

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE
Periodico della Società Geologica Italiana
n. 7 | marzo 2022

LA GEOLOGIA DEL TETTO DEL MONDO

**I TERRENI CAOTICI
DI MARTE E LUNA:**
possibili collassi calderici?

**PALEOMAGNETISMO
E VULCANI:** come utilizzare
il Campo Magnetico Terrestre
per studiare le eruzioni vulcaniche

IL FIUME PO
i suoi sedimenti
e la pianura Padana





Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

Strumenti ad alta tecnologia anche a noleggio per:

Studio dei fondali e delle coste

Multibeam, SSS, SBP, droni marini ...

Studio del sottosuolo

Georadar, sismica, geoelettrica, inclinometri ...

Monitoraggio sismico

Sismometri, strong motion, reti early warning ...

Monitoraggio ambientale

Magnetometri, sonde oceanografiche ...



Immagine: MTS Engineering

Posizionamento di precisione e navigazione

GNSS, piattaforme inerziali, USBL ...

3D imaging

Rilievi terrestri, sotterranei, costieri, subacquei
anche integrati, anche in dinamico ...



CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

tel. +39 02 4830.2175 | info@codevintec.it | www.codevintec.it



L'evoluzione nell'analisi isotopica

DELTA Q IRMS e software Qtegra ISDS

Per i laboratori che studiano l'origine, la storia e l'adulterazione dei campioni, Thermo Scientific™ DELTA Q™ IRMS combina prestazioni senza precedenti con l'impegno per un futuro sostenibile. DELTA Q IRMS è il primo spettrometro di massa al mondo creato al netto zero di emissioni di CO₂ che funziona sull'innovativa piattaforma software di facile utilizzo Thermo Scientific™ Qtegra™

Intelligent Scientific Data Solution (ISDS).

DELTA Q IRMS è progettato per essere collegato senza soluzione di continuità con un'ampia gamma di periferiche Thermo Scientific, offrendo al vostro laboratorio un'elevata produttività, funzionamento automatizzato e flessibilità.

Scopri di più su thermofisher.com/DELTAQ
Oppure contattaci: isotopeanalysis-italy@thermofisher.com

For Research Use Only. Not for use in diagnostic procedures. © 2022 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved. All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries unless otherwise specified. **AD000577-IT 0222S**

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

C

- P. 8** LA GEOLOGIA
del tetto del mondo
- P. 18** IL FIUME PO
*i suoi sedimenti
e la pianura Padana*
- P. 26** PALEOMAGNETISMO
E VULCANI:
*come utilizzare
il Campo Magnetico
Terrestre per studiare le
eruzioni vulcaniche*
- P. 36** I TERRENI CAOTICI
DI MARTE E LUNA:
possibili collassi calderici?

SA

- P. 44** Associazione Italiana
DI VULCANOLOGIA
- P. 46** Associazione
PALEONTOLOGICA
PALEOARTISTICA
Italiana
- P. 48** Associazione Nazionale
INSEGNANTI
SCIENZE NATURALI
- P. 50** Associazione Italiana
PER LO STUDIO
DEL QUATERNARIO
- P. 52** Società
GEOCHIMICA
Italiana
- P. 54** Società
PALEONTOLOGICA
Italiana
- P. 56** Sezione
GEOLOGIA
Marina
- P. 58** Sezione
GEOLOGIA
Himalayana
- P. 59** Sezione
GEOETICA
e Cultura Geologica
- P. 60** Sezione
GEOLOGIA
Planetaria
- P. 61** Sezione
GEOLOGIA
Ambientale
- P. 62** Sezione
GEOSCIENZE
e Tecnologie Informatiche
- P. 64** Sezione
Giovani
GEOLOGI
- P. 66** Sezione
GEOLOGIA
Strutturale
- P. 67** Sezione
Storia delle
GEOSCIENZE

Rivista quadrimestrale SGI - Società Geologica Italiana | Numero 7 | marzo 2022 | SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA
Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma | 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, Giulia Innamorati, Susanna Occhipinti, Domenico Sessa, Marco Chiari, Anna Giamborino, Eugenio Nicotra, Eleonora Regattieri e Orlando Vaselli

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

DIRETTORE RESPONSABILE Alessandro Zuccari



P. 69 IL "RISVEGLIO"
DI VULCANO

P. 70 CONGRESSO
GEOSCIENCES FOR A
SUSTAINABLE FUTURE
*della Società Geologica
Italiana e Società Italiana di
Mineralogia e Petrologia*

P. 72 TORQUATO
TARAMELLI:
*geologo rilevatore esperto
di terremoti*

P. 73 OLIMPIADI
INTERNAZIONALI DI
SCIENZE DELLA
TERRA IESO 2022
*XV^a edizione
2^a on-line*

P. 74 NUNTIUM
DE LAPIDIBUS
*II International Workshop
on Heritage Stones*

P. 76 EARTHQUAKES
AND SUSTAINABLE
INFRASTRUCTURE
*Neo-Deterministic
(NDSHA) Approach
Guarantees Prevention
Rather Than Cure*

P. 78 PanGEA
È TORNATA
e, finalmente, è ufficiale!

P. 79 LA DIDATTICA
DIGITALE DELLE
SCIENZE
DELLA TERRA:
potenzialità e limiti



P. 7 EDITORIALE

P. 81 INCONTRA GLI AUTORI

P. 82 IL MUSEO PAS-E.A. MARTEL DI CARBONIA
*tra i fossili più antichi d'Italia e
piccoli mammut*

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 digitale

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.
Foto in copertina: Campo base a Taporan in prossimità del Monte Shirling e del Meru Peak (Uttarkhand), India nord-occidentale. Autrice: Chiara Montomoli.
Immagini interne: freepik.com

Chiuso in Redazione il 4 marzo 2022.



global.sensor.excellence



**LA TUA SOLUZIONE
SU MISURA**



**PRESSIONE, LIVELLO E
TEMPERATURA**



EDITORIALE



Enrico
CAPEZZUOLI

Direttore Editoriale Geologicamente

Hunga Tonga-Hunga Ha'apai!! A dirlo così, sembra una formula magica medievale! Ma quando si vedono le immagini satellitari dell'evento che ha interessato a Gennaio questo sperduto vulcano vicino Tonga dal nome così apotropaico e ci si rende conto della sua dimensione ... è incredibile!! Nonostante tutto, è già un ricordo lontano! Questo sia perché l'evento è stato VERAMENTE lontano (quasi all'altro capo del mondo rispetto a noi), sia perché i danni sono stati limitati (io non li vorrei mai avere, neanche se "limitati"!!). Conoscere e vedere quello che succede all'altro capo del mondo (e quasi in diretta!) è un notevole aiuto per capire e conoscere anche quello che abbiamo (e potrebbe succedere) nei nostri dintorni.

Intanto noi proviamo a farvi conoscere alcuni aspetti del mondo che ci circonda. Oggi partiamo dalla Pianura Padana e dai cambiamenti paleogeografici e paleoclimatici che i suoi depositi ci possono raccontare (Contributo di G. Vezzoli) per spostarsi nelle rocce vulcaniche e conoscere meglio il campo magnetico terrestre e le sue variazioni (contributo di G. Risica e F. Speranza). Poi facciamo un salto più ampio e raggiungiamo l'Himalaya dove andiamo a sapere un po' di più delle rocce e della geologia delle terre più alte del nostro pianeta (contributo di R. Carosi e coautori). L'ultimo salto, quello più ampio, ci permette di vedere lontanissimo (come nel caso di Hunga Tonga-Hunga Ha'apai), addirittura fuori dal nostro pianeta e di interpretare i fenomeni osservati sulla Luna e su Marte (contributo di E. Luzzi e coautori - Premio Miglior Pubblicazione di giovane ricercatore nella Geologia Planetaria all'ultimo Congresso SGI).

Per conoscere meglio la nostra terra, comunque, non è sempre necessario muoversi tanto. Talvolta basta visitare anche i musei disseminati sul nostro territorio, come nel caso del Museo Martel di Carbonia (SU), per conoscere l'ambiente e la fauna della Sardegna (e in particolare del Sulcis) durante le diverse ere geologiche.

Intanto le sezioni e società scientifiche associate a SGI sono in pieno fermento! Le iniziative sono tantissime e riportarle tutte è sempre più difficile. Iniziative non solo di ambito accademico, ma spesso anche rivolte agli appassionati e ai cultori delle geoscienze. Tra le *News*, mi fa piacere sottolineare l'annuncio delle XV Olimpiadi Internazionali delle Scienze della Terra (IESO 2022) e del Congresso congiunto SGI-SIMP che si svolgeranno in Italia nei prossimi mesi. Il nostro paese è sempre una fucina di cultura e di opportunità per la geologia.

Tutto per stimolare e far funzionare il cervello (MENTE) con i giusti strumenti (MALLEO)!!

GEOLOGICAMENTE
MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE
Periodico della Società Geologica Italiana

Per il tuo spazio su questa rivista
contatta



www.agicom.it





LA GEOLOGIA

del tetto del mondo

a cura di Rodolfo Carosi, Chiara Montomoli e Salvatore Iaccarino





In questo contributo viene delineata la geologia dell'area del M. Everest. Partendo dalla storia della sua esplorazione geologica viene introdotta la presenza di una faglia normale a basso angolo sulla vetta dell'Everest e sul ruolo chiave che questa struttura ha avuto nella tettonica della catena Himalayana insieme al *Main Central Thrust* e nella risalita verso la superficie delle rocce più profonde (esumazione). Vengono descritti i modelli tettonici principali che spiegano tale esumazione. Gli studi multidisciplinari più recenti, condotti lungo tutta la catena, mettono in evidenza come l'esumazione delle rocce profonde sia guidata dall'attivazione di faglie e zone di taglio presenti nelle rocce metamorfiche che risultano progressivamente più giovani andando verso Sud, cioè verso la pianura indo-gangetica. La deformazione del cuneo orogenico prevede una propagazione di faglie inverse a cui segue una sorta di riequilibrio ad opera della faglia normale che passa anche per la vetta del M. Everest.



INTRODUZIONE

Vi siete mai chiesti quali sono le rocce più alte della Terra? Perché sono lì? Dove si sono formate? Come sono state trasportate fino a oltre 8000 metri sopra il livello del mare? Quali strutture e caratteristiche geologiche sono ad esse associate?

L'Himalaya (parola che deriva dal sanscrito e significa letteralmente “dimora delle nevi”) (**Fig. 1**) è la catena di collisione continentale per antonomasia, prodotta dalla collisione quasi ortogonale dell'India e dell'Asia, avvenuta circa 55 Milioni di anni fa (**Fig. 2**). Dopo la subduzione al di sotto dell'Asia del vasto oceano denominato Neo-Tetide, la parte settentrionale del continente Indiano è entrata a far parte della catena Himalayana subendo profonde trasformazioni. La deformazione non si è fermata al momento della collisione ma è proseguita durante la così detta “tettonica di indentazione” con l'India che ha continuato a spingere progressivamente verso Nord, incuneandosi e penetrando all'interno del continente asiatico. Questa spinta continua ha portato all'espulsione laterale della Cina verso Est e dell'Indocina verso SE, contemporaneamente al movimento progressivo dell'India verso Nord. In questa fase si è avuto il sollevamento della catena Himalayana e il suo avanzare progressivo verso sud, verso la pianura Indo-Gangetica.

Keywords

Himalaya

Catene di collisione

M. Everest

Deformazione delle rocce



Fig. 1 - Versante nord della catena Himalayana visto dal deserto del Tibet (versanti nord del M. Gyanchung Chang, al centro e M. Cho Oyu, sulla sinistra). Passo marcato da uomini di pietra e da bandiere buddiste della preghiera.

