scelto la seconda opzione ed è diventato uno delle migliaia di Internati Militari Italiani (IMI), ma il suo contributo è stato eccezionale per aver rivelato a una Nazione desiderosa di dimenticare l'esistenza di queste persone. Spesso gli IMI erano infatti trascurati dalla memoria collettiva, e molti di loro tendevano a mantenere il silenzio, forse a causa di un senso di vergogna legato alla loro condizione. Vialli trascorse quasi due anni in vari campi di concentramento in Germania e Polonia, fino alla liberazione il 5 aprile 1945. La straordinarietà della sua storia risiede nel fatto che riuscì a nascondere e a portare con sé una macchina fotografica, con la quale documentò la vita nei *lager* di soldati italiani che rifiutarono di combattere a fianco dei nazifascisti.

Il programma completo della conferenza è consultabile al seguente [link](#) della Società Geologica Italiana:

🌐 [www.socgeol.it/files/download/notizie%20dal%20mondo%20della%20geologia/geod%C3%AC%202024\\_locandina\\_finale.pdf](http://www.socgeol.it/files/download/notizie%20dal%20mondo%20della%20geologia/geod%C3%AC%202024_locandina_finale.pdf)

a cura di *Simone Fabbi e Marco Romano*





**Fig. 2** - Bindstone microbiale del Triassico superiore (arenarie di Silves e Complesso marnoso della sezione di Praia do Amado-Bordeira, bacino di Algarve, Portogallo. Foto Sed-Strat Group, Università di Perugia).



**Fig. 3** - Dune costiere del Quaternario (Alghero, Italia. Foto di Vincenzo Pascucci, Università di Sassari).

Come tradizione della nostra sezione, la comunità GeoSed cerca e propone sempre nuove interazioni nell'ampio ambito della Geologia del Sedimentario. Seguendo questa aspirazione, quest'anno la scelta è stata quella di organizzare una serie di "Seminari a due voci" nati dal confronto fra alcuni nostri soci con specialisti "non-geologi" (chimici, biologi, archeologi, climatologi, sismologi). In queste occasioni, molto partecipate da ricercatori, dottorandi e studenti, sono state illustrate metodologie di ricerca poco note nel nostro campo e applicazioni multidisciplinari che coinvolgono o potenzialmente potrebbero coinvolgere anche la nostra comunità.



**Fig. 1** - Prima pagina della Newsletter.

Continua inoltre l'esperienza della Newsletter, curata dalla socia Irene Cornacchia. A maggio è uscito il secondo numero e comprende le attività, le competenze, i progetti e le recenti pubblicazioni di soci e socie della nostra sezione GeoSed e dei gruppi di ricerca cui afferiscono (**Fig. 1**). Nei social GeoSed (facebook e istagram) sono stati pubblicati foto e articoli degli afferenti alla sezione con l'obiettivo di riuscire a raggiungere anche i più giovani e stimolarli a partecipare attivamente ai lavori della nostra sezione

(**Fig. 2 e 3**). Questa importante attività offre la possibilità di un confronto intergenerazionale che permette ai giovani di apprendere dall'esperienza dei senior, e a questi ultimi di rimanere aggiornati in un contesto di grandi cambiamenti.

A giugno si è svolta la IAS Conference 2024 (25-27 giugno, Aberdeen, Scozia, UK), dove moltissimi soci della nostra sezione hanno comunicato i risultati delle loro ricerche.

La nostra comunità sarà infine presente al Congresso congiunto SGI-SIMP dal titolo *Geology for a sustainable management of our Planet* che si terrà a Bari dal 2 al 5 settembre. In tale occasione sarà premiata la miglior guida all'escursione il cui bando è stato proposto dalla nostra sezione.

Un saluto  
Il comitato GeoSed

# GEOLOGIA *Ambientale*

👤 Coordinatore: Mariano Mercurio

🌐 [www.socgeol.it/401/geologia-ambientale.html](http://www.socgeol.it/401/geologia-ambientale.html)

## A SCUOLA DI CARISMO *per le guide ambientali escursionistiche*

Un approccio attivo per la conservazione della geodiversità del nostro territorio è quello della divulgazione delle risorse geoambientali tramite esperienze dirette della cittadinanza. Questo ruolo di disseminazione è affidato alle guide ambientali che fungono da veicolo di conoscenza tra il mondo della ricerca scientifica e un settore turistico sempre più attrattivo, quello escursionistico. Per loro nasce l'idea della sezione di Geologia Ambientale di organizzare delle giornate formative su temi specifici, partendo dal carsismo. Le grotte turistiche, infatti, offrono ai visitatori l'opportunità di esplorare le profondità della terra e di osservare direttamente singolarità geologiche spesso uniche. Ubicati in zone interne, oltre che lungo la costa, questi siti costituiscono una valida alternativa al turismo balneare e un'interessante attrattiva verso l'entroterra, con evidenti benefici anche per altri punti di interesse naturalistico. La lunga storia geologica della Sardegna ha fatto da sfondo per questa attività formativa intitolata "Il carsismo dei Tacchi di Ogliastra" che ha avuto base nel piccolo paesino di Gairo Taquisara a 950 m s.l.m., ai piedi degli omonimi rilievi tabulari che danno il

nome a queste morfologie carbonatiche nella Sardegna centro-orientale. Il primo appuntamento si è tenuto il 1° marzo 2024 con una giornata di studio iniziata in aula la mattina, con relazioni sugli aspetti geologici dei territori carsici e su quelli pratici della sicurezza durante le escursioni. Nel pomeriggio si è andati in grotta per l'osservazione della varietà di fenomeni ipogei, di cui è ricco l'intero tratto turistico della Grotta Taquisara (Fig. 1). La seconda giornata (9 marzo 2024) ha condotto i partecipanti lungo un sentiero che si snoda tra le pareti aggettanti e le superfici spianate dell'altopiano carsico, per riconoscere forme e processi superficiali (Fig. 2). Docenti provenienti dalle Università di Bologna (prof. Jo De Waele) e Cagliari (prof. Francesco Secci), dal CNR-IGAG (dott.ssa Laura Sanna) e dall'ordine professionale (dott. Salvatore Cabras) hanno dato il supporto scientifico per la realizzazione dell'evento, che non sarebbe riuscito senza il contributo e la logistica offerta dalla società Lugori, gestore della grotta. Il corso era gratuito e ha riscosso grande successo tra le guide iscritte all'albo regionale e alle principali associazioni di categoria che hanno partecipato numerose da tutta l'isola. È stata registrata l'adesione di un totale di 90 operatori del settore, di cui 79 per la prima giornata e 62 per l'escursione sul campo. L'evento ha avuto ampia visibilità anche sui quotidiani locali e sui canali di diffusione regionali della RAI che ha dedicato uno spazio specifico di approfondimento nel programma mattutino di Buongiorno Regione e al notiziario. La sezione di Geologia Ambientale si auspica di rinnovare presto l'iniziativa in altre zone d'Italia.

a cura di Laura Sanna



Fig. 1 - Un gruppo di guide escursionistiche per la formazione sul campo all'interno della Grotta Taquisara (foto società Lugori).



Fig. 2 - Partecipanti all'escursione didattica sull'altopiano del Taccho di Taquisara (foto di Gianni Fanni).



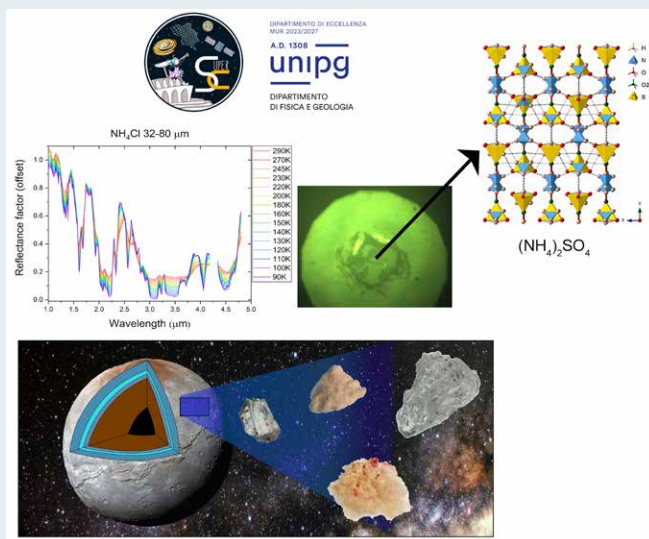
# GEOLOGIA Planetaria

Coordinatrice: **Barbara Cavalazzi**

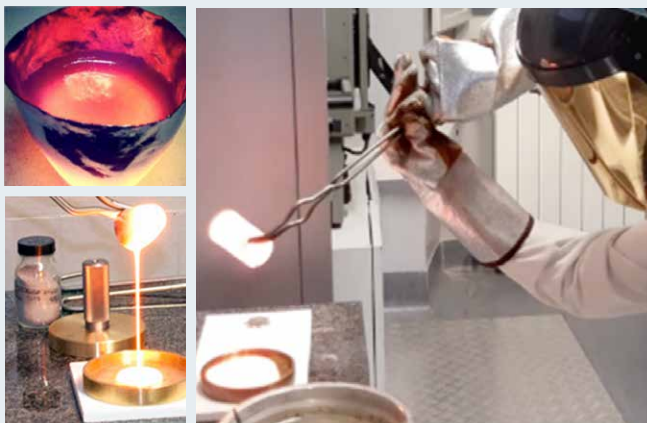
[www.socgeol.it/372/geologia-planetaria.html](http://www.socgeol.it/372/geologia-planetaria.html)

## ESPLORANDO I PIANETI IN LABORATORIO: *materiali Analoghi per l'Analisi Planetaria a Perugia*

L'esplorazione da remoto dei pianeti rocciosi e corpi ghiacciati del Sistema Solare avviene interpretando due tipi di informazioni: la forma del terreno, analizzata attraverso analisi geomorfologiche, e la risposta spettrale dei terreni stessi in diversi intervalli (visibile, UV, infrarosso). Quest'ultima viene interpretata attraverso la comparazione con spettri di riferimento: presso il Dipartimento di Fisica e Geologia dell'Università degli Studi di Perugia (Dipartimenti di Eccellenza 2018-2022 Grant SUPER-C) vengono in questo senso caratterizzati diversi tipi di analoghi extraterrestri.



Analisi dei minerali simulando le condizioni su corpi celesti e al loro interno variando  $T$  e  $P$ .



Fasi della mescolazione di fusi silicatici per ottenere rocce analoghe a prodotti extraterrestri.

### La caratterizzazione dei singoli minerali

Identificare i singoli componenti minerali presenti in una roccia è importante per ottenere informazioni sul passato geologico del corpo celeste. I minerali vengono studiati al variare delle condizioni di temperatura ( $T$ ) e pressione ( $P$ ) in modo da simulare le condizioni tipiche di tali corpi. Questo consente di ricostruire come diverse condizioni influiscano sui parametri dei minerali. (Fastelli et al., 2022, 2023).

### Petrologia sperimentale: fabbricare analoghi

Le rocce magmatiche sono ubiquie nel Sistema Solare, ed avere la possibilità di poter ricreare in laboratorio rocce magmatiche di composizione non terrestre (Pisello et al., 2024) variando sia la composizione chimica che le associazioni mineralogiche ci permette di creare analoghi di laboratorio utili a capire quali sono le variabili che determinano le variazioni della risposta spettrale. Studi hanno dimostrato che anche i vetri silicatici (presenti in tutti i prodotti vulcanici) ci possono dare informazioni sulla natura dei prodotti vulcanici (Pisello et al., 2022a).

### L'importanza dell'open source

Il dipartimento opera il mantenimento e la diffusione dei dati secondo i principi FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*) attraverso la piattaforma *Space Science Data Center* (SSDC) dell'ASI Agenzia Spaziale Italiana (ASI - UNIPG N. 2019-2-HH.0). Il catalogo di riferimento è il *PVRG magmatic rock spectra* (navigabile su [www.ssdci.asi.it](http://www.ssdci.asi.it)) dove è possibile visualizzare, confrontare, filtrare e scaricare i dati spettrali (Pisello et al., 2022b).

a cura di *Alessandro Pisello* e *Maximiliano Fastelli*

### Bibliografia:

- Fastelli M., Comodi P., Schmitt B., Beck P., Poch O., Sassi P. & Zucchini A. (2022). *Reflectance spectra (1–5 µm) at low temperatures and different grain sizes of ammonium-bearing minerals relevant for icy bodies*. *Icarus*, 382, 115055. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.115055>
- Fastelli M., Schmitt B., Beck P., Poch O., Zucchini A., Frondini F. & Comodi P. (2023). *Reflectance spectra of mascagnite and salammoniac minerals with varying viewing geometry*. *Icarus*, 403, 115633. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115633>
- Pisello A., Fastelli M., Baroni M., Schmitt B., Beck P., Zucchini A., Petrelli M., Comodi P. & Perugini D. (2024). *Spectral characterization of lab-made Nakhliitic rock powders: effects of crystal/glass ratio and acquisition geometry*. EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, EGU24-19432. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-19432>
- Pisello A., Ferrari M., De Angelis S., Vetere F.P., Porreca M., Stefani S. & Perugini D. (2022a). *Reflectance of silicate glasses in the mid-infrared region (MIR): Implications for planetary research*. *Icarus*, 388, 115222.
- Pisello A., Zinzi A., Bisolfati M., Porreca M. & Perugini D. (2022b). *A new spectral database for silicate glasses: a fundamental resource to interpret characteristics of volcanic terrains on planetary bodies (No. EPSC2022-539)*. Copernicus Meetings.

# GEOLOGIA Marina

● Coordinatore: Attilio Sulli

🌐 [www.socgeol.it/255/geologia-marina.html](http://www.socgeol.it/255/geologia-marina.html)

## PERFORAZIONI IODP NEL TIRRENO *per comprenderne il processo di apertura ed esumazione del mantello*



Fig. 1 - Foto dei ricercatori e ricercatrici partecipanti alla spedizione (foto: T. Liao, IODP, JRSO).

**S**i è da poco conclusa la spedizione *International Ocean Discovery Program (IODP) Exp. 402, Tyrrhenian Continent – Ocean Transition*, nel Tirreno centrale condotta a bordo

della nave da perforazione *JOIDES Resolution*. La spedizione, coordinata da Nevio Zitellini (ISMAR-CNR) e da Alberto Malinverno (LDEO-Columbia University), è durata due mesi e ha visto la partecipazione di 27 ricercatori e ricercatrici (Fig. 1) provenienti da diverse parti del mondo (Europa, America, Cina, Giappone, India e Australia). L'obiettivo principale della spedizione era studiare il processo di esumazione e serpentinizzazione del mantello avvenuto durante l'estensione e l'apertura del bacino di retro-arco Tirrenico, nel periodo Messiniano - Pliocene Inferiore. A tale scopo sono state effettuate 6 perforazioni profonde (Fig. 2a), 4 nella piana abissale del Vavilov e 2 sui margini continentali coniugati. Nella piana abissale, il mantello è stato perforato in due pozzi (U1614 e U1616; Fig. 2b), mentre nel pozzo U1612 sono state recuperate rocce cristalline (Fig. 2e) che affiorano anche in Sardegna. Nei pozzi sui due terrazzi sono state recuperate sia rocce sedimentarie di età fino al Paleozoico (U1613), sia le sequenze evaporitiche del Messiniano (U1613 e U1617; Fig. 2c). Infine, la copertura sedimentaria (Fig. 2d) è stata, in alcuni pozzi, recuperata quasi al 100%. Lo studio di questo materiale, fatto da diversi punti

di vista (chimico, fisico, petrografico, geologico, biologico, paleontologico e paleomagnetico), permetterà di comprendere i processi che hanno agito durante la risalita ed esumazione del mantello, le interazioni tra le rocce del mantello e i fluidi circolanti, quali acqua marina e fluidi magmatici provenienti dal profondo, i processi sedimentari in atto lungo i margini continentali e gli apporti di materiale dalle aree emerse dove è presente un'intensa attività vulcanica e, in fine, il processo che ha portato all'essiccamento del Mediterraneo durante la crisi di salinità Messiniana.

a cura di Maria Filomena Loreto

🌐 [http://iodp.tamu.edu/scienceops/expeditions/tyrrhenian\\_continent\\_ocean\\_transition.html](http://iodp.tamu.edu/scienceops/expeditions/tyrrhenian_continent_ocean_transition.html)

🌐 <http://iodp.tamu.edu/index.html>

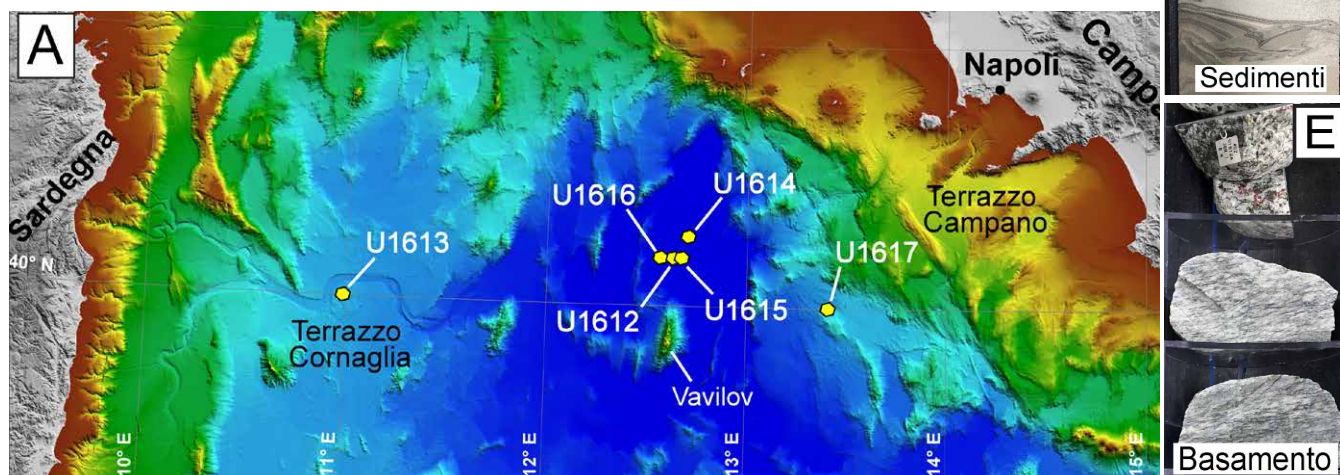


Fig. 2 - Area investigata (A), esempi di rocce e sedimenti perforati (B, C, D, E) (foto: M.F. Loreto).

# NEWS DALLA DIVISIONE

## Diversità, Equità, Inclusione PanGEA

Con il rinnovo degli Organi Direttivi della SGI, si è avuto anche quello del nostro Gruppo di Coordinamento; i riferimenti sono nel sito *web* della SGI ([www.socgeol.it/483/divisione-diversita-equita-inclusione-pangea.html](http://www.socgeol.it/483/divisione-diversita-equita-inclusione-pangea.html)). Un sentito grazie va al Gruppo uscente e soprattutto alla sua coordinatrice, Paola Vannucchi, grande iniziatrice di questa avventura.

Continua la promozione di attività sul ruolo di donne e ragazze nella geologia e, più in generale, nella scienza, anche con l'uso del logo della Divisione.

Si è deciso di promuovere le nostre attività anche in sinergia con altre iniziative, per raggiungere una comunità più vasta. Così, grazie ad Alessandro Rebez e Riccardo Caputo, il *workshop* annuale per la Giornata internazionale delle Donne e delle Ragazze nella Scienza, dal titolo "Il tempo dell'azione", si è svolto a Ferrara il 13.02.2024 insieme al 42° Convegno Annuale del GNGTS, anche con la partecipazione del CNG (Fig. 1).