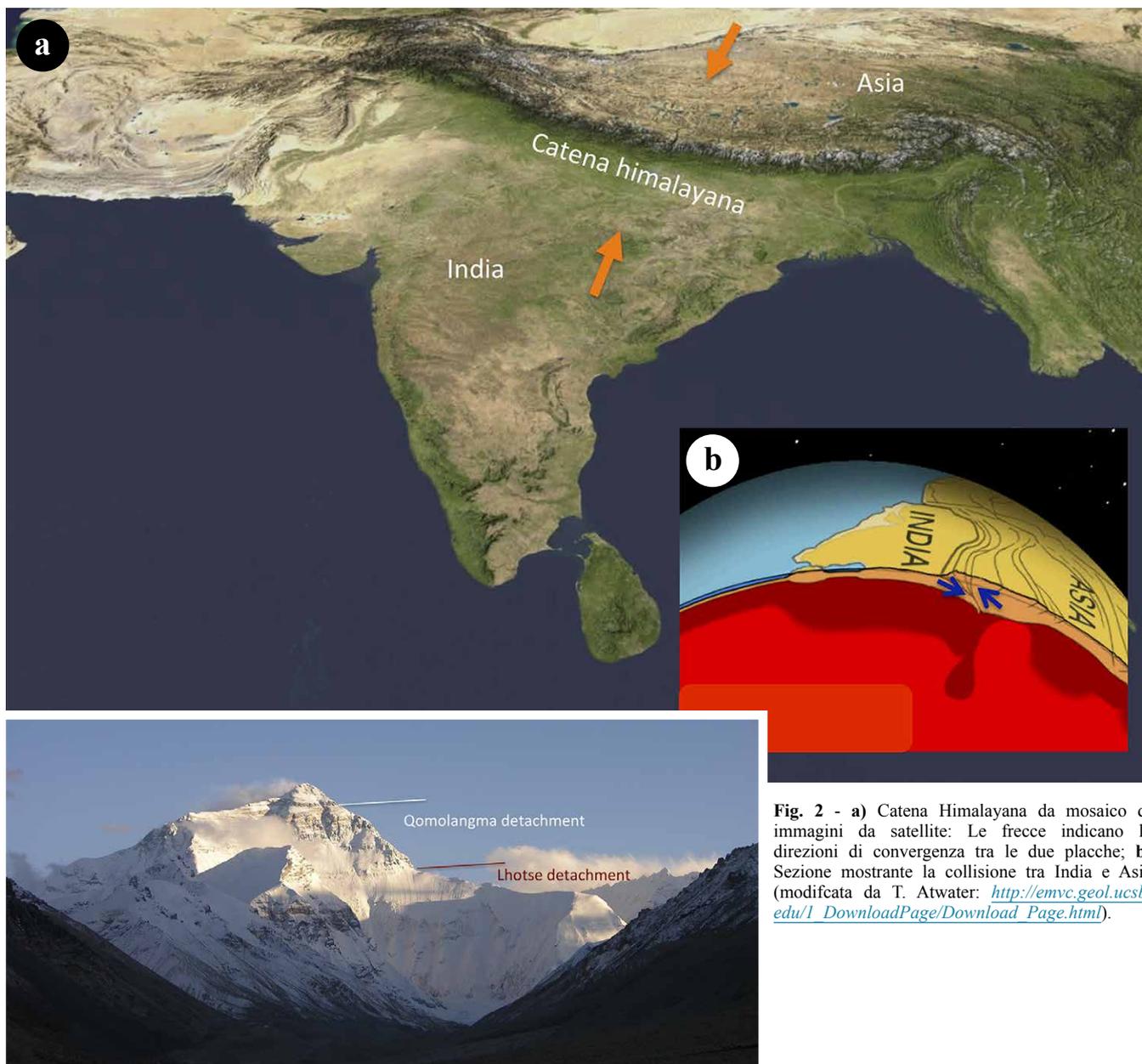


Fig. 2 - a) Catena Himalayana da mosaico di immagini da satellite: Le frecce indicano le direzioni di convergenza tra le due placche; **b)** Sezione mostrante la collisione tra India e Asia (modificata da T. Atwater: http://emvc.geol.ucsb.edu/1_DownloadPage/Download_Page.html).

Fig. 3 - Versante Nord del M. Everest fotografato da circa 20 km di distanza dal monastero di Rongbuk (Tibet). Sulla vetta è presente il *Qomolangma Detachment* mentre al di sotto è presente la zona di taglio duttile, il *Lhotse Detachment*; ambedue le strutture fanno parte del *South Tibetan Detachment*.

L'ESPLORAZIONE GEOLOGICA DEL M. EVEREST

Il Monte Everest (*Qomolangma* in cinese e *Sagarmatha* in nepalese che significa “Dea Madre della Terra”) è la montagna più alta della Terra con i suoi 8848 m s.l.m. (**Fig. 3**) e fa parte del *Sagarmatha National park*, parte del UNESCO *World Heritage Centre*. I primi studi geologici di questa regione risalgono agli anni '50 del 1900 e sono riportate nei libri di Bordet (1961), Hagen (1963) e Hashimoto (1973) e nel lavoro di Lombardo & Bortolami (1998) (vedi Carosi et al., 1999 con bibliografia).

In seguito, studi più moderni sono stati pubblicati negli anni '80 (Brunel & Kienast, 1986; Hubbard, 1989; Polino, 1983

con carta geologica allegata), negli anni '90 (Lombardo et al., 1993 con allegata una carta geologica dell'area Everest-Makalu, Pognante & Benna, 1993; Carosi et al., 1998, 1999 con carta geologica allegata), negli anni 2000 con Searle et al. (2003) che propone una nuova sintesi cartografica a colori della zona del M. Everest. Recentemente, Waters et al. (2019) utilizzando il materiale raccolto dall'esploratore britannico L.R. Wager durante il tentativo di ascesa dell'Everest nel 1933, ed integrando i dati esistenti con nuove osservazioni, forniscono una panoramica aggiornata sull'architettura geologica dell'area.

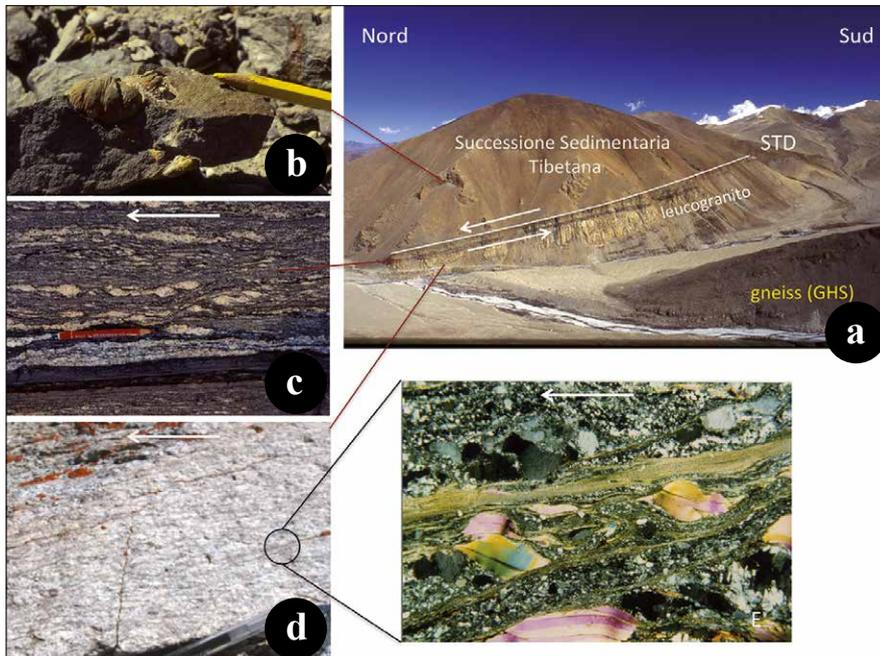
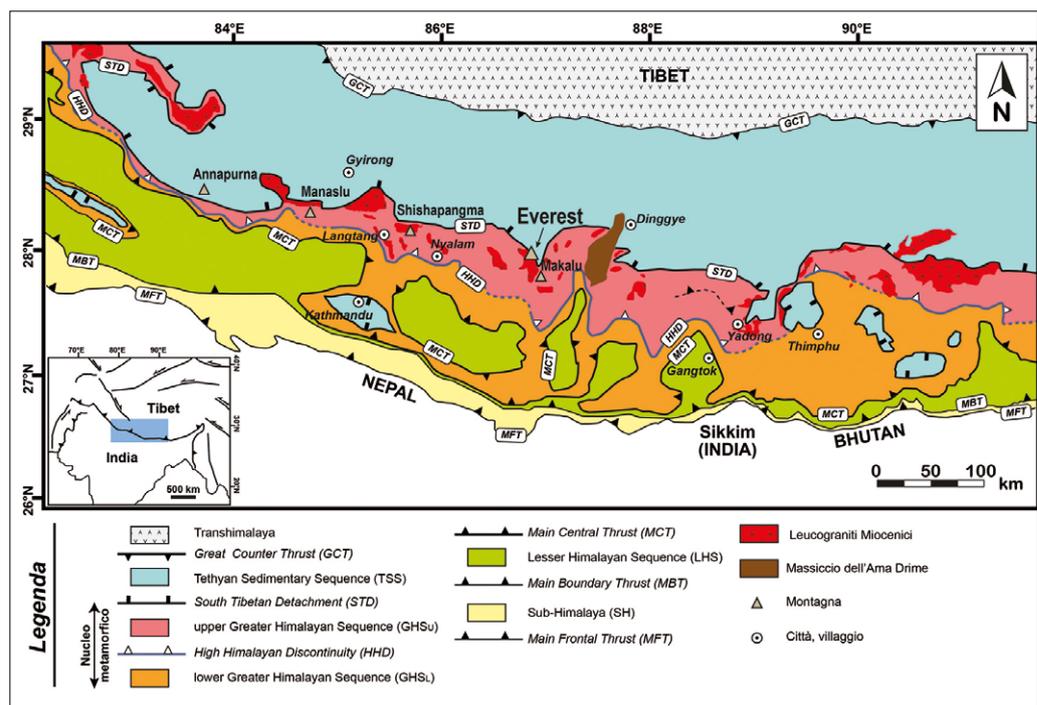


Fig. 4 - a Panoramica del *Detachment* (STD) nella bassa valle di Rongbuk che mette a contatto direttamente i sedimenti (peliti) della *Tethyan Sedimentary Sequence* con impronte di gusci di bivalvi (brachiopodi) dell'Ordoviciano; **b**) con le rocce metamorfiche di alto grado del *Greater Himalayan Sequence* (GHS) (gneiss a biotite e sillimanite); **c**) Le rocce del GHS sono intruse da leucograniti del Miocene; **d**) deformati dall'attività del *South Tibetan Detachment*. Le frecce bianche nelle foto indicano il senso di spostamento del *detachment* duttile (parte superiore verso Nord); **e**) foto al microscopio di una sezione sottile di leucogranito milonitico con evidenze di deformazione durante il movimento del STD. I minerali più grandi di colore giallo-rosso-azzurro sono miche con caratteristica forma asimmetrica (*mica-fish*) legata alla deformazione all'interno della zona di taglio.

Fig. 5 - Schema geologico della catena Himalayana con i maggiori insiemi di rocce con caratteristiche geologiche simili (unità tettoniche principali) e le maggiori strutture tettoniche che le dividono (es. *Main Central Thrust*, *South Tibetan Detachment* e *High Himalayan Discontinuity*) (Modificato da Carosi et al., 2019).