Nel nostro incontro di Roma del 2023, era emersa la consapevolezza che la Divisione avesse superato la fase embrionale e fosse ormai una struttura pronta a operare regolarmente. Questa riunione aveva quindi l'obiettivo di fissare alcune azioni prioritarie: l'avvio di una partecipazione coordinata e strutturata da parte della nostra comunità.

Il *workshop* è stato aperto da Tamara Zappaterra - Prorettrice con delega DEI dell'Università di Ferrara, Alessandro Rebez - Presidente del Comitato tecnico-scientifico del GNGTS e Rodolfo Carosi - Presidente della SGI.

È seguita una parte sviluppata in collaborazione con il Piano Lauree Scientifiche-Geologia del MUR. Per questo, ragazze e ragazzi di numerosi istituti scolastici hanno partecipato sia in presenza, grazie a Michele Morsilli (PLS-Geologia UniFerrara), sia in remoto, grazie al coordinamento nazionale di Roberto Braga.



Fig. 1 - Partecipanti al *workshop* di Ferrara.

Dopo un'introduzione sulla geologia da parte di quest'ultimo, Chiara Passaseo (PhD UniFerrara) ha raccontato le motivazioni che l'hanno portata verso lo studio della geologia. Sono stati poi proiettati due brevi video introdotti da Marcello Tropeano (PLS-Geologia UniBari A. Moro): "Per educare al rispetto NON ci vuole una scienziata" (dove sul NON va immaginata una X rossa) e "Maria Vasilyevna Klenova: la madre della Geologia Marina", della serie "Pioniere delle Geoscienze", entrambi prodotti dal gruppo "Donne nelle Geoscienze (UniBari A. Moro). Ai video si sono alternati i racconti di C. Pagli, sui vulcani e i terremoti visti dai satelliti, e di A. Di Chiara, che ha raccontato la sua attività di ricerca in nave oceanografica.

È stata davvero una grande emozione avere tra noi queste ragazze e questi ragazzi.

Titti Postiglione, geologa e Vice Capo Dipartimento della Protezione Civile, nella sua presentazione a invito ha richiamato alcuni temi di diversità ed equità che le donne hanno dovuto e devono ancora affrontare nel mondo del lavoro. Infine, Monica Ghirotti (Commissione GEP UniFerrara) ha fornito un quadro sulle differenze di genere nelle università italiane.

Daniela Di Bucci ha aperto la seconda parte dei lavori con gli obiettivi della giornata: dai modelli del passato da superare, quelli attuali da conservare, le strategie per il futuro e i percorsi di valorizzazione, si è passati alle possibili azioni di consapevolezza, intraprendenza e sorellanza, su cui si è poi svolta la discussione: divulgazione attraverso i social media, orientamento degli studenti delle scuole superiori, partecipazione ai principali convegni di geologia con sessioni tematiche e redazione di articoli e contributi sulle opportunità di genere nel mondo delle STEM e della geologia. L'incontro si è concluso con un appuntamento a Bari, al prossimo Convegno congiunto SGI-SIMP, dove la Divisione ha proposto la sessione T46: *Women in geosciences: a journey through the social changes from the past to present and future scenarios*.

### IL GRUPPO DI COORDINAMENTO PanGEA

**Daniela Di Bucci**

Dipartimento della Protezione Civile

**Chiara Amadori**

Università di Pavia

**Alessandra Biserna**

Consiglio Nazionale dei Geologi

**Sveva Corrado**

Università "Roma Tre"

**Anita Di Chiara**

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

**Rosanna Maniscalco**

Università di Catania

**Ilaria Mazzini**

Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Carolina Pagli**

Università di Pisa

**Luisa Sabato**

Università di Bari "Aldo Moro"

**Paola Vannucchi**

Università di Firenze

# IL CONGRESSO CONGIUNTO SGI-SIMP

## *Geology for a sustainable management of our Planet*

*si avvicina...*

Il prossimo Congresso congiunto della SGI (Società Geologica Italiana) e della SIMP (Società Italiana di Mineralogia e Petrografia) "*Geology for a sustainable management of our Planet*", è ormai alle porte. Si svolgerà infatti dal 2 al 5 settembre 2024 presso il *Campus Universitario di Bari*.

Il programma prevede il 2 settembre la Cerimonia di apertura, che si apre con un *workshop* dal titolo: *La geologia per la società: l'importanza della comunicazione, così difficile, così necessaria*. Si tratta di un evento pubblico dedicato alla divulgazione delle Geoscienze come strumento per contribuire a formare una cittadinanza consapevole sia dei limiti delle risorse del pianeta che dei rischi naturali, eventualmente amplificati o indotti da fattori antropici. I quattro relatori di rilievo internazionale che dialogheranno con la platea condividendo la loro esperienza nel campo sono: Christopher Jackson, comunicatore scientifico anche presso la BBC, e direttore di "*Sustainable Geoscience*" presso Jacobs Engineering Group, Özlem Adiyaman Lopes, "*Senior Manager*" dell'"*International Geoscience and Geoparks programme of UNESCO*", Luigi Bignami, divulgatore scientifico e



giornalista Focus TV, Emilio Casalini, giornalista e conduttore di "Generazione Bellezza" RAI3.

Oltre alla Cerimonia di apertura, il 2 settembre si svolgeranno: un *workshop* dal titolo "*GeoSciences IR. A research infrastructure for geological sciences*", al quale parteciperanno numerosi *stakeholders* coinvolti in un progetto PNRR; il *PhD Day*, dal titolo: "*From Student to Scholar: the evolution of problem-solving skills in Geoscience PhD candidates*" che vede la partecipazione di un centinaio di dottorandi italiani e stranieri che presenteranno le loro ricerche.

# CERIMONIA DI APERTURA

 2 September 2024

INTERVERRANNO



Christopher  
Jackson

Özlem  
Adiyaman  
Lopes

Luigi  
Bignami

Emilio  
Casalini

**Prenota  
il tuo posto!**



CONGRESSO  
Geology for a  
sustainable  
management  
of our planet

3-4-5  
settembre 2024  
BARI

# PLENARY SPEAKER

Le tre giornate congressuali (3, 4, 5 settembre) ospiteranno ben 53 diverse sessioni scientifiche che raccolgono gli oltre 1200 *abstract* sottomessi come presentazioni orali o *poster*. Le 53 sessioni attivate rientrano nei seguenti *topics*: *biogeosciences*; *climate in the past, present and future*; *cultural and geoheritage*; *earth observation and modelling*; *geochemistry*; *geological mapping*; *geomorphology*; *industrial application in mineralogy*; *petrography and geochemistry*; *mineralogy*; *natural hazards and risks*; *outreach and education*; *palaeontology*; *petrology*; *planetary sciences*; *seismology*; *stratigraphy and sedimentology*; *tectonics and structural geology*; *volcanology*; *open poster session*.

Ogni giornata prevede una conferenza plenaria tenuta da studiosi di rilievo internazionale: il 3 settembre ospiteremo F. Javier Hernández Molina, *Andalusian Earth Sciences Institute (IACT)*, *Spanish Research Council (CSIC)*, con una relazione dal titolo “*Contourites and mixed depositional systems: a paradigm for deepwater sedimentary environments*”; il 4 settembre ospiteremo Karen Hudson-Edwards, *University of Exeter (UK)*, con una relazione dal titolo “*Sustainable mining of critical raw materials: opportunities and obstacles for geoscientists*”; il 5 settembre ospiteremo Elisabetta Erba, Università di Milano, con una relazione dal titolo “*The birth of the modern ocean and its first 180 million years of crises, speciations and extinctions*”.

Il 3 settembre si svolgerà un *Townhall Meeting* che permetterà di condividere alcune delle numerose esperienze effettuate e delle importanti ricadute scientifiche ottenute dai ricercatori italiani nell'ambito dell'*International Ocean Drilling/Discovery Program*, un progetto che è ormai nelle fasi conclusive. Sarà anche un'occasione per far conoscere il nuovo *ICDP-International Continental Scientific Drilling Program*.

La sera del 4 settembre verrà proposto un “evento musicale”... a sorpresa.

Il 5 settembre si svolgerà una tavola rotonda dal titolo “Dove vanno le geoscienze? Esperienze e proposte per diffondere la conoscenza geologica e promuovere il corso di laurea”; lo scopo è quello di creare un momento di confronto e di condivisione delle diverse esperienze di promozione delle geoscienze concentrandosi anche sui contenuti culturali e sulle prospettive dei corsi di laurea in geologia proposti nelle varie sedi universitarie italiane dove è presente.

Durante gli orari delle sessioni scientifiche sarà attivo un *kindergarten* con personale specializzato che si occuperà di intrattenere i bambini presso il Museo di Scienze della Terra (a poche decine di metri dalla sede congressuale). Si tratta di una iniziativa offerta dal Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università degli Studi Aldo Moro, e che viene proposta per la prima volta in occasione di congressi delle due Società.

Inoltre, come da tradizione, sia il giorno prima del Congresso (2 settembre) che in quelli successivi allo stesso, si svolgeranno complessivamente 8 escursioni anche di taglio geoturistico in tutto il territorio pugliese, e nelle confinanti regioni Basilicata e Calabria.

Numerosi sono gli *sponsor* e i patrocini offerti al Congresso e quest'anno, per la prima volta, fra gli enti patrocinatori è stata



3 Settembre

Javier Hernández Molina



4 Settembre

Karen Hudson-Edwards



5 Settembre

Elisabetta Erba



HORIZON  
EUROPE  
SEEDS



inserita una Organizzazione *non-profit* che si dedica alla riduzione della povertà globale, attraverso aiuti umanitari e progetti di sviluppo, e in particolare si sta dedicando a combattere il problema della scarsità di acqua legata anche ai cambiamenti climatici.

Vi ricordiamo infine i *link* al sito del Congresso (in versione italiana e inglese), in continuo aggiornamento, e dove troverete anche il nuovo video che in una manciata di minuti vi racconterà tutto il Congresso.

[www.geoscienze.org/bari2024](http://www.geoscienze.org/bari2024)

<https://en.geoscienze.org/765/bari-2024.html>

Vi aspettiamo numerosi a Bari!

# IVREA-VERBANO, FASE 1 DEL PROGETTO ICDP-DIVE: *un tuffo nelle radici della crosta continentale*

Il progetto di perforazione scientifica internazionale *Drilling the Ivrea-Verbanò zone* (DIVE), co-finanziato dall'*International Continental Scientific Program* (ICDP) ha portato a termine la fase 1, completando il secondo pozzo nelle radici della crosta continentale della Zona Ivrea Verbanò (ZIV) in Val d'Ossola. Qui, durante l'orogenesi Alpina, la collisione tra placche continentali ha portato a profondità accessibili all'uomo i livelli più profondi della crosta terrestre.

Il primo foro (DT-1B) era stato completato a fine 2022 nel comune di Ornavasso (VB), portandoci a 578.5 metri di profondità e campionando prevalentemente rocce

metasedimentarie felsiche e metamafiche della crosta medio-inferiore. Il secondo sito di perforazione del progetto (DT-1A) si trova nella frazione di Megolo del comune di Pieve Vergonte (VB) e in aprile si è conclusa l'attività di perforazione all'incredibile profondità di 909.5 m. In entrambi i casi, i carotaggi in continuo hanno permesso di recuperare pressoché il 100% delle carote di roccia, inclusi i primi metri di copertura sedimentaria. Dal punto di vista scientifico questo risultato è importantissimo perché ci garantisce il campionamento e la preservazione di tutte le transizioni tra le diverse litologie che sono state attraversate, oltre che permetterci di osservare e toccare con mano la transizione tra la crosta continentale e il mantello superiore.

Per la prima volta nella storia delle missioni di perforazione scientifica, saremo in grado di studiare questa transizione grazie a centinaia di metri di roccia che in questo momento si trovano nell'archivio nazionale tedesco a Spandau (Berlino), insieme alle carote di molti altri progetti dell'ICDP.

Nei 909.5 metri che sono stati carotati a Megolo, i ricercatori del DIVE che hanno raggiunto la Val d'Ossola da tutto il mondo e che si sono succeduti nei sei mesi di attività con turni settimanali, hanno classificato preliminarmente le rocce della crosta inferiore e con grande emozione hanno visto succedersi litologie quali gabbri, gabbronoriti e pirosseniti con densità via via maggiore al procedere della transizione con il mantello superiore, da 2600 fino a 3200 kg/m<sup>3</sup>.

Tanti i dati già raccolti in diversi campi di studio, il progetto infatti coinvolge non solo geologi e petrologi che hanno classificato e campionato le carote. I geofisici hanno condotto le acquisizioni di *seismic while drilling* (SWD) e si sono occupati della campagna finale di *downhole logging*; i geochimici, utilizzando uno spettrometro di massa, hanno analizzato in continuo i gas provenienti dal pozzo e prodotti dall'erosione delle rocce durante la perforazione. Infine, i microbiologi hanno campionato fluidi e roccia alla ricerca della vita in questi ambienti estremi.



Al termine delle attività sul sito di perforazione l'attenzione del consorzio internazionale del DIVE si è spostata sull'archivio di Spandau, dove gli oltre 1500 metri di roccia della fase 1 sono stati classificati più in dettaglio e campionati. Nell'archivio hanno lavorato diversi gruppi, catalogando anche le successioni sedimentarie dei primi metri, le diverse litologie rocciose, le zone cataclastiche e mineralizzate e le numerosissime miloniti e pseudotachiliti, analizzando preliminarmente le carote anche in fluorescenza a raggi-X (XRF) e utilizzando un *multi-sensor core logger* (MSCL). Nell'attesa dei primi risultati ai quali stanno lavorando più di 40 docenti e giovani ricercatori, seguiteci nel sito del DIVE ([www.dive2ivrea.org](http://www.dive2ivrea.org)) e dell'ICDP ([www.icdp-online.org/projects/by-continent/europe/dive-italy](http://www.icdp-online.org/projects/by-continent/europe/dive-italy)).



# LA SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA

## al Salone internazionale del libro di Torino

**P**er la prima volta, quest'anno, la Società Geologica Italiana ha partecipato al Salone Internazionale del libro di Torino, il 37°, che si sé volto dal 9 al 13 maggio 2024 presso il complesso fieristico del Lingotto, edizione e ha visto la partecipazione di circa 222.000 persone. È stato allestito uno stand dove sono stati esposti i prodotti editoriali della SGI, dalle riviste, ai libri, alle Guide Geologiche Regionali posizionati su appositi espositori. Fabio e Alessandro, instancabili, hanno distribuito materiale (tra cui migliaia di schede con *QR code* per scaricare i *file pdf* di Geologicamente e pieghevoli con i riferimenti alle schede della Geologia per la Società) e *gadget* ai

numerosissimi interessati che si sono avvicinati allo *stand* nel corso dei 5 giorni della durata del Salone. Alcuni laureati/e e studenti/studentesse di Geologia di Torino: Chiara Scabin, Stefano Dolce, Emanuele Canobbio, Maria Grazia Marcelli e Marcello Peyrot hanno attivamente aiutato la Società Geologica nella gestione dello *stand* e nelle vendite dei prodotti editoriali. Sono state vendute molte guide geologiche regionali, in particolare quella della Geologia del Piemonte e altri libri, tra cui "I fossili una storia italiana" di Marco Romano. Il Corso di Laurea in Scienze Geologiche di Unito ha messo a disposizione numerose copie di una carta geo-litologica del Piemonte.







La SGI ha inoltre organizzato un evento lunedì 13 maggio alle ore 15.15, ospitato presso il Bosco degli scrittori (ABOCA), durante il quale, in un bellissimo contesto di una sala completamente immersa nella natura con alberi e piante vive all'interno del padiglione OVAL, Elisabetta Erba (UniMi), Luigi Bignami (divulgatore e giornalista) e Rodolfo Carosi (UniTo) hanno posto l'accento sul ruolo della geologia nello studio dei cambiamenti climatici con un intervento dal titolo "Storie di supervulcani, oceani, fiori ghiaccio: la geologia racconta" che ha suscitato il forte interesse dei numerosi partecipanti.

Giovedì 9 maggio, negli spazi di dell'Università di Torino (Unito live – il podcast di UniTo al Salone del libro), sono state inoltre presentate le Guide Geologiche Regionali. L'evento ha visto la partecipazione di Paolo Conti (UniSi), Alessandro Borghi (UniTo) con la moderazione di Chiara Montomoli (UniTo). Ancora negli spazi di *Unito live*, Sabato 11 maggio Alessandro Iannace (UniNa) ha presentato il libro "Storia della Terra", con moderatore Rodolfo Carosi (UniTo) durante l'evento "Scoperte, miti e sogni". In conclusione, il bilancio è stato molto positivo e ci sono state molte occasioni per far conoscere diversi aspetti della Geologia al vasto pubblico che si è mostrato molto interessato e un sentito ringraziamento va a tutte/i coloro che hanno dato il proprio fattivo contributo per la realizzazione di tutte queste interessanti iniziative.



# PERFORAZIONI IODP A BORDO DELLA JOIDES RESOLUTION NEL MAR TIRRENO, dal 1986 al 2024 cosa è cambiato

*Intervista a  
Enrico Bonatti  
e Nevio Zitellini  
partecipanti  
alle due spedizioni*



E. Bonatti



N. Zitellini

**A** 38 anni dalla spedizione ODP Leg 107 nel Tirreno è stata effettuata la nuova IODP Exp402. Quali gli obiettivi delle due spedizioni?



Negli anni '80 si conosceva ben poco del Tirreno e quello che si voleva studiare era la composizione del basamento. Si sapeva che c'erano dei seamounts vulcanici e isole sommerse e ciò, all'epoca, poneva delle incognite. Fu una campagna esplorativa che portò all'inatteso recupero di rocce del mantello serpentinizzato e di basalti. Grazie a quella spedizione il bacino tirrenico, considerato relitto, venne considerato molto dinamico e variegato.



Oggi del Tirreno si conosce molto, ma quello che ancora non è stato chiarito è perché c'è mantello quasi affiorante nel centro del bacino, e quale è stato il processo che ne ha permesso la risalita. Inoltre, si vogliono analizzare i processi di interazione tra mantello e fluido magmatico, presente in molti dei seamounts presenti nel Tirreno, e tra mantello e fluidi circolanti.

*Com'era la vita di bordo?*



All'epoca la vita a bordo della JOIDES (Foto) era piena di incognite e, sotto certi punti di vista, molto faticosa. Si lavorava molto, ma allo stesso tempo si cercava di rendere la vita più piacevole. La mancanza di tecnologie tipo internet che isolava dal mondo esterno aveva sia svantaggi che vantaggi. Bisognava essere molto creativi per poter risolvere eventuali problemi, ovviamente si commettevano anche tanti errori. Nella pianificazione delle attività si improvvisava e le decisioni venivano prese sul momento, improvvisare però spesso porta a grandi scoperte.



La JOIDES è una nave super organizzata al fine di rendere la vita più facile. A bordo c'erano diversi team da quello scientifico a quello di servizio, più di 100 persone, e tutti lavoravano in modo da risolvere ogni problema o difficoltà. Inoltre, essendo i turni di lavoro molto faticosi, 12 ore per 2 mesi senza sosta, bisognava cercare di rompere la *routine* e alleggerire la fatica, quindi ogni domenica c'era il *barbecue*, festa di mezzo *Leg*, e eventi di vario genere. Ma nonostante le difficoltà e il tanto lavoro il clima è stato molto gioioso e rilassato anche perché c'erano molti giovani pieni di entusiasmo.



La *Joides Resolution* nelle acque del Tirreno (foto di Larkin Bohn).