UNA FAGLIA NORMALE SULLA VETTA DEL M. EVEREST

Nella parte più alta dell'Everest, poche centinaia di metri al di sotto della vetta, affiorano rocce sedimentarie di ambiente marino costituite da calcari e siltiti dell'Ordoviciano (corrispondente a 450 Milioni di anni fa), appartenenti alla *Tethyan Sedimentary Sequence* che affiora tra il M. Everest e la valle dell'Indo. Tali sedimenti contengono fossili di organismi marini (Fig. 4). Queste rocce fossilifere passano in modo netto a sottostanti rocce metamorfiche come marmi, calcsilicati, metapeliti etc. Questo brusco passaggio avviene

tramite una faglia che inclina di pochi gradi (10-15°) verso Nord e che è conosciuta nella comunità internazionale come *South Tibetan Detachment* (STD) (Fig. 4). Si tratta di una struttura tettonica imponente, e di fatto è la faglia a basso angolo di inclinazione più estesa del mondo, che corre lungo tutta la catena Himalayana per oltre 2400 km (Fig. 3 e 5). È stata riconosciuta per la prima volta sul terreno da geologi francesi (Burg, 1983; Caby et al., 1983; bibliografia in Carosi et al., 1999). In particolare, J.P. Burg, durante la tesi

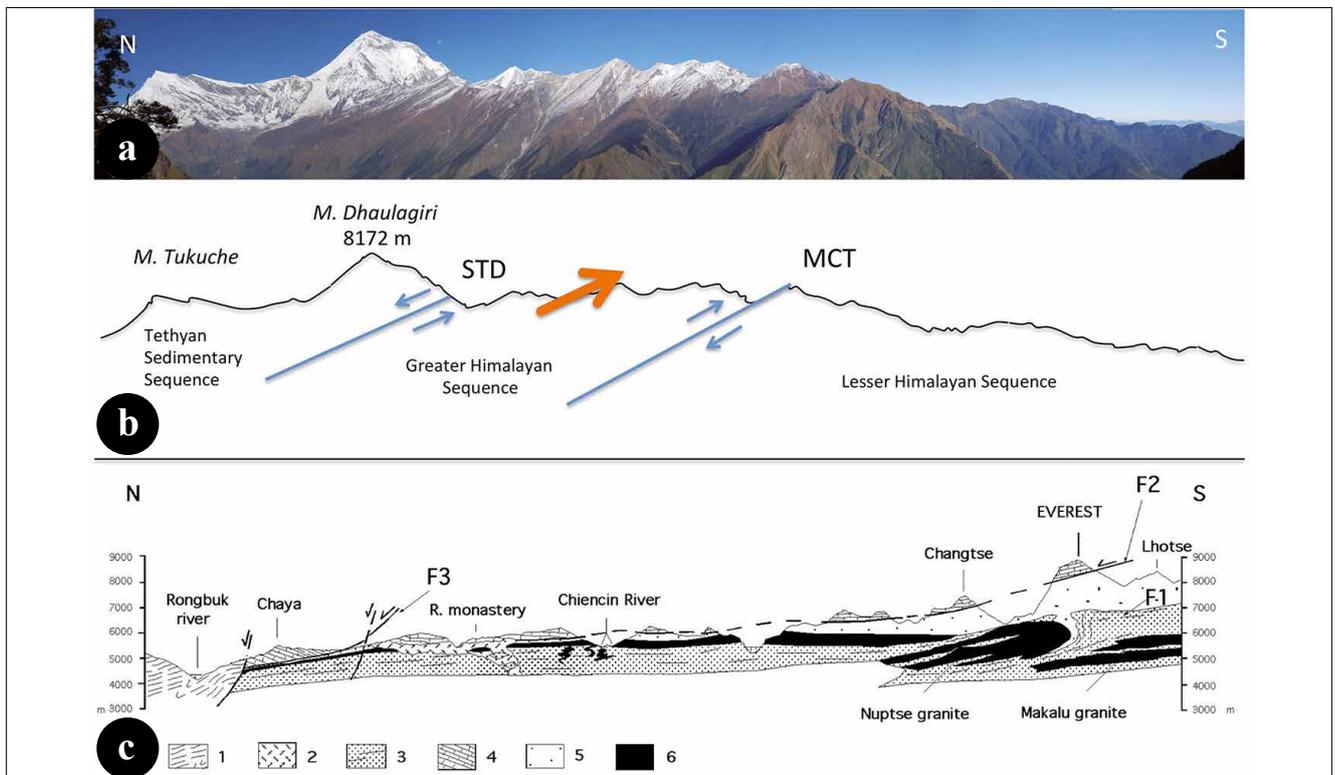


Fig. 6 - a) Foto panoramica del lato destro della valle del Kaligandaki (Nepal centrale) comprendente il M. Dhaulagiri (8172 m) e il M. Tukucho. In **b)**: *Main Central Thrust* ed il *South Tibetan Detachment*, che delimitano il *Greater Himalayan Sequence*. Le frecce indicano il movimento delle faglie. Le frecce al di sopra del MCT e al di sotto del STD sono concordanti e fanno quindi muovere il GHS verso l'alto e verso Sud. **c)** Sezione geologica dal M. Everest con le due strutture principali del *South Tibetan Detachment*: F1 - *Lhotse Detachment*, F2 - *Qomolangma Detachment*, F3 - faglie dirette ad alto angolo. 1: Sedimenti Permo-Carboniferi; 2: graniti Miocenici poco foliati; 3: scisti del GHS; 4: rocce sedimentarie Ordoviciane della *Tethyan Sedimentary Sequence*; 5: rocce metamorfiche di basso grado interposte tra le faglie F1 ed F3; 6: leucograniti Miocenici deformati. Modificato da Carosi et al. (1998).

di dottorato in Tibet meridionale, ha studiato questo contatto tettonico che era considerato in precedenza, nella letteratura cinese, una faglia inversa (Academia Sinica, 1979). Grazie al riconoscimento di strutture rotazionali asimmetriche (indicatori del senso di taglio, che cominciavano ad essere conosciuti dai geologi strutturali proprio alla fine degli anni settanta e all'inizio degli anni ottanta), come granuli o minerali più rigidi che hanno letteralmente "rotolato" all'interno delle rocce deformate (in modo concettualmente analogo ad una matita che rotola tra le mani che scorrono) a causa dello scivolamento relativo dei due compartimenti della faglia, Burg è riuscito a stabilire, con grande sorpresa della comunità scientifica, che il senso di movimento per il STD era invece quello di una faglia diretta o normale a basso angolo, al tempo di difficile spiegazione in un contesto di generale compressione come quello di una catena di collisione attiva. Gli studi successivi hanno dimostrato, tramite studi di geocronologia per determinare l'età della struttura, che il STD è contemporaneo e parallelo ad un'altra importante e ben nota struttura tettonica della catena Himalayana, la *Main Central Thrust* (MCT), che delimita alla base l'insieme di rocce metamorfiche della catena conosciuto come *Greater Himalayan Sequence* (GHS), ovvero il nucleo metamorfico Himalayano (Fig. 5 e 6).

Si è trattato di una vera e propria rivoluzione nella geologia degli orogeni: una struttura estensionale contemporanea e sulla

stessa verticale di una grande faglia inversa, attive mentre la catena si sta ancora formando ad opera delle forze compressive innescate dall'avvicinamento tra Asia e India. Questa struttura, il STD, è entrata prepotentemente nella letteratura geologica fino ai giorni nostri e ha avuto importantissime conseguenze nella formulazione di tutti i modelli geologici e tettonici dell'Himalaya e di altre catene di montagne antiche e recenti, e nei modelli che cercano di spiegare le modalità attraverso le quali le rocce più metamorfiche e più profonde, possano ritornare alla superficie fino ad innalzarsi di molti km oltre il livello del mare.

Gli studi dei ricercatori italiani delle Università di Torino e Pisa, storicamente focalizzati nella zona del M. Everest, hanno portato al riconoscimento di due strutture maggiori che formano il STD (Carosi et al., 1998): una zona di taglio inferiore duttile con sviluppo di miloniti (indicato in seguito come *Lhotse Detachment*, Searle et al., 2003) (Fig. 3) e una faglia superiore a basso angolo, con caratteristiche fragili (sviluppo di cataclasi), che taglia la vetta del M. Everest (indicata appunto come *Qomolangma Detachment*, Searle, 2003) (Fig. 3), il tutto ritagliato da faglie normali ad alto angolo (Fig. 4 e 6). Questa struttura è responsabile dello scivolamento delle rocce sedimentarie della Neo-Tetide (poste al di sopra del STD) verso Nord per distanze anche superiori ai 100 km!

COME FANNO LE ROCCE PIÙ PROFONDE A RISALIRE VERSO LA SUPERFICIE DELLA TERRA E OLTRE?



Fig. 7 - Allestimento di un campo in Tibet durante una spedizione geologica.

Il STD, come struttura, è risultata molto importante anche per spiegare il percorso verso la superficie terrestre, ed oltre, delle rocce più profonde dell'Himalaya, la loro fusione parziale durante il percorso di risalita e la formazione di intrusioni di numerosi corpi granitici dell'Oligo-Miocene (24-17 milioni di anni fa) localizzati nella parte più alta del nucleo metamorfico. La maggior parte dei modelli geologici, pensati dai geologi per spiegare la risalita di queste rocce profonde che sono state prima trasportate verso il basso durante le fasi di convergenza e collisione, si basa sull'assunto fondamentale dell'azione contemporanea del STD e del MCT, che agendo come due binari paralleli, hanno veicolato il movimento verso l'alto delle rocce più profonde per molti milioni di anni (Fig. 6 - A e B). Il modello tettonico più

famoso è quello del cosiddetto *channel flow*, dove un mega canale di rocce parzialmente fuse di dimensioni crostali, al di sotto del Tibet, si propaga lentamente verso l'India, risalendo verso la superficie grazie all'azione erosiva degli agenti climatici (come le piogge monsoniche attive da molti milioni di anni).



Fig. 8 - Campo notturno sulle morene del ghiacciaio Lhotse Shar (Khmubu, Nepal) davanti al M. Ama Dablam (6812 m).



Fig. 9 - Discesa dal passo Larke La (5160 m) lungo il circuito del M. Manaslu (8163 m, Nepal centrale).

Negli ultimi anni questo paradigma è stato messo in discussione da parte di geologi americani (Kohn, 2008) e da un *team* di geologi italiani (Carosi et al., 2007, 2010, 2019) che hanno riconosciuto, all'interno delle rocce metamorfiche che costituiscono il GHS, una zona dove la deformazione si concentra in maniera particolare e divide tutto il GHS in due parti ben distinte (una parte superiore e una parte inferiore; **Fig. 5**).

Studiare la deformazione nelle rocce metamorfiche, che hanno una lunga storia di deformazione e trasformazioni metamorfiche, non è affatto semplice. Infatti, questa struttura tettonica (zona di taglio) è stata individuata, cartografata e capita grazie all'integrazione di metodologie diverse che prevedono la mappatura della struttura direttamente sul terreno, lo studio delle strutture alla scala dell'affioramento e alla scala microscopica strettamente in congiunzione con la ricostruzione dei percorsi di pressione e temperatura registrati nelle rocce metamorfiche coinvolte e alla conoscenza del tempo (età) nel quale questi percorsi si sono sviluppati (Montomoli et al., 2013; 2015). Le età sono state ottenute applicando la modernissima "petrocronologia", una punta di diamante nelle tecniche della geologia grazie alla collaborazione con qualificati laboratori nazionali (CNR-Pavia) e i migliori laboratori esteri (Australia e USA). In

particolare, sono state usate tecniche di datazione U-Th-Pb *in situ* su cristalli di monazite, un fosfato di Terra Rare Leggere (LREEs), abbastanza diffuso nelle rocce metamorfiche e che rappresenta un cronometro molto affidabile. Le zonature chimiche, in particolare in Terre Rare (Ittrio e Torio) delle monaziti, hanno permesso di legare le varie età ottenute in diverse zone del cristallo a differenti fasi di evoluzione di pressione, temperatura e deformazione della roccia (approfondimento o risalita verso la superficie) ospite durante il suo peregrinare all'interno della litosfera terrestre, come una sorta di "GPS temporale" che marca il tempo durante il passaggio della roccia a varie profondità.