### *Com'erano le relazioni tra gli uomini e le donne?*



Nonostante all'epoca le donne fossero rare a bordo delle navi, nelle crociere ODP ce n'erano molte. Ricordo che le relazioni tra i due sessi erano molto belle, la loro presenza rendeva il tempo a bordo molto più piacevole e talvolta nascevano relazioni importanti. Certo questo potrebbe apparire inadeguato, ma il fluido immenso dell'oceano crea un'atmosfera quasi magica, sconnessa dalla terra, che favorisce il manifestare delle emozioni alle quali è anche giusto non opporsi.



Le donne parte del team scientifico erano circa il 50%, quindi, era una situazione molto equilibrata ed era un po' come essere a terra. Tutti hanno lavorato in grande armonia.

### *La JOIDES è tornata a perforare il Tirreno. Cosa ne pensi?*



Penso possa essere molto utile per capire l'origine del Tirreno. Dipende molto da quello che si troverà perché c'è sempre un fattore di incertezza che fa sì che la crociera possa essere molto interessante. Ad esempio capire se il mantello esumato si trova in una zona molto ampia o è localizzato.

### *Quali sono le differenze tra la spedizione 402 e quella del 1986?*



La spedizione del 1986 ha posto le basi per tutti gli studi sulla geodinamica e cinematica che sono seguiti. La nuova spedizione permetterà di fare un ulteriore passo avanti nelle conoscenze della dinamica profonda del Tirreno e in generale dei bacini di retro-arco, e consentirà di validare i modelli di apertura del bacino proposti in precedenza.

# RECENSIONE

## TEMPO PROFONDO

Autrice **Giulia Innamorati**

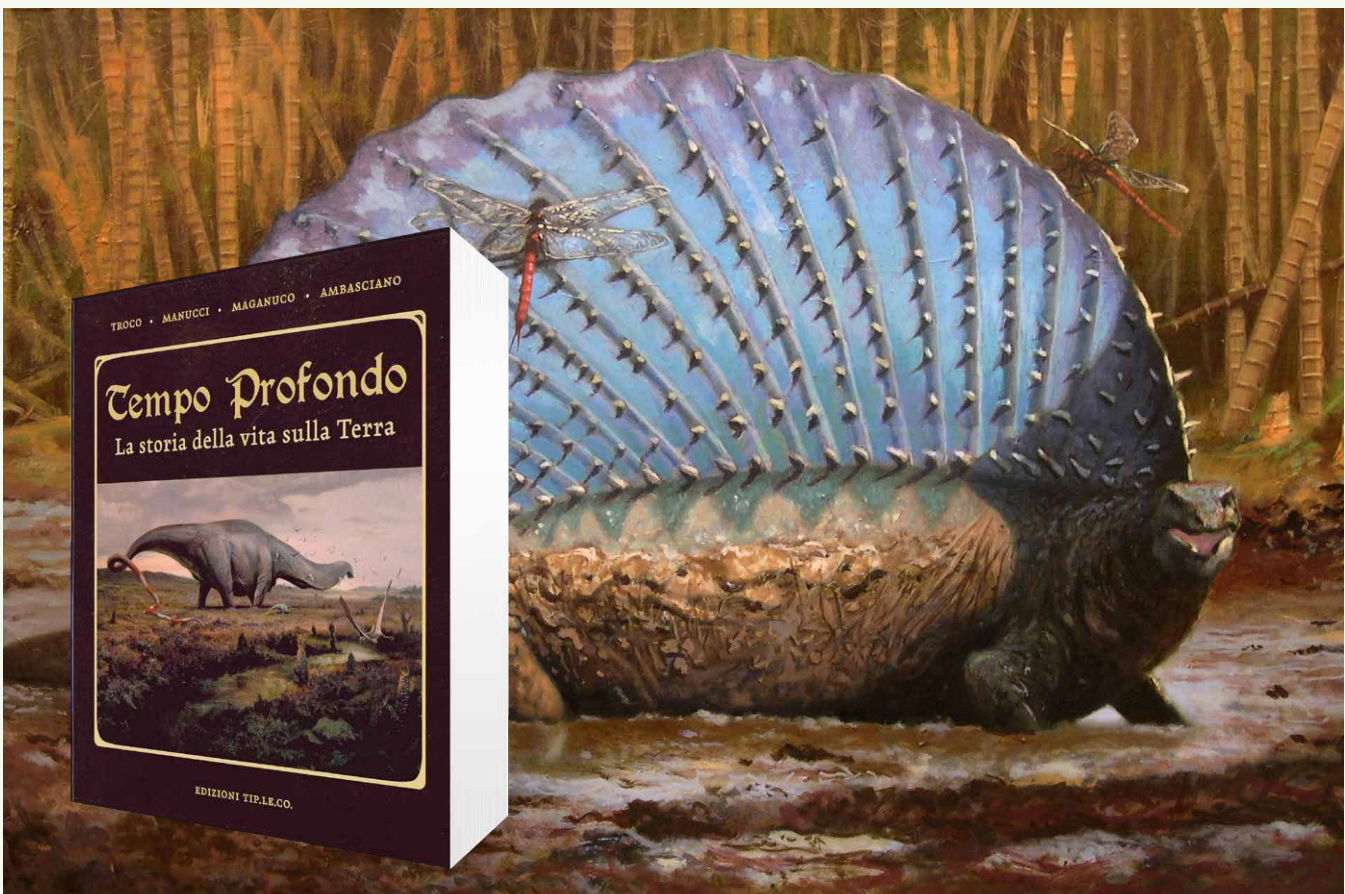
**D**i libri, albi illustrati e testi divulgativi inerenti alla Storia della Vita sulla Terra, dedicati a bambini, ragazzi e adulti, sono piene le librerie. Questi testi hanno però il difetto di essere più che mai settoriali o parziali, in quanto incentrati su minuscoli capitoli della lunghissima Storia del nostro Pianeta. I reparti di scienze sono tipicamente stracolmi di volumi dedicati essenzialmente ai Dinosauri e si fatica a trovare un'opera veramente completa ed esaustiva. Dalla necessità di colmare questa lacuna, nasce *Tempo Profondo* (Edizioni TIP. LE.CO), che si prefissa di raccontare in modo olistico e approfondito la storia dell'evoluzione degli esseri viventi sulla Terra.

Il libro è il frutto della collaborazione attiva tra quattro autori di estrazioni totalmente diverse: Emiliano Troco e Fabio Manucci sono due noti paleoartisti italiani specializzati rispettivamente nella realizzazione di opere su tela e in grafica digitale. Simone Maganuco è un paleontologo italiano, tra i suoi studi più noti ricordiamo la monografia su "Ciro" *Scipionyx samniticus*" e i recentissimi studi su *Spinosaurus*. Leonardo Ambasciano è invece uno storico specializzato in storiografia e storia delle religioni. Come già accennato, il libro si prefissa di narrare tutta la Storia della Vita sulla Terra, sottolineando però la relazione indissolubile e fondamentale che intercorre tra Biologia, Fisica, Chimica, Geologia e Storia delle Culture, e ponendo l'accento su quanto nessuna disciplina da sola possa eviscerare in maniera esauriente una tematica così complessa. È proprio per questa ragione, che il libro inizia dal *Big Bang*, passando poi alla storia della formazione del Sistema Solare, della Terra e proseguendo poi naturalmente con il Precambriano e il Fanerozoico. Il libro ripercorre anche la storia umana, fino ai

giorni nostri, con un *focus* particolare, relativo alle innovazioni tecnologiche e scientifiche.

Per quanto riguarda i contenuti del libro, ogni pagina va ad affrontare una specifica tematica o a descrivere determinati organismi, illustrati mirabilmente dai dipinti ad olio su tela di Emiliano Troco. Questi sono accompagnati da testi brevi, scorrevoli e alla portata di ogni lettore. In calce al libro è possibile ammirare esemplari unici realizzati appositamente per questo volume, che accompagnano e aiutano il lettore nella fruizione del testo: le carte paleogeografiche dal Siluriano a oggi, la mappa del Sistema Solare e le divisioni della Via Lattea, gli schemi filogenetici (albero della vita) e un'immane scala dei tempi geologici stilizzata.

Questo libro è dunque un meraviglioso viaggio lungo 13.7 Miliardi di anni, adatto sia agli addetti ai lavori che al grande pubblico, una coccola che riempirà di stupore gli occhi del lettore, invogliandolo ad approfondire e scoprire ancora più dettagliatamente le sorprendenti meraviglie del nostro pianeta.



# NUNTIUM

## de Lapidibus

**Autore** Massimo Coli

Dipartimento di Scienze della Terra. Università di Firenze.

### *Heritage stones, Building stones and Stone buildings news*

## La nuda Terra: costruire in terra



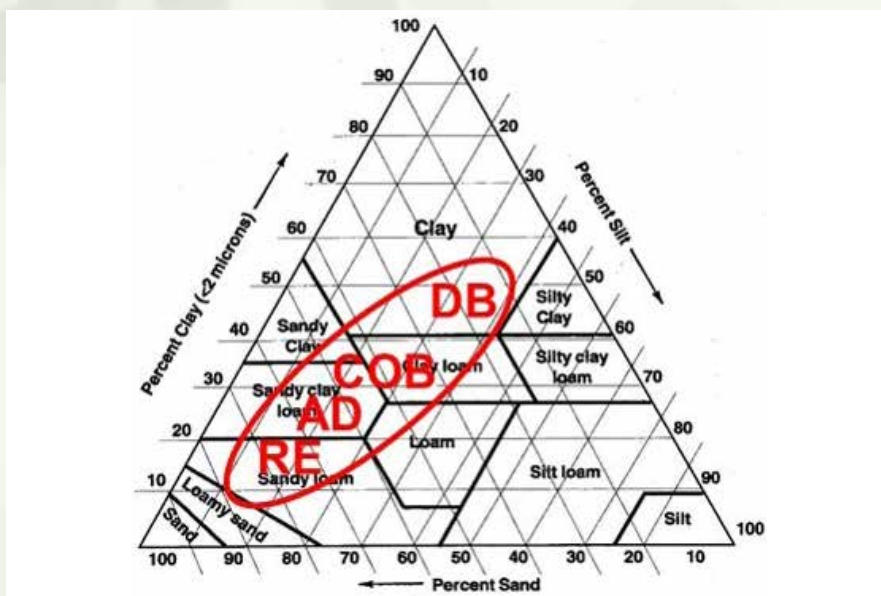
**Fig. 1** - Cina, il Forte di Hechang, dinastia Han (II secolo a.C.) al termine occidentale della Grande Muraglia ai limiti del deserto del Takaraland o deserto della fame (fotografia M. Coli).

**S**ono appena tornato da una ennesima visita di studio in Cina, gradito ospite degli squisiti colleghi cinesi, dove ancora una volta ho avuto occasione di ammirare splendide costruzioni in terra cruda, alcune delle quali datano dalla dinastia Han, II secolo a.C. (Fig.1), ed altre sono invece recenti a dimostrazione di una cultura e di un uso ancora in auge, almeno nelle campagne; questo mi ha spinto a fare alcuni approfondimenti sul costruire in terra.

Il costruire in terra è diffuso principalmente nelle fertili pianure alluvionali, dove la terra rappresenta la prima materia grezza disponibile in abbondanza e con facilità, e che con poca lavorazione e mescolata con acqua e fibre (essenzialmente paglia ed in subordine crine animale) diventa un ottimo materiale da costruzione. La terra cruda è termicamente isolante, atossica, facilmente mantenibile e riciclabile.

Tutt'oggi circa il 40% della popolazione mondiale vive in costruzioni fatte con terra; le costruzioni in terra hanno anche una buona tenuta antisismica tanto che il 60% delle costruzioni in terra sono in zone a sismicità media e alta.

Per costruire necessita una terra presa al disotto del livello vegetale, al caso, per renderla della giusta "consistenza", la



**Fig. 2** - A seconda della composizione granulometrica si possono realizzare diverse tipologie di costruito in terra: RE = Rammed Earth, AD = Adobe; COB = Massone; DB = Daubed Earth (elaborazione M. Coli).

terra può essere corretta con l'aggiunta di sabbia o di argilla. La terra necessaria va scavata nella stagione secca e quindi messa a maturare a mucchio, coperta e umida durante l'inverno; dalla primavera successiva, in uno stato più o meno plastico a seconda se vicina al limite liquido o al limite di ritiro, può essere usata come

materia prima da costruzione.

Per usarla nelle costruzioni va mescolata con paglia umida opportunamente stagionata e spezzettata. Questa mistura di terra e paglia rappresenta il materiale da costruzione che, a seconda della sua malleabilità (granulometria, livello di plasticità della terra e quantità di paglia),



**Fig. 3** - Varie tipologie del costruire in terra, **a)** Rammed earth, Uzbekistan, Khiva; **b)** Adobe, Cina Gaochang; **c)** Massone, Mali; **d)** Doubled earth, Olanda (fotografie M. Coli).

Indice	Unità di misura	Valore
<b>Rammed Earth e Massone</b>		
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>	0,018÷0,021
Conduttività termica	W/mK	0,91÷1,31
Capacità di immagazzinamento	Ki/m <sup>3</sup> K	1,800÷2,100
Coefficiente di ritardo	h	10÷12
Coefficiente di abbattimento acustico	dB	50÷60
Coefficiente di permeabilità al vapore	20°C U.r. 60%	10÷11
UCS	MPa	1,8÷8
<b>Adobe</b>		
Peso di volume	kN/m <sup>3</sup>	0,014÷0,019
Conduttività termica	W/mK	0,46÷0,81
Coefficiente di abbattimento acustico	dB	50÷55
Coefficiente di permeabilità al vapore	20°C U.r. 60%	5÷10
UCS	MPa	0,2÷2,5

**Tab. 1** - Principali proprietà fisico-meccaniche di riferimento per murature realizzate in terra cruda (elaborazione M. Coli).

può essere usato per fare varie tipologie di costruzioni in terra a seconda della sua composizione (**Figg. 2 e 3**). Per testare le proprietà tecniche della terra cruda non necessitano sofisticate prove di laboratorio, i dati relativi a granulometria ed ai limiti di Atterburg possono essere facilmente ricavati da prove empiriche

realizzabili sul terreno con banali accorgimenti; ad esempio per determinare il contenuto d'acqua va presa una porzione di terra tipo bica e fatto un taglio a V fondo circa 8 cm, quindi osservare se: i lati non rigonfiano, il contenuto d'acqua è basso; i lati rigonfiano, ma il taglio rimane aperto, il contenuto d'acqua è corretto;

i lati rigonfiano ed il taglio si chiude solo alla base, siamo al Limite Liquido; i lati rigonfiano ed il taglio si chiude, il contenuto d'acqua è alto. Con gli stessi criteri empirici possono essere determinati la composizione granulometrica, la qualità, l'assorbimento d'acqua, la resistenza al carico, la resistenza al dilavamento. Nell'insieme, le proprietà fisico-meccaniche generali di riferimento di una costruzione in terra sono più che buone (**Tab. 1**).

La possibilità di inserire nella muratura in terra rinforzi strutturali e leghe in legno, bambù o frascame consente di realizzare costruzioni molto resistenti ed antisismiche. Anche in Italia negli ultimi decenni si è avuto un revival del costruire in terra, sia per realizzare interventi di conservazione su edifici antichi realizzati appunto in terra, sia per riproporre in termini ecologici, sostenibili e autarchici un metodo costruttivo storico proprio di un territorio, di una cultura, di una civiltà, sia forse anche per snobismo. In particolare, la Regione Sardegna e la Provincia di Alessandria hanno pubblicato dei manuali in merito, ma andando su Internet si apre un mondo di siti e di testi riguardo al costruire in terra. Grazie, ed alla prossima.

# NEWS *in pillole*

## *Dinosauri ed educazione scientifica*

*a cura di Susanna Occhipinti*

Il clamore suscitato dalle recenti affermazioni del Ministro dell'Istruzione e del Merito, Giuseppe Valditara, è stata l'occasione per riflettere, ancora una volta, sull'importanza di un'educazione scientifica di qualità.

Il Ministro, intervistato nel corso della 22° edizione della rassegna Direzione Nord, nella sede di Assolombarda a Milano, ha dichiarato la sua intenzione, istituendo una apposita commissione di esperti, di ridurre i contenuti dei programmi della scuola primaria, ritenuti eccessivamente dispersivi.

In particolare, affermazione che è diventata virale sui media suscitando moltissimi commenti, il Ministro ha portato come esempio di sovraccarico contenutistico *'lo studio delle varie specie dei dinosauri'*, proposto in una classe terza di una scuola primaria e ha segnalato, citano sempre i media, che *'addirittura c'era un animale vissuto 40 milioni di anni fa che i bambini dovevano studiare, vissuto in Messico ed estinto da milioni di anni, non mi ricordo come si chiamasse... un felino'*.

In quanto Associazione di Insegnanti di Scienze Naturali, non vogliamo attribuire a queste affermazioni, come invece molti sul web, né una connotazione politica, né "identitaria", né la visione, prettamente antropocentrica, che è stata proposta da molti nei loro commenti: tale interpretazione infatti, appare ispirata alle Indicazioni ministeriali del 2012, che prevedono che *'il programma sia articolato intorno ad alcuni snodi periodizzanti della vicenda umana quali: il processo di ominazione, la rivoluzione neolitica, la rivoluzione industriale e i processi di globalizzazione e di mondializzazione'*. Ma questa citazione, che esclude automaticamente i dinosauri dal curriculum scolastico, perché estinti alla comparsa dei primi ominidi già da 50 milioni di anni, fa parte del curriculum di Storia mentre ben diversi sono gli Obiettivi ed i Traguardi previsti in quello di Scienze. Come insegnanti di Scienze vogliamo ragionare di saperi e strumenti di pensiero scientifici; non faremo commenti sul fatto che i felini siano comparsi sulla Terra solo 30 milioni di anni fa, quando il Messico e le sue catene montuose erano ancora in piena orogenesi. Vogliamo esprimerci sui nodi fondanti della disciplina, sulla necessità di un curriculum verticale in tutto il primo ciclo dell'istruzione, di saperi disciplinari proposti in una logica di propedeuticità e di essenzialità, elemento questo su cui peraltro concordiamo col Ministro.

Le Indicazioni Nazionali per il curriculum dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione del 2012 esprimono *Obiettivi di apprendimento e Traguardi per lo sviluppo delle competenze*: nel rispetto di questi, il docente della primaria costruirà un curriculum, che, attraverso conoscenze ed esperienze, svilupperà competenze coerenti con l'età degli alunni, con i nuclei fondanti e i saperi essenziali delle discipline scientifiche, ma terrà conto anche della necessità di suscitare interesse e curiosità in bambini già bersaglio di stimoli da parte di media, tv, documentari...



I dinosauri, ad esempio, fin dal 1993, quando apparve il film *Jurassic Park* tratto dal libro di Crichton, sono spesso motivo di domande e di curiosità da parte degli alunni, perché fanno parte del loro 'vissuto mediatico' e sono animali iconici, che rappresentano, nell'immaginario collettivo, un passato remoto fantastico, ma a tutti gli effetti, reale; ed è proprio questo aspetto a renderli particolarmente affascinanti. Perché impedire all'insegnante di rispondere alle inevitabili, e auspicabili, domande dei propri alunni, che a fronte del pupazzo del dinosauro, del cartone animato, del libro di testo, sollecitano spiegazioni alle loro curiosità? Le stesse Indicazioni ministeriali, nel curriculum di Scienze, *'richiedono che lo studente abbia una visione della complessità del sistema dei viventi e della loro evoluzione nel tempo, che riconosca nella loro diversità i bisogni fondamentali di animali e piante e i modi per soddisfarli negli specifici contesti ambientali'*.