Grazie a pazienti studi compiuti anno dopo anno, con moltissime spedizioni sul terreno effettuate su tutto l'arco della catena Himalayana, dalle foreste tropicali fino alle aride e gelide zone di alta montagna (**Figg. 7, 8, 9 e 10**), siamo riusciti a dimostrare che questa struttura (denominata *High Himalayan Discontinuity*, HHD; Montomoli et al., 2015) si estende dal Sikkim-Bhutan (ad oriente), attraverso tutto il Nepal, fino all'India NW ad occidente per oltre 1500 km (Carosi et al., 2018; Benetti et al., 2021) (**Fig. 5**). Si tratta di una mega struttura, almeno 300 km più lunga dell'Italia, che divide in due parti il nucleo metamorfico dell'Himalaya, che ha agito in un periodo di tempo compreso tra circa 28 e 17



Fig. 10 - Tramonto sul versante Nord del M. Annapurna (8091 m, Nepal centrale). È visibile la stratificazione della *Tethyan Sedimentary Sequence* inclinata verso Nord a causa di mega-pieghe rovesciate verso Nord.

milioni di anni fa. Lo scorrimento lento e continuo di questa zona di taglio, protrattosi per così tanto tempo, ha finito per influenzare e modificare i percorsi di pressione e temperature (condizioni metamorfiche) delle rocce al di sopra e al di sotto. Mentre la zona di taglio era attiva, proprio per la cinematica della zona stessa, le rocce al di sotto di essa continuavano ad essere trasportate sempre più in profondità, mentre le rocce al di sopra cessavano di essere portate in profondità e iniziavano, finalmente, il loro percorso di risalita verso la superficie, guidato e controllato dalla zona di taglio stessa (HHD).

Il quadro geologico che ne deriva è più articolato di quanto ritenuto inizialmente e prevede delle fasi di ispessimento verticale del cuneo orogenico himalayano (si può immaginare come il cuneo di terra davanti ad una ruspa che avanza), avvenute in periodi ben precisi dopo l'inizio della collisione, ad opera di zone di taglio profonde e con movimento inverso (come quella riconosciuta di recente all'interno del GHS). A parità di forze in gioco la geometria dell'intero cuneo orogenico è ben definita e stabile. Le zone di taglio profonde modificano la geometria del cuneo (lo fanno diventare più spesso) e quindi lo rendono instabile: il cuneo non è più in equilibrio con le forze in gioco e tende quindi a modificarsi. A questa fase di ispessimento del cuneo seguono fasi di

attività del STD che, agendo come faglia diretta fa scivolare e spostare ingenti volumi di crosta verso il basso e verso Nord, riportando lo spessore dell'imponente cuneo orogenico Himalayano a quello in equilibrio con le forze in gioco. Possiamo dire che, in definitiva, il STD aiuta a modellare la catena mentre si accresce e si propaga verso Sud.

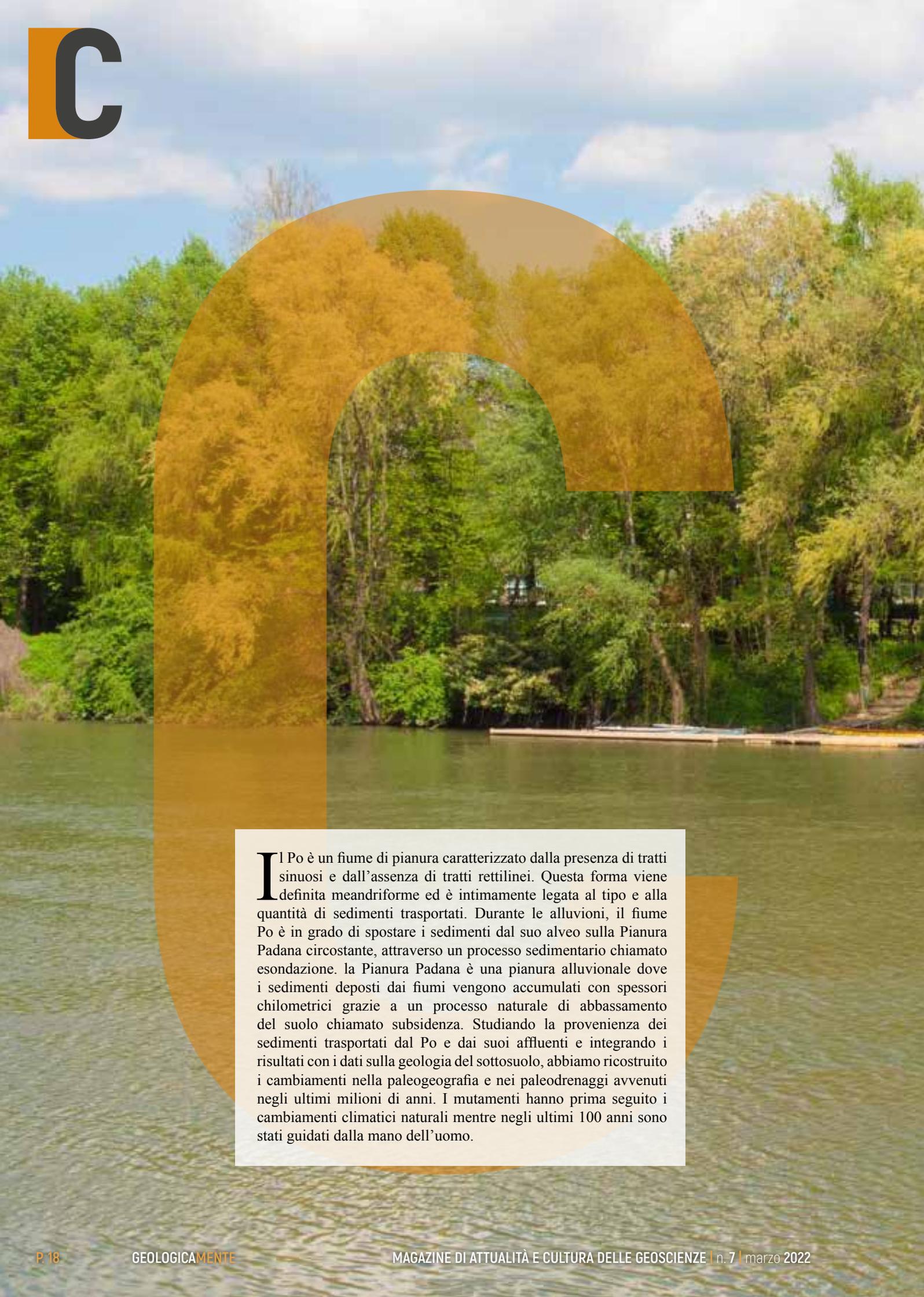
Quindi l'esumazione del nucleo metamorfico dell'Himalaya non avviene semplicemente come un unico flusso di rocce parzialmente fuse (*channel flow*), ma piuttosto avviene tramite deformazione che via via si concentra in fasce preferenziali con attivazione di diverse zone di taglio inverse progressivamente sempre più giovani andando verso la pianura indo-gangetica. La catena si sposta verso Sud e incorpora progressivamente porzioni "intatte" della crosta indiana che entrano così a far parte dell'orogene himalayano. Ad ulteriore riprova di questo sono anche le recentissime datazioni con metodo Ar/Ar sulle miche presenti nelle miloniti del MCT che mostrano che il MCT superiore è più antico del MCT inferiore (Montemagni et al., 2020). L'approccio di carattere multidisciplinare è stato efficace nell'ottenere età precise Ar/Ar su campioni scelti nella parte superiore e nella parte inferiore del MCT, in India NW, che risultano attive in tempi diversi, confermando la propagazione delle strutture (faglie) verso Sud.



La formulazione della teoria della Tettonica delle Placche negli anni '60 del 1900 è stata una delle più importanti rivoluzioni nelle Scienze della Terra e ha spiegato in modo molto convincente come le rocce, sia degli oceani che dei continenti, vengano portate a notevoli profondità all'interno della Terra. La discussione, tutt'ora aperta, riguarda invece i meccanismi geologici che riportano queste rocce alla superficie, specialmente quando le catene orogeniche sono ancora in crescita, in fase di formazione con forze compressive attive e con tempistiche talvolta sorprendentemente veloci. Gli studi sono ancora in corso perché, nonostante la catena Himalayana sia una delle catene più studiate al mondo, in quanto rappresenta un eccezionale laboratorio naturale di ricerca geologica con esposizioni magnifiche delle strutture cristalline, molte aree sono ancora poco conosciute e numerose problematiche sono ancora aperte. Il processo della conoscenza da una parte risolve, piano piano ed almeno parzialmente, le questioni aperte e dall'altro lato, inevitabilmente pone nuovi problemi ai quali occorre dare risposta, aprendo nuovi scenari di conoscenza.

BIBLIOGRAFIA

- Aramaki S. & Akimoto S. (1957).** *Temperature estimation of pyroclastic deposits by natural remanent magnetism.* Am. J. S., 255, 619-627.
- Butler R.F. (2004).** *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geological Terranes.* Electronic Edition, September 2004
- Benetti B., Montomoli C., Iaccarino S., Langone A. & Carosi R. (2021).** *Mapping tectono-metamorphic discontinuities in orogenic belts: implications for mid-crust exhumation in NW Himalaya.* Lithos, 392, 106129.
- Brunel M. & Kienast J.R. (1986).** *Étude pétro-structurale des chevauchements ductiles himalayens sur la transversale de l'Everest-Makalu (Népal oriental).* Canadian Journal of Earth Sciences, 23(8), 1117-1137.
- Burchfiel B.C., Chen Z., Hodges K.V., Liu Y., Royden L.H., Deng C. & Xu J. (1992).** *The South Tibetan Detachment System, Himalayan Orogen.* Geological Society of America Special Paper, 269 (41 pp.).
- Carosi R., Lombardo B., Musumeci G. & Pertusati P.C. (1999).** *Geology of the Higher Himalayan Crystallines in Khumbu Himal (Eastern Nepal).* Journal of Asian Earth Sciences, 17, 785-803.
- Carosi R., Lombardo B., Molli G., Musumeci G. & Pertusati P.C. (1998).** *The South Tibetan detachment system in the Rongbuk valley, Everest Region. Deformation features and geological implication.* Journal of Asian Earth Sciences, 16, 299-311.
- Carosi R., Montomoli C. & Visonà D. (2007).** *A structural transect in the Lower Dolpo: Insights on the tectonic evolution of Western Nepal.* Journal of Asian Earth Sciences, 29, 407-423.
- Carosi R., Montomoli C. & Iaccarino S. (2018).** *20 years of geological mapping of the metamorphic core across Central and Eastern Himalayas.* Earth-Science Reviews, 177, 124-138.
- Carosi R., Montomoli C., Iaccarino S. & Visonà D. (2019).** *Structural evolution, metamorphism and melting in the Greater Himalayan Sequence in central-western Nepal.* Geological Society, London, Special Publications, 483, 305-323.
- Carosi R., Montomoli C., Rubatto D. & Visonà D. (2010).** *Late Oligocene high-temperature shear zones in the core of the Higher Himalayan Crystallines (Lower Dolpo, western Nepal).* Tectonics, 29, TC4029.
- Hubbard M.S. (1989).** *Thermobarometric constraints on the thermal history of the Main Central Thrust Zone and Tibetan Slab, eastern Nepal Himalaya.* Journal of Metamorphic Geology, 7, 19-30.
- Kohn M.J. (2008).** *P-T-t data from Nepal support critical taper and repudiate large channel flow of the Greater Himalayan Sequence.* Geological Society of America Bulletin, 120, 259-273.
- Lombardo B., Pertusati P.C. & Borghi S. (1993).** *Geology and tectonomagmatic evolution of the eastern Himalaya along Chomolungma-Makalu transect.* Geological Society of London Special Publications, 74, 341-355.
- Montemagni C., Carosi R., Fusi N., Iaccarino S., Montomoli C., Villa I.M. & Zanchetta S. (2020).** *Three-dimensional vorticity and time-constrained evolution of the Main Central Thrust zone, Garhwal Himalaya (NW India).* Terra Nova, 32, 215-224.
- Montomoli C., Carosi R. & Iaccarino S. (2015).** *Tectonometamorphic discontinuities in the Greater Himalayan Sequence: a local or a regional feature?* Geological Society of London Special Publication, 412, 21-41.
- Montomoli C., Iaccarino S., Carosi R., Langone A. & Visonà D. (2013).** *Tectonometamorphic discontinuities within the Greater Himalayan Sequence in Western Nepal (Central Himalaya): Insights on the exhumation of crystalline rocks.* Tectonophysics, 608, 1349-1370.
- Pognante U. & Benna P. (1993).** *Metamorphic zonation, migmatization, and leucogranites along the Everest transect of Eastern Nepal and Tibet: record of an exhumation history.* Geological Society of London, Special Publications, 74, 328-334.
- Polino R. (1983).** *Geological map of the Upper Imja Khola (Mt Everest region, eastern Nepal).* Scale 1:25,000, S.E.L.C.A. Firenze, Italy.
- Searle M.P., Simpson R.L., Law R.D., Parrish R.R. & Waters D.J. (2003).** *The structural geometry, metamorphic and magmatic evolution of the Everest massif, High Himalaya of Nepal-South Tibet.* Journal of the Geological Society, 160, 345-366.
- Waters D.J., Law R.D., Searle M.P. & Jessup M.J. (2019).** *Structural and thermal evolution of the South Tibetan Detachment shear zone in the Mt Everest region, from the 1933 sample collection of LR Wager.* Geological Society, London, Special Publications, 478, 335-372.