Per dare *sensu e significato* allo studio dei dinosauri, all'interno di un curriculum di Scienze che favorisca, lungo tutto il primo ciclo dell'istruzione, una crescita progressiva di saperi e di competenze, in una logica di verticalità e propedeuticità, come già avviene per il curriculum di Storia, è necessario soprattutto che il curriculum si sviluppi attorno e attraverso i nuclei fondanti della disciplina: lo studio dei dinosauri, della loro comparsa, della loro specializzazione e della loro estinzione diventa uno strumento didattico utile per la percezione del tempo profondo, per la comprensione dell'evoluzione naturale, delle relazioni causa effetto, dei flussi e delle trasformazioni, dei cambiamenti climatici del passato così come quelli attuali.

In particolare, lo studio degli scenari correlati ad una sesta estinzione di massa, paventata dagli scienziati come conseguenza dei cambiamenti climatici in atto, può attingere dalla vicenda dei dinosauri preziose informazioni: disporre di un insieme di dati sul fenomeno, sebbene cause ed effetti siano stati diversi, ci permette di prevedere fatti ed eventi con maggiore precisione e forse anche di cambiare la storia futura del Pianeta.

Questo processo di insegnamento-apprendimento permette di facilitare la comprensione di concetti fondanti, senza che vengano banalizzati, come si riscontra invece in molti casi, sia nei libri di testo, sia nella riproposizione da parte degli insegnanti. Ciò avviene in particolare quando si propongono relazioni di causa-effetto dirette, lineari, semplificate e in grado di produrre 'effetti speciali': una mela cade e permette a Newton di formulare una legge universale, due continenti si incastrano come un puzzle e costituiscono una prova fondante per la teoria della Tettonica delle Placche, un meteorite cade e i dinosauri si estinguono.

Questi collegamenti diretti permettono di semplificare relazioni e fenomeni, di renderli apparentemente più facili da spiegare, e quindi

da capire; non emergono, però, con tale approccio, la ricchezza e la complessità del lavoro e del pensiero degli scienziati, la progressione e il tempo che richiede la ricerca scientifica e l'elaborazione di una teoria, attraverso studi sempre più e approfonditi e focalizzati, che costruiscono nodi in una rete di saperi, in un sistema complesso ed articolato di fenomeni e di relazioni.

Anche se a volte, il caso, quella che oggi si definisce *serendipity*, può contribuire a dare una piccola spinta alle scoperte scientifiche. Il meteorite che 66 milioni di anni fa è caduto nella penisola dello Yucatan, vicino al Messico, individuato grazie ad una casuale scoperta fatta nel 1980 da padre e figlio Alvarez nella Gola del Bottaccione in Italia, dove è stato identificato il limite K-Pg, Cretaceo-Paleogene (in passato K-T Cretacico -Terziario), ha sicuramente contribuito a innescare un clima rigido, secoli, millenni di freddo e di buio, che hanno portato alla scomparsa dei dinosauri, ma anche di molti altri organismi, forse meno iconici, come ammoniti e belemniti: la quinta estinzione di massa.

Non si può però dimenticare che molte specie di dinosauri avevano già sviluppato piume ed ali, occupando altri spazi ed altri ambienti, che altre specie erano ovovivipare, quindi antenate dei primi mammiferi, che nell'emisfero meridionale la messa in posto dei Traps del Dekkan, con importanti emissioni di anidride carbonica, potrebbe aver contrastato il clima freddo prodotto dal meteorite, favorendo la sopravvivenza di organismi che, se non discendenti dallo stesso clado, dallo stesso ramo evolutivo dei dinosauri, ne sono comunque parenti stretti.

Consapevoli, come insegnanti di Scienze, della ricchezza e dell'importanza di queste conoscenze per lo sviluppo delle competenze disciplinari e dell'interesse degli studenti verso le discipline scientifiche, auspichiamo che nella commissione istituita dal Ministro dell'Istruzione e Merito per elaborare le nuove indicazioni da lui preannunciate, sia prevista una significativa componente scientifica disciplinare, in grado di elaborare un curriculum basato su principi scientifici, sui nodi fondanti delle discipline, sulla costruzione progressiva e coerente dei saperi, senza preclusioni su temi fondamentali come l'evoluzione.

Sarà responsabilità degli insegnanti della scuola primaria, opportunamente formati in ambito scientifico, sollecitare la curiosità dei propri alunni e rispondere alle loro domande, anche a quelle sui dinosauri, consapevoli che il tema andrà ripreso e sviluppato quando l'età e le competenze degli studenti li renderanno in grado di comprendere il complesso sistema di relazioni che si sviluppa dalla loro comparsa e dalla loro evoluzione, ancor più che dalla loro estinzione.



# INCONTRA gli Autori

## 1. CHIARA AMADORI

Chiara Amadori è RTDa presso l'Università di Pavia. Chiara si occupa in generale di analisi dei bacini sedimentari in vari contesti tettonici, e più di recente anche di termocronologia di bassa temperatura. In quest'ultimo ambito è formata presso l'Università di Padova, Arizona (USA) e Glasgow (UK). Dal 2020, si è occupata di allestire da zero e gestire il laboratorio di analisi di tracce di fissioni in collaborazione con l'istituto di fisica applicata L.E.N.A. di Pavia.

I suoi interessi però non si fermano qui. Chiara ha anche partecipato a due spedizioni oceanografiche, una nell'Atlantico meridionale (IODP X393) nel 2022, focalizzata sull'evoluzione di rift, e la seconda nel 2023 in Atlantico centro occidentale (a bordo della Macus Langseth) per studiare il margine passivo della Florida.



## 2. GIOVANNI FLORIDIA

Giovanni Floridia è Geologo e Dottore di Ricerca in Scienze della Terra e dell'Ambiente. Si è formato presso il Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali dell'Università degli Studi di Catania. Si occupa di Geofisica e di Geotermia, con focus sulla modellazione termica del sottosuolo. Nel corso della sua carriera accademica e professionale, ha partecipato attivamente alla ricerca scientifica presso importanti centri europei e attualmente lavora per una società di servizi geologici, geofisici e ingegneristici.



## 3. FERDINANDO BOSI

Ferdinando Bosi ha conseguito il Dottorato di Ricerca presso la Sapienza Università di Roma nel 2001. Successivamente ha svolto attività di ricerca presso il *Swedish Museum of Natural History* di Stoccolma, per poi fare ritorno alla Sapienza nel 2008, dove ha assunto una posizione accademica presso il Dipartimento di Scienze della Terra. Attualmente si occupa di mineralogia e cristallografia, concentrandosi principalmente sugli aspetti sistematici e cristallografici dei minerali, sia da un punto di vista sperimentale che teorico.

Per suo contributo alla ricerca, nel 2015, gli è stato dedicato il minerale "bosiite". È stato il rappresentante italiano nella *Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification* dell'IMA, e nel 2022 è stato nominato Presidente della stessa commissione.



## 4. EVELYN KUSTATSCHER

Evelyn Kustatscher è conservatrice della sezione di paleontologia del Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige e insegna all'Università LMU di Monaco di Baviera (Germania). Si occupa della collezione paleontologica del museo, oltre a concepire mostre ed eventi su tematiche geopaleontologiche. Le sue ricerche scientifiche si focalizzano sullo studio delle piante e dei pollini fossili del Paleozoico e Mesozoico. All'interno di progetti internazionali, collabora con stratigrafi, sedimentologi, geochimici e paleozoologi al fine di ricostruire gli ecosistemi terrestri e osservare come essi reagiscono ai cambiamenti climatici e a eventi particolari come eruzioni vulcaniche. Dal 2020 coordina progetti scientifici per studiare flora e fauna presenti durante l'attività del Supervulcano di Bolzano.



## 5. MICHELE MACRÌ

Michele Macrì è laureato in Scienze Geologiche ed ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra in co-tutela Italia-Francia. È curatore del Museo Universitario di Scienze della Terra (MUST) e docente di Gemmologia presso Sapienza Università di Roma. Ha oltre 60 pubblicazioni tra articoli scientifici e volumi in ambito museologico, mineralogico e gemmologico. Ha partecipato sia come relatore che organizzatore a numerosi convegni e seminari scientifici e divulgativi. È stato editore della Rivista Gemmologica Italiana. Ha curato numerose mostre temporanee a diffusione nazionale ed internazionale ed è co-ideatore e co-responsabile del progetto MUST per la creazione di un nuovo museo di Scienze della Terra.





# IL MUST

(Museo Universitario di Scienze della Terra)  
di Sapienza Università di Roma:  
passato, presente e futuro

## Maggiori informazioni

📍 Piazzale della Minerva | 00185 - Roma  
Edificio Mineralogia-Geologia - CU005  
C/o Dipartimento di Scienze della Terra

🌐 [www.dst.uniroma1.it/MUST](http://www.dst.uniroma1.it/MUST)

**L**a storia del MUST (Museo Universitario di Scienze della Terra) inizia nel lontano 1804, quando Papa Pio VII istituisce a Roma il Museo di Mineralogia e storia naturale. Nel 1873 il geologo Giuseppe Ponzi fonda il Museo di Geologia della Sapienza e nel 1928, il paleontologo Giuseppe Checchia-Rispoli istituisce il Museo di Paleontologia.

Nel 1935, con l'inaugurazione della nuova Città Universitaria di Roma avvenuta durante il regime fascista, le collezioni dei tre musei sono sistemate in un unico edificio dedicato alle Scienze della Terra: nasce ufficialmente il MUST.

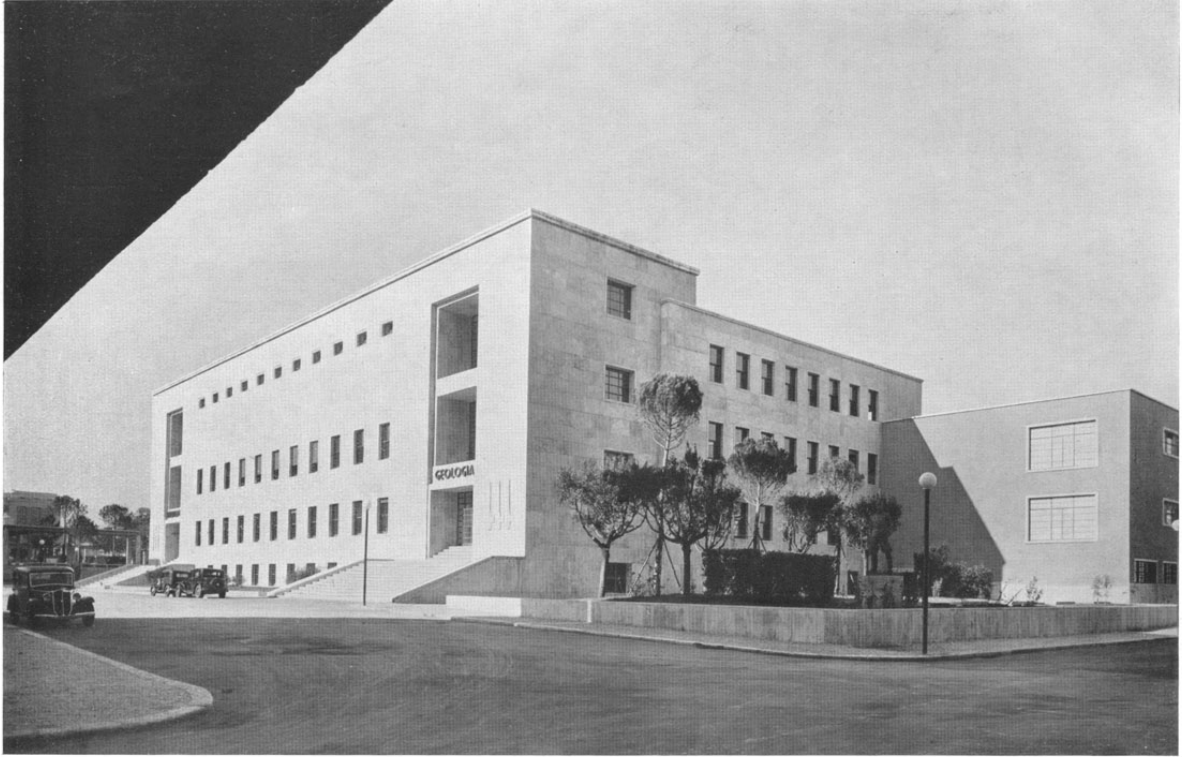
Il bombardamento di San Lorenzo del 1943, durante la Seconda Guerra Mondiale, danneggiò pesantemente l'edificio che ospitava il museo e alcune collezioni andarono distrutte. Con la fine della guerra i musei di Geologia, Mineralogia e Paleontologia divengono entità distinte e separate. Tre musei con importantissime collezioni storiche, ma con spazi poco funzionali. L'idea di un unico museo che rappresentasse la ricchezza e la diversità delle Scienze della Terra si deve alla paleontologa Angiola Maccagno, antesignana di una visione meno schematica del sapere. Uno degli studenti della Maccagno, Ruggiero Matteucci, destinato a divenire negli anni successivi decano del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma, concretizzerà con un progetto l'idea della sua professoressa. Il progetto, presentato nel 2012

con Gabriele Scarascia Mugnozza e Michele Macri, rilancia il museo unico MUST nell'ala dell'edificio di Geologia e Mineralogia.

Il progetto MUST prevede la costituzione di un "percorso museale" unitario per una fruizione moderna e coinvolgente del ricco patrimonio museale relativo al pianeta Terra.

Nel 2016 il MUST viene ufficialmente costituito con la nomina del primo direttore: Michele Lustrino, al quale seguirà Raffaele Sardella dal 2019.

Sono in corso i lavori di allestimento secondo un progetto che ha l'obiettivo di ripensare il criterio espositivo, seguendo un percorso verticale e non più orizzontale come quello originario, diviso per ambiti disciplinari, con sale che prenderanno il nome da personalità che hanno avuto un ruolo storico nel museo. Il percorso espositivo inizia dal piano terra (*Atrium*), dove è prevista la possibilità di allestire mostre temporanee, eventi e conferenze. Al primo piano (Sala Gismondi), sarà allestita l'esposizione permanente con il grande viaggio nello Spazio e nel Tempo profondo che, a partire dal *Big Bang*, porterà i visitatori alla scoperta della nascita del pianeta Terra, delle meteoriti, fino alla comparsa e all'evoluzione della vita, attraverso un percorso con postazioni interattive e immersive. Nella stessa sala saranno presenti due stanze tematiche a margine del percorso principale, testimonianza dei musei del passato: la prima dedicata alla mineralogia sistematica,



ARCH. GIOVANNI MICHELUCCI. - L'EDIFICIO PER GLI ISTITUTI DI MINERALOGIA, GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA - VEDUTA D'ANGOLO. - Corpo di fabbrica anteriore rivestito in travertino; il resto d'intonaco.

la seconda dedicata alle antiche “camere delle meraviglie”. Accanto saranno predisposti laboratori ludico-didattici.

Al secondo piano la Sala Ponzi dove sarà illustrata la trasformazione delle masse continentali e l'evoluzione degli ecosistemi, con speciale attenzione alle estinzioni di massa avvenute nel Paleozoico e nel Mesozoico. Anche in questo piano ci saranno due *sale-focus*: una sala dedicata alla paleontologia sistematica e uno spazio per laboratori ludico-didattici.

Al terzo piano, infine, le sale Maccagno e Accordi, il pianeta Terra negli ultimi 66 milioni di anni fino al presente. La sala Maccagno illustrerà i cambiamenti ambientali del Quaternario e gli scheletri degli animali che li hanno popolati, Homo incluso. La Sala Accordi, dedicata alle problematiche del mondo attuale, sarà suddivisa in tre spazi: **1)** Roma prima di Roma; **2)** rischi, risorse e resilienza; **3)** “il MUST fuori dal MUST”, spazio che rappresenta la parte conclusiva del percorso, dove verrà aperto uno sguardo sul quotidiano e sulle applicazioni dei concetti espressi nel MUST.

Un progetto in divenire, con l'ambizione di fornire al grande pubblico, attraverso le Scienze della Terra, uno strumento per comprendere la storia del nostro pianeta e dei suoi abitanti, vivere le sfide del presente ed essere pronti ad un futuro sostenibile.

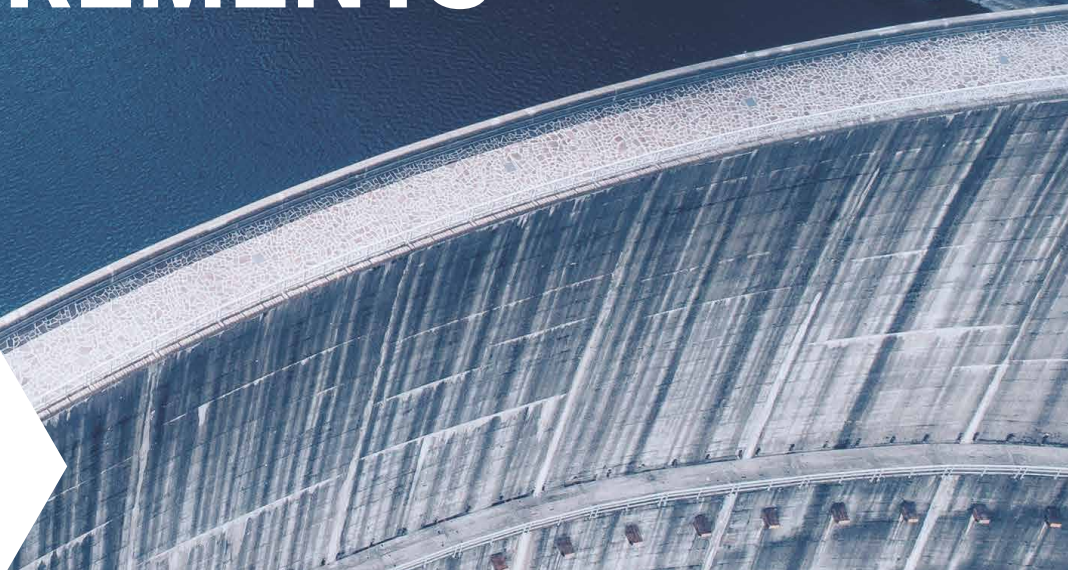
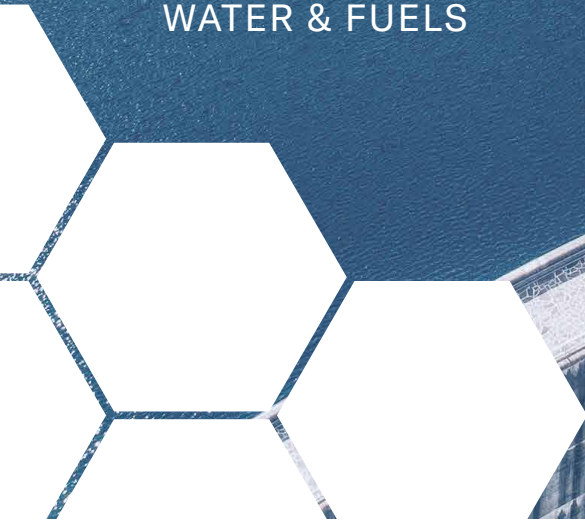




 **KELLER**

# HYDROSTATIC PRESSURE MEASUREMENTS

WATER & FUELS



## **KELLER SERIES 26X**

- For liquid level and fill level measurements
- Highly accurate measured values
- Excellent long-term stability
- Extended lightning protection available
- Analogue & digital interfaces can be combined
- Scalable analogue output (turn-down)
- Many years of maintenance-free operation

[keller-pressure.com](http://keller-pressure.com)