Il Po è un fiume di pianura caratterizzato dalla presenza di tratti sinuosi e dall'assenza di tratti rettilinei. Questa forma viene definita meandriforme ed è intimamente legata al tipo e alla quantità di sedimenti trasportati. Durante le alluvioni, il fiume Po è in grado di spostare i sedimenti dal suo alveo sulla Pianura Padana circostante, attraverso un processo sedimentario chiamato esondazione. La Pianura Padana è una pianura alluvionale dove i sedimenti depositi dai fiumi vengono accumulati con spessori chilometrici grazie a un processo naturale di abbassamento del suolo chiamato subsidenza. Studiando la provenienza dei sedimenti trasportati dal Po e dai suoi affluenti e integrando i risultati con i dati sulla geologia del sottosuolo, abbiamo ricostruito i cambiamenti nella paleogeografia e nei paleodrenaggi avvenuti negli ultimi milioni di anni. I mutamenti hanno prima seguito i cambiamenti climatici naturali mentre negli ultimi 100 anni sono stati guidati dalla mano dell'uomo.



IL FIUME PO

*i suoi sedimenti
e la pianura Padana*

a cura di **Giovanni Vezzoli**



Keywords

Provenienza
Sedimenti
Fiume Po
Pianura Padana

“
Un fiume
che corre dritto verso il mare
dà assai poco al mondo
”

Morimondo, Paolo Rumiz

Fin dalla scuola primaria, quando la maestra ci parlava della Pianura Padana, rimanevo affascinato dalla forma del fiume Po sulla carta geografica. Sembrava davvero di osservare dal cielo, come scriveva Joseph Conrad in “*Cuore di Tenebra*” del fiume Congo in Africa, un grande serpente che aveva la sua testa nel mar Adriatico (**Fig. 1**). Molti anni dopo, ritrovandomi a studiare i fiumi della Terra e i loro sedimenti, ho compreso che l’andamento curvilineo del Po è tipico di tutti i grandi fiumi che attraversano le pianure della Terra (per es. Mississippi, Rio delle Amazzoni, Gange, Fiume Giallo). Questa forma, caratterizzata dall’assenza di lunghi tratti rettilinei e dalla presenza di frequenti tratti sinuosi con inversioni di curvatura, viene definita meandriforme ed è intimamente correlata al tipo e alla quantità di sedimenti trasportati (Einstein, 1950; Schumm, 1960). In un fiume, infatti, i sedimenti possono essere trasportati in tre modi differenti (**Fig. 2**). Sul fondo del canale, dove si muovono i detriti più grossolani come la sabbia e la ghiaia. In sospensione, dove invece viaggiano i sedimenti più fini come il fango. Infine, sotto forma di ioni in soluzione, che derivano dall’alterazione chimica delle rocce presenti nel bacino idrografico. La somma di questi tre fattori definisce il trasporto solido totale. I fiumi a meandro, come il Po, sono caratterizzati da un prevalente trasporto di sedimenti fini in sospensione con una parte minore di detriti trasportata invece sul fondo. Bisogna anche specificare che, durante la maggior parte dell’anno, i sedimenti del Po vengono trasportati



Fig. 1 - La Pianura Padana con il fiume Po. I sondaggi di Cilavegna (Pv; stella blu) e Pianengo (Cr; stella gialla - immagine Google Earth).

IL FIUME PO

i suoi sedimenti e la pianura Padana



Fig. 2 - Strutture sedimentarie (*Ripple Marks*) formate dal movimento e dalla deposizione della sabbia trasportata sul fondo dal fiume Po.

quasi esclusivamente in sospensione e all'interno del suo alveo. Prevalentemente in autunno, con l'aumento dell'energia delle acque del fiume a causa delle abbondanti piogge, il Po è in grado di far muovere i sedimenti sul fondo del suo canale e in alcuni casi di spostarli sulla Pianura Padana circostante

attraverso un processo sedimentario chiamato esondazione. In queste occasioni il fiume può abbandonare il suo vecchio corso sinuoso e crearne uno nuovo, con nuovi meandri e con una nuova direzione (**Fig. 3**). In tempi recenti, la più famosa e drammatica esondazione del fiume Po è avvenuta nel 1951 con l'allagamento del Polesine, una vasta porzione della pianura Padana situata intorno a Rovigo (Veneto). Seppur tragico nei suoi effetti sulla popolazione e sulle opere dell'uomo, il processo di esondazione (e di abbandono e creazione di nuovi meandri) è un processo naturale tipico del fiume Po e di tutti i fiumi a meandro della Terra e ha permesso fisicamente di costruire la Pianura Padana così come la conosciamo oggi. Il bacino idrografico del fiume Po è infatti

dal punto di vista geologico una pianura alluvionale, un'area della Terra cioè dove i sedimenti depositi dai fiumi vengono accumulati con spessori chilometrici grazie a un processo naturale di abbassamento del suolo chiamato subsidenza che tende a creare una depressione. Negli ultimi 1,5 milioni di anni circa, la subsidenza della Pianura Padana ha creato uno spazio profondo alcuni chilometri che è stato gradualmente colmato dalle argille, sabbie e ghiaie trasportate dal fiume Po e dai suoi affluenti e depositate sulla pianura durante le

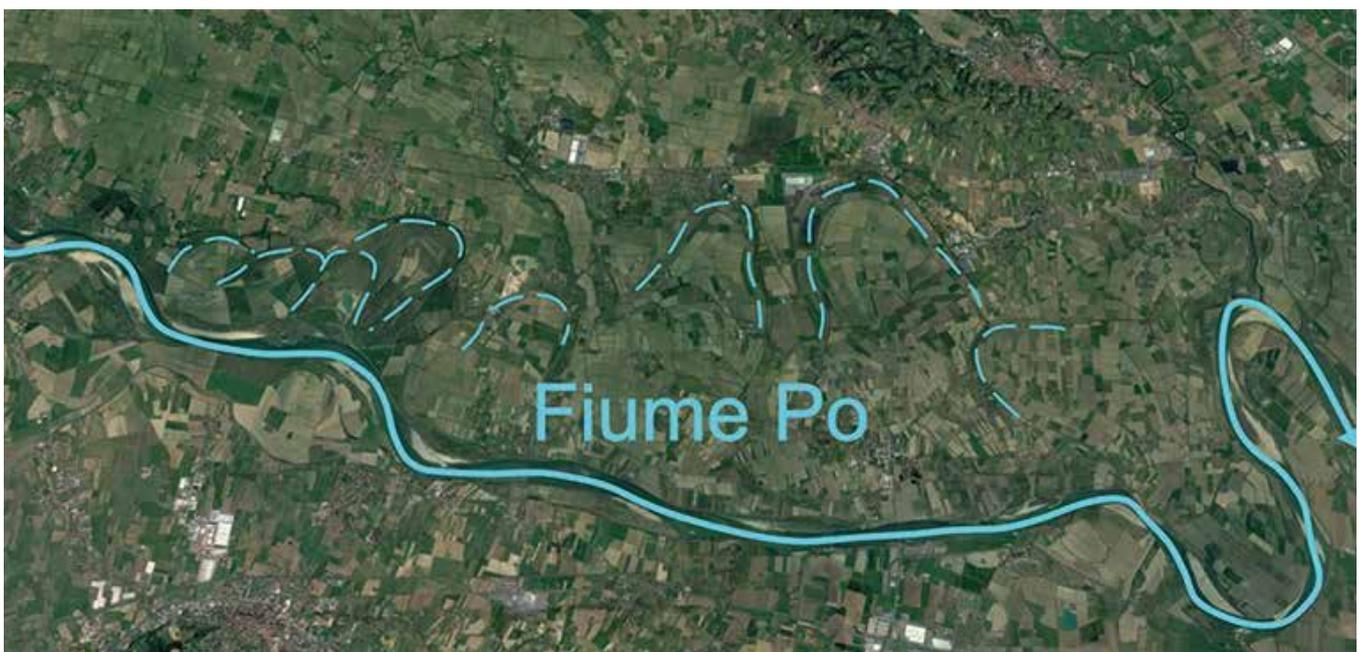


Fig. 3 - Meandri abbandonati del fiume Po in provincia di Pavia (tratteggio azzurro) in seguito ai diversi eventi alluvionali degli ultimi secoli (immagine Google Earth).

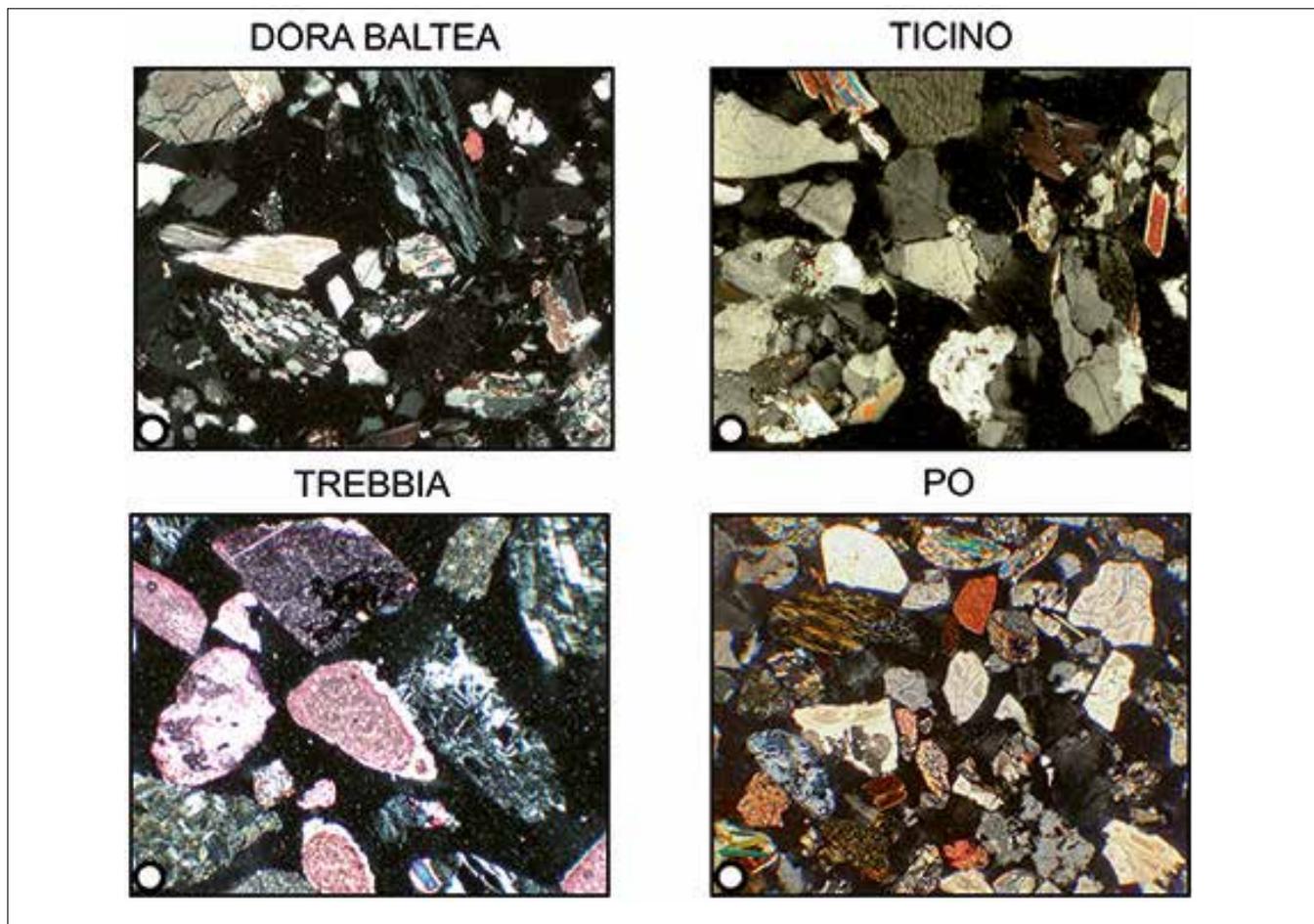


Fig. 4 - Caratteristiche mineralogiche dei sedimenti fluviali attuali dei fiumi Dora Baltea, Ticino, Trebbia e Po. Foto al microscopio polarizzatore a nicoli incrociati (diametro del cerchio bianco 0,062 mm).

loro periodiche esondazioni. Se la sedimentazione fluviale non avesse compensato la subsidenza, oggi la Pianura Padana sarebbe un'enorme depressione marina (Carminati et al., 2006). Attraverso lo studio di provenienza dei sedimenti fluviali trasportati dal fiume Po e dai suoi affluenti (Garzanti et al., 2004, 2006), insieme ai dati sulla geologia del sottosuolo della Pianura Padana raccolti sin dal 1950 (Pieri & Groppi, 1981; Regione Emilia-Romagna ed ENI-Agip, 1998; Regione Lombardia ed ENI-Agip, 2002; Scardia et al., 2006, 2012) il gruppo di ricerca di cui faccio parte (Centro Provenance, Università di Milano-Bicocca) ha potuto ricostruire i cambiamenti nella geografia e nel drenaggio della Pianura Padana negli ultimi milioni di anni (Garzanti et al., 2011). I sedimenti fluviali trasportati dai fiumi sono infatti delle miscele complesse di singoli minerali e frammenti di roccia che sono stati erosi dalle diverse unità geologiche che formano la catena Alpina e Appenninica. Ogni singolo granello trasportato dal fiume Po e dai suoi affluenti porta quindi con sé l'impronta digitale della roccia (e quindi della valle) da cui è stato eroso. Se osserviamo la **Fig. 4** vedremo che per esempio le sabbie trasportate oggi dalla Dora Baltea sono ricche di frammenti di roccia che provengono da rocce ultramafiche, granitiche e metamorfiche. I sedimenti del fiume

Ticino sono invece caratterizzati dall'abbondanza di minerali come quarzo, feldspati e anfiboli. Le sabbie del fiume Trebbia sono ricche di frammenti di roccia che derivano da rocce metamorfiche ultramafiche e da rocce carbonatiche (granuli rossi). Tutti questi sedimenti contribuiscono a formare il trasporto solido del fiume Po che è quindi caratterizzato da una miscela di minerali e frammenti di roccia provenienti da tutto l'arco alpino e appenninico.

Confrontando le caratteristiche mineralogiche dei sedimenti prelevati nel sottosuolo della Pianura Padana (per es. i sedimenti prelevati nei sondaggi di Cilavegna e Pianengo; **Fig. 5**) con i sedimenti trasportati oggi dagli affluenti del fiume Po è stato quindi possibile ricostruire l'evoluzione della pianura stessa (**Fig. 5**). Questi mutamenti hanno dapprima seguito i cambiamenti climatici naturali legati ai periodici avanzamenti e ritiri dei ghiacciai durante le ere glaciali mentre, negli ultimi 100 anni, sono stati guidati dalla mano dell'uomo.

La nostra storia inizia all'incirca 5 milioni di anni fa (Pliocene) quando, dopo la fine della "crisi di salinità messiniana" (per es. Cita & Corselli, 1993) il bacino del Po era un golfo marino che separava le Alpi dagli Appennini. Con l'inizio del Pleistocene (circa 2,6 milioni di anni fa) partendo dalle zone

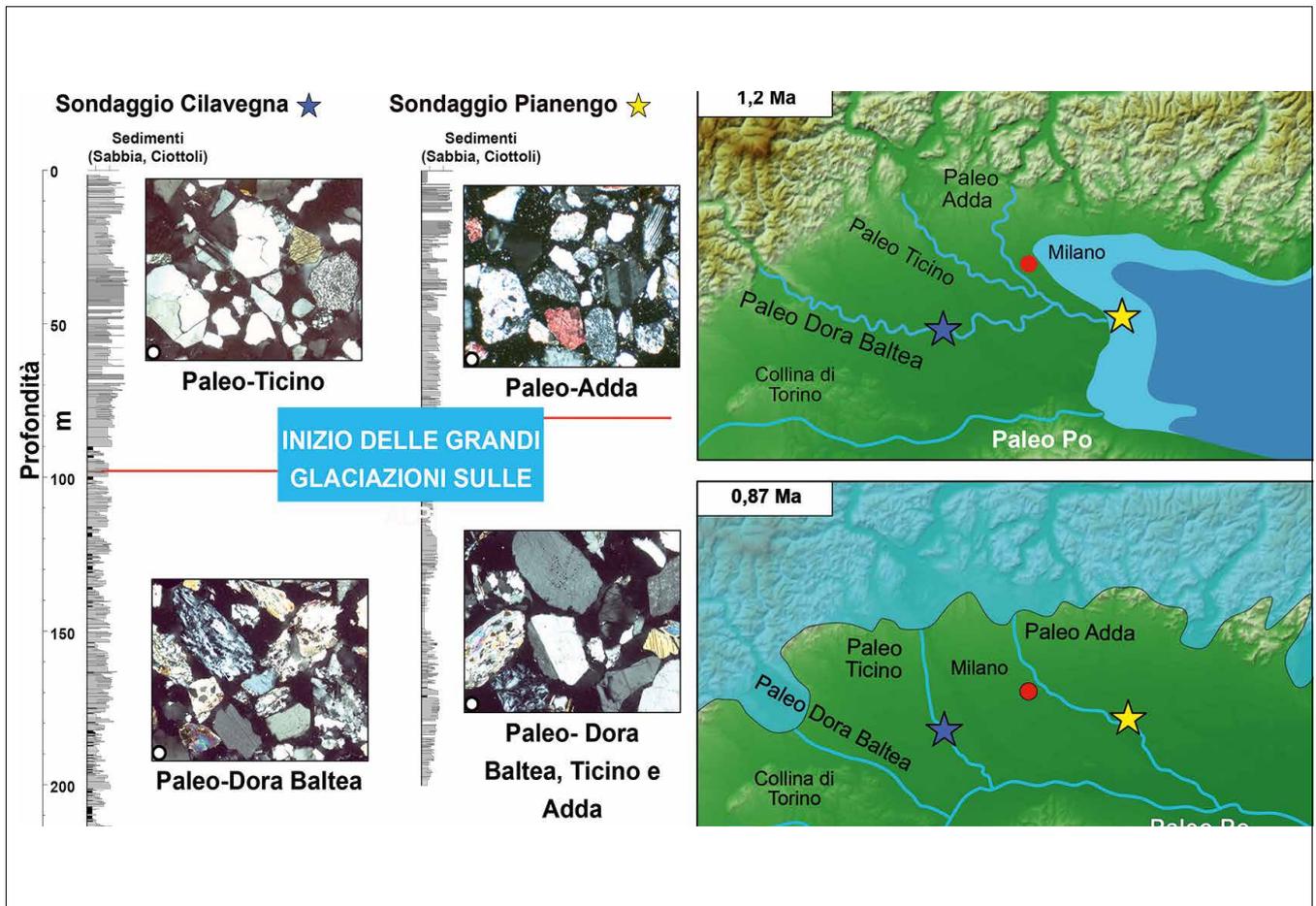


Fig. 5 - A sinistra I sedimenti dei sondaggi di Cilavegna e Pianengo prima e dopo l’inizio delle grandi glaciazioni alpine. Foto al microscopio polarizzatore a nicol incrociati (diametro del cerchio bianco 0,062 mm). A destra - Paleogeografia della Pianura Padana tra 1,2 e 0,87 milioni d’anni fa. Aree marine costiere in azzurro e profonde in blu scuro. La zona di espansione dei ghiacciai (azzurro chiaro) è solo indicativa.

della Pianura Padana occidentale, incominciò la transizione da un ambiente sedimentario marino a uno fluviale. Il bacino del fiume Po venne progressivamente riempito nel tempo da ovest verso est dai detriti erosi in particolare sulla catena alpina.

Se ci fossimo trovati nei dintorni della località di Cilavegna, circa 1,2 milioni di anni fa, avremmo visto un grande fiume a meandro che scendeva dalle Alpi Occidentali che trasportava sedimenti sabbiosi formati principalmente da frammenti di roccia granitici, metamorfici e ultramafici provenienti dal Massiccio del Monte Bianco e dalla Valle d’Aosta (**Fig. 5**). Questo fiume, chiamato paleo-Dora Baltea, aveva come affluenti principali altri due grandi fiumi sinuosi che scendevano dalle Alpi Centrali chiamati Paleo-Ticino e Paleo-Adda (che a quel tempo passava nei dintorni di Como e non a Lecco come oggi; **Fig. 5**). La Paleo-Dora Baltea sfociava quindi in mare intorno alla località di Pianengo (a nord dell’attuale città di Cremona) e costruiva il suo delta principalmente con l’insieme dei sedimenti trasportati dai grandi fiumi alpini (Paleo-Ticino e Paleo-Adda). Questi sedimenti erano ricchi in minerali quali quarzo, feldspati, anfibioli e epidoti (**Fig. 5**). Il mare aperto si trovava nei dintorni della attuale città di Brescia (**Fig. 5**). In questo

momento il fiume Po non era presente in questa zona della pianura ma scorreva a sud della Collina di Torino e sfociava nel mar Adriatico molto più a sud di oggi.

Con l’inizio delle grandi glaciazioni alpine del Pleistocene (870.000 anni fa; Muttoni et al., 2003) il mondo della Pianura Padana cambiò completamente: il trasporto e la sedimentazione dei detriti non fu più legato a grandi fiumi sinuosi ma a fiumi impetuosi, con andamento quasi rettilineo e formati da alvei molto ampi, dove all’interno si trovano molti canali che continuamente cambiavano di direzione, intrecciandosi l’un l’altro (fiumi Braided). Questi fiumi, che scendevano dalle Alpi alimentati dalle acque di fusione dei ghiacciai durante i periodi interglaciali, trasportavano grandi quantità di ghiaie e sabbie che si riversarono sulla Pianura Padana. A Cilavegna, il corso della paleo-Dora Baltea venne letteralmente spostato verso sud fino a congiungersi con il fiume Po e al suo posto arrivò il paleo-Ticino (**Fig. 5**). Il cambio di composizione nel sondaggio di Cilavegna (**Fig. 5**) mostra infatti sedimenti ricchi di quarzo, feldspati e anfibioli tipici della zona delle Alpi Centrali drenata oggi dal fiume Ticino. La grande quantità di sedimenti trasportati accelerò il riempimento della Pianura Padana e il mare regredì via via fino nei dintorni di Venezia. A Pianengo l’ambiente sedimentario cambiò completamente.



Fig. 6 - Lo sbarramento artificiale e la centrale idroelettrica di Isola Serafini (Cr). La centrale è stata realizzata in seguito al taglio di meandro del fiume Po avvenuto nel corso dell'alluvione del 1951 (immagine Google Earth).

Il delta e la costa lasciarono spazio alla pianura alluvionale dove ora passava il fiume paleo-Adda (**Fig. 5**). Nel sondaggio di Pianengo questo passaggio è caratterizzato da sedimenti ricchi di frammenti di rocce carbonatiche che indicano il contributo da parte delle unità rocciose sedimentarie presenti nella fascia sudalpina tra Como e Bergamo (**Fig. 5**). L'ultimo grande mutamento naturale è avvenuto circa 22.000 anni fa durante l'ultimo massimo glaciale (LGM, *Last Glacial Maximum*). A quel tempo il livello del mare era circa 100 m più basso e il bacino del fiume Po era vasto il doppio di quello attuale (circa 140.000 km² contro i 74.000 km² di oggi). Il fiume aveva una lunghezza di 1.300 km e sfociava nel mar Adriatico tra Ancona e Pescara.

Negli ultimi 100 anni invece, il fattore umano è diventato l'agente dominante nell'evoluzione del fiume Po e della sua pianura. Soprattutto dagli anni 50' del secolo scorso (durante

il cosiddetto "miracolo economico italiano") l'impatto dell'uomo sui sistemi naturali è andato via via aumentando. L'incremento dei prelievi idrici sotterranei ha portato ad un aumento della subsidenza. La costruzione di dighe sull'arco alpino – appenninico e la centrale di Isola Serafini sul fiume Po (**Fig. 6**), associata all'estrazione dei sedimenti prelevati in alveo, ha diminuito di circa 1/3 i sedimenti fluviali trasportati. Infine, la stabilizzazione del reticolo idrografico attraverso la canalizzazione del fiume Po e dei suoi affluenti ha interrotto il processo che permetteva loro di divagare all'interno delle Pianura Padana.

Come abbiamo visto esiste quindi un legame indissolubile tra il fiume Po e la Pianura Padana. Questo legame è molto delicato e soprattutto dinamico e noi dovremmo essere molto bravi in futuro a tutelarlo e a gestirlo anche alla luce dei cambiamenti climatici in atto.

BIBLIOGRAFIA

Carminati E., Doglioni C. & Scrocca D. (2006). *I fragili equilibri della Pianura Padana*. Le Scienze, 450.

Cita M. B. & Corselli C. (1993). *Messiniano: vent'anni dopo*. Memorie della Società Geologica Italiana, 49, 145-164.

Einstein H. A. (1950). *The bed-load function for sediment transportation in open channel flows*. Washington DC: US Department of Agriculture, Vol. 1026.

Garzanti E., Vezzoli G., Lombardo B., Andò S., Mauri E., Monguzzi S. & Russo M. (2004). *Collision-Orogen Provenance (Western Alps): Detrital Signatures and Unroofing Trends*. The journal of geology, 112, 2, 145-164.

Garzanti E., Andò S. & Vezzoli G. (2006). *The continental crust as a source of sand (Southern Alps cross section, northern Italy)*. The journal of geology, 114, 5, 533-554.

Garzanti E., Vezzoli G. & Andò S. (2011). *Paleogeographic and paleodrainage changes during Pleistocene glaciations (Po Plain, northern Italy)*. Earth Science Reviews, 105, 1, 25-48.

Muttoni G., Carcano C., Garzanti E., Ghielmi M., Piccin A., Pini R., Rogledi S. & Sciunnach D. (2003). *Onset of major Pleistocene glaciations in the Alps*. Geology, 31, 989-992.

Pieri M. & Groppi G. (1981). *Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy*. Progetto Finalizzato Geodin., 414, 1-13.

Regione Emilia-Romagna, ENI-Agip (1998). *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. In: Di Dio, G. (Ed.), Società Elaborazioni Cartografiche, Firenze. 119 pp.

Regione Lombardia, ENI-Agip (2002). *Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia*. In: Carcano, C., Piccin, A. (Eds.), Società Elaborazioni Cartografiche, Firenze. 130 pp.

Scardia G., Muttoni G. & Sciunnach, D. (2006). *Subsurface magnetostratigraphy of Pleistocene sediments from the Po Plain (Italy): constraints on rates of sedimentation and rock uplift*. Geol. Soc. Am. Bull., 118, 1299-1312.

Scardia G., De Franco R., Muttoni G., Rogledi S., Caielli G., Carcano C., Sciunnach D. & Piccin, A. (2012). *Stratigraphic evidence of a Middle Pleistocene climate-driven flexural uplift in the Alps*. Tectonics, 31.

Schumm S. A. (1960). *The shape of alluvial channels in relation to sediment type*. US Government Printing Office.

SPUNTI PER LA DIDATTICA

Il fiume Po, i suoi sedimenti e la Pianura Padana. G. Vezzoli
La lettura dell'articolo che analizza con chiarezza l'evoluzione idrografica e morfologica dei fiumi della Pianura Padana, anche in relazione alle caratteristiche dei materiali, dimensione e petrografia dei ciottoli e che venivano e vengono trasportati durante le alluvioni, offre numerosi spunti didattici, sia strettamente in ambito geologico-geomorfologico, che geografico, e permette al docente numerosi ed originali collegamenti ambientali, ma anche storici e culturali.

Le due foto satellitari rappresentano il Delta del Po rispettivamente l'8 e il 28 ottobre 2000; a seguito delle alluvioni che tra il 13 e il 17 hanno devastato il Nord Ovest d'Italia. Il pennacchio di sedimenti e l'azione delle correnti costiere sono ben visibili nella seconda immagine.

Questi fenomeni sono ricorrenti e hanno prodotto una profonda modifica della linea di costa anche in tempi storici: ne è un esempio il porto di Spina, porto Etrusco fondato verso il 530 a.C. lungo un ramo antico del Po. Il porto che all'epoca della sua fondazione si trovava alla foce del Delta, oggi dista circa 12 km dal mare.

► <https://comune.comacchio.fe.it/contenuti/326056/antica-citta-spina>

La stessa sorte hanno subito altri importanti porti, come quelli di Ostia e Pisa, il cui progressivo allontanamento dal mare ha favorito la crescita e la ricchezza di altre città costiere.

È in corrispondenza di questa fascia che i monaci Cistercensi nel lontano 1200, hanno sviluppato la pratica delle marcite, grandi distese di prati coltivati anche nel periodo invernale, che hanno permesso agli agricoltori il sostentamento del bestiame per secoli: l'acqua, proveniente dalle risorgive veniva fatta scorrere sulla superficie dell'erba, su terreni caratterizzati da una leggera pendenza. Grazie alla temperatura costante dell'acqua delle risorgive anche in inverno il terreno non gelava mai e il foraggio si poteva coltivare in ogni stagione.

Il trasporto solido del Fiume Po e dei suoi affluenti non solo ha colmato la Pianura Padana, ma trasforma di anno in anno il suo Delta che, in un mare "interno" come il Mare Adriatico non subisce il modellamento da parte delle correnti e si spinge sempre più oltre la linea di costa.

Che un evento geologico possa condizionare la storia, la cultura e l'economia è un fatto più frequente di quanto si immagini; lo stesso è accaduto per la formazione della Pianura Padana ad opera del Po e dei suoi affluenti. Nella Pianura Padana, si possono individuare due zone molto diverse tra di loro: l'alta pianura e la bassa pianura. L'alta pianura, dove la capacità di trasporto dei fiumi è elevata, è caratterizzata da depositi alluvionali con costituiti da ciottoli grossolani e ghiaia sciolta ad elevata permeabilità. La bassa pianura è caratterizzata da detriti più fini, argilla, limi, ghiaie fini e sabbia. La diversa permeabilità di questi materiali costituisce un ostacolo al deflusso delle acque sotterranee; la falda emerge dando origine alle risorgive, i cosiddetti "fontanili".

Possono essere supporti utili:

- per ricostruire gli eventi della alluvione del Polesine del 1950
<https://youtu.be/6emhDgtuJ4g>
- ma anche per scoprire anche la ricchezza ambientale naturalistica del Delta del Po
<https://www.youtube.com/watch?v=I4Q7RVCrDLI>
(Parco Delta Po Emilia-Romagna)



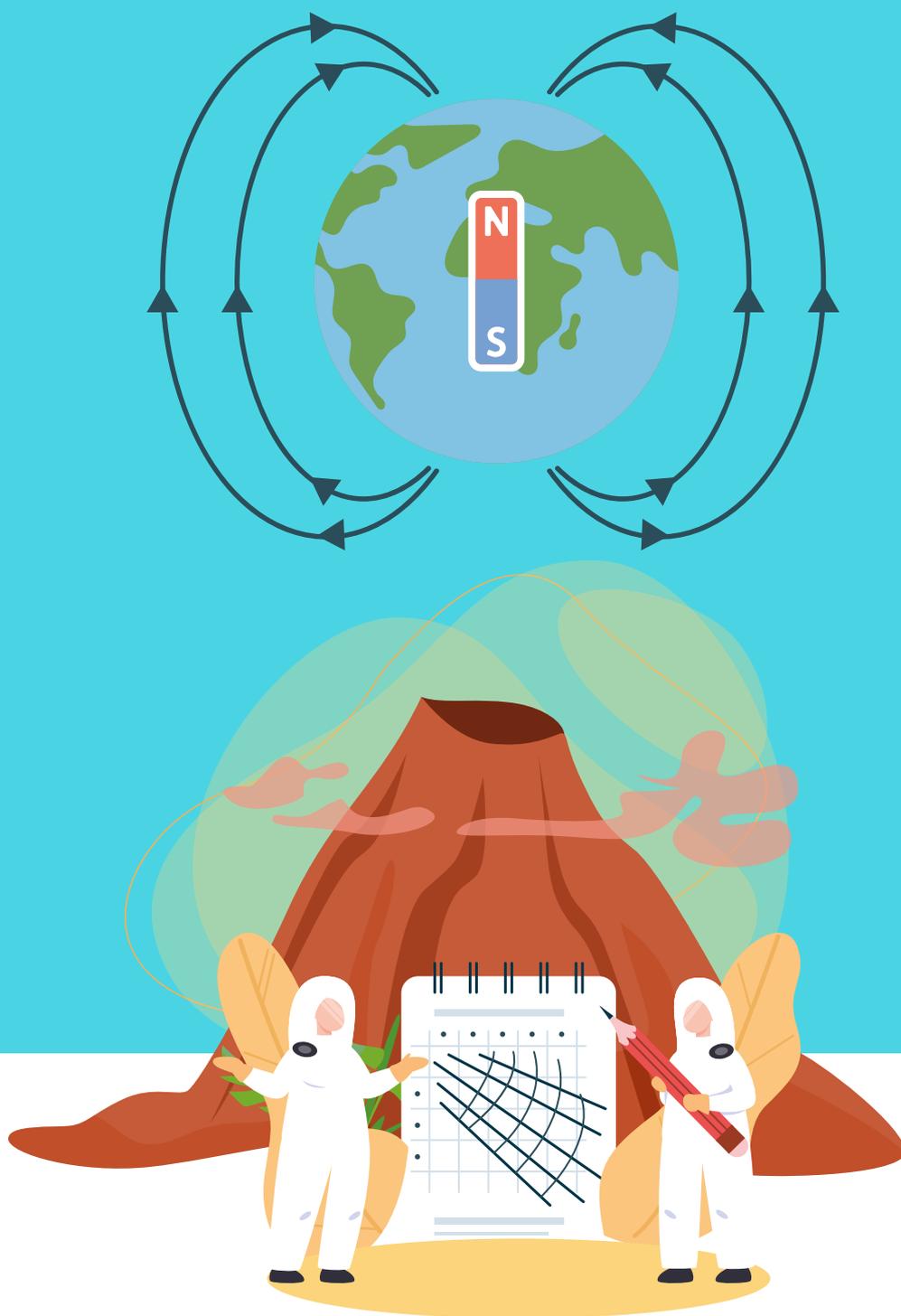
- Per approfondire
www.artimondo.it/magazine/cultura-delle-marcite
www.parcoticinello.it/le-marcite.html
- Attività pratica sul "funzionamento" delle risorgive:
www.youtube.com/watch?v=J0mV2AGJf2Q
- Per rendere più efficienti risorgive, marcite, ma anche risaie, si impegnò anche Leonardo da Vinci; i suoi studi sono reperibili nel Codice Hammer:
www.beic.it/it/content/le-marcite-aspetto-storico

C

PALEOMAGNETISMO E VULCANI:

*come utilizzare
il Campo Magnetico Terrestre
per studiare le eruzioni vulcaniche*

a cura di Gilda Risica e Fabio Speranza



Il Paleomagnetismo, branca della Geofisica che si occupa dello studio del campo magnetico terrestre registrato nelle rocce e della sua evoluzione nel tempo geologico, da molti anni viene applicato in Vulcanologia con diverse finalità, dalle datazioni e correlazioni paleomagnetiche dei depositi vulcanici, alla stima della temperatura di messa in posto dei flussi piroclastici, tutti scopi indispensabili per una corretta valutazione della pericolosità vulcanica. Mentre le prime due discipline utilizzano la Paleovariazione Secolare del campo geomagnetico registrata dalle rocce vulcaniche durante la loro formazione, la terza analizza le componenti magnetiche registrate dai litici durante il loro riscaldamento all'interno delle correnti piroclastiche.



INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si è assistito a un incremento di lavori scientifici in cui si associano e combinano il Paleomagnetismo e la Vulcanologia. Ma in che modo queste due discipline, così apparentemente diverse, comunicano tra loro? E in che modo il Paleomagnetismo può aiutare i vulcanologi in uno degli obiettivi più ardui, ovvero la mitigazione della pericolosità vulcanica?

I vulcani sono una delle strutture geologiche più complesse sulla Terra, la cui origine è strettamente connessa al contesto geodinamico e tettonico in cui essi si sviluppano. Da esso dipendono vari fattori come la tipologia di magmatismo, composizione chimica e quantità di volatili, i quali si traducono nei vari stili eruttivi, e di conseguenza nelle diverse pericolosità vulcaniche associate. Uno degli obiettivi più importanti per i vulcanologi è proprio quello di mitigare la pericolosità vulcanica, formulando gli scenari più probabili per future eruzioni, in modo tale da ridurre ai minimi termini i rischi per la popolazione che vive nelle aree limitrofe. Per tale motivo, oggi viene dato particolare rilievo e importanza al Monitoraggio e alla Sorveglianza dei vulcani, in quanto essi permettono una valutazione immediata del fenomeno vulcanico e del suo impatto. Tuttavia, questi sono imprescindibili dagli studi vulcanologici di terreno, i quali sono fondamentali per lo studio delle eruzioni passate: tali studi permettono infatti di ricostruire la stratigrafia e le età dei depositi, e solo attraverso quest'analisi dettagliata è possibile comprendere approfonditamente la storia eruttiva del vulcano, capire il suo "carattere" e dedurre informazioni utili per le future eruzioni. Ma in che modo, quindi, il Paleomagnetismo può essere utile negli studi vulcanologici?

Il Paleomagnetismo è una branca della Geofisica che si occupa dello studio delle proprietà magnetiche delle rocce e del comportamento del campo magnetico terrestre nel tempo geologico. Esso è stato ed è continuamente applicato in molteplici settori della geologia: dagli studi tettonici e magneto/bio-stratigrafici ai più recenti e innovativi usi in campo ambientale sul particolato atmosferico. In vulcanologia il Paleomagnetismo può essere sfruttato per diverse finalità: dall'utilizzo della anisotropia della suscettività magnetica per valutare il fabric dei depositi vulcanici e risalire alle aree sorgenti, allo studio delle componenti magnetiche registrate dai clasti per stimare la temperatura di equilibrio dei depositi generati da flussi piroclastici, alla datazione e correlazione delle eruzioni vulcaniche attraverso lo sfruttamento del fenomeno della Paleo Variazione Secolare del campo geomagnetico.

Keywords

Vulcani
Paleomagnetismo
Campo Magnetico
Datazione

IL CAMPO GEOMAGNETICO E LE SUE VARIAZIONI

Come ormai è ben noto, la Terra possiede un campo magnetico generato dai meccanismi fluido-dinamici che avvengono all'interno del nucleo esterno fluido. Il modello più semplice per descriverlo è il *Geocentric Axial Dipole (GAD)*, il quale considera il campo magnetico prodotto da un singolo dipolo allineato con l'asse terrestre; tuttavia, il campo magnetico non è perfettamente dipolare assiale (Lanza and Meloni, 2006) e, a causa dell'inclinazione dei poli magnetici di circa 11.5° rispetto ai poli geografici, il modello descrittivo più appropriato è l'*Inclined Geocentric Dipole Model (Fig. 1)*.

Il campo magnetico terrestre non è sempre costante nel tempo: esso, infatti, è soggetto a variazioni di direzione e intensità, causate da fenomeni sia di origine interna che esterna alla terra solida, i quali agiscono su diverse scale temporali. Le variazioni di origine esterna, solitamente di breve durata, sono comunemente associate alle interazioni del campo magnetico terrestre con l'attività solare; le variazioni di origine interna, invece, di più lunga durata, sono attribuite ai movimenti convettivi del nucleo esterno. Le più note fra esse sono probabilmente le Inversioni Magnetiche, durante le quali si assiste a una vera e propria inversione dei poli del campo magnetico terrestre, l'ultima delle quali (l'inversione di Brunhes-Matuyama) è avvenuta circa 778 mila anni fa. Un'altra variazione di origine interna è la Variazione Secolare (*Secular Variation-SV*), durante la quale il campo magnetico

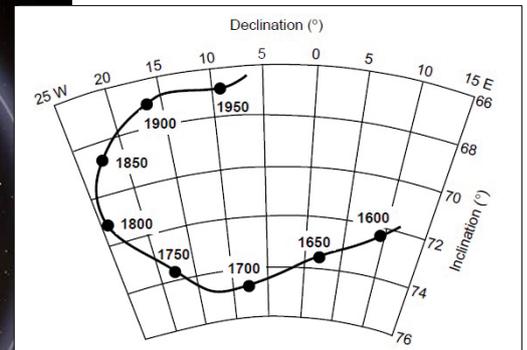
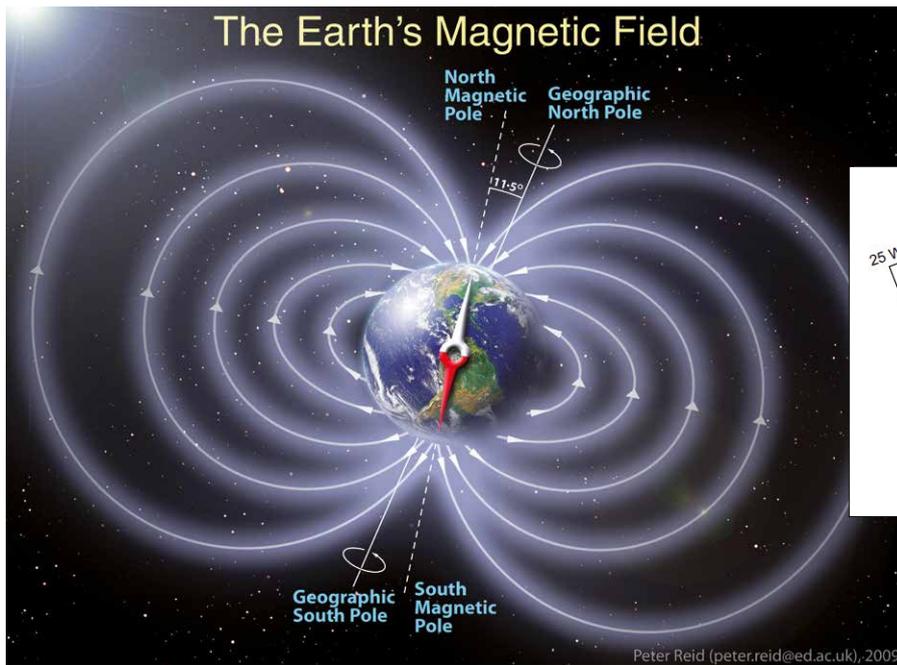


Fig. 2 - Record storico della direzione del campo geomagnetico in Inghilterra dal 1600 al 1950 AD (da Butler, 2004).

Fig. 1 - Illustrazione schematica del Campo Magnetico Terrestre. (Peter Reid, da www.nasa.gov/topics/earth/features/2012-poleReversal.html).

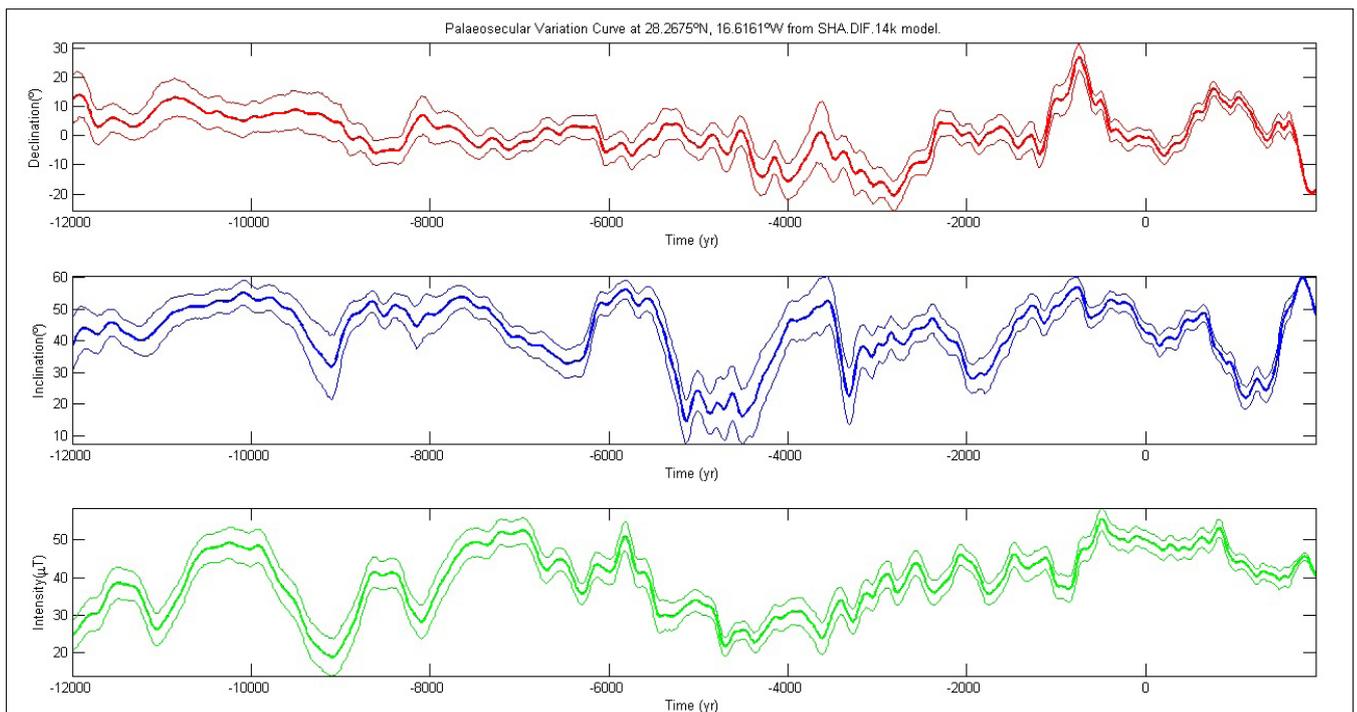


Fig. 3 - Paleo-Variazione Secolare degli ultimi 14 mila anni a Tenerife (Isole Canarie) estrapolata dal modello globale SHA.DIF.14K (Pavón-Carrasco et al., 2014).

subisce variazioni sia nella direzione (declinazione e inclinazione) che nell'intensità magnetica, su scale temporali di centinaia e migliaia di anni. Queste variazioni possono essere a volte molto repentine e significative, con variazioni di decine di gradi in poche centinaia di anni (**Fig. 2**). Negli ultimi 500 anni, la Variazione Secolare è stata direttamente misurata grazie all'utilizzo dei magnetometri presso gli osservatori geomagnetici; per i periodi antecedenti, invece, tale variazione, che prende il nome di Paleo-Variazione Secolare (*Paleo-Secular Variation-PSV*), è stata ricostruita attraverso lo studio dei dati paleomagnetici di rocce sedimentarie

(come i sedimenti lacustri), rocce vulcaniche di eruzioni ben datate, e di reperti archeologici (come forni e terracotta). A causa della non perfetta dipolarità del campo magnetico, la Paleo-Variazione Secolare assume caratteristiche simili solo in regioni subcontinentali, mentre può essere molto diversa da un continente all'altro; pertanto, nel corso degli anni i ricercatori hanno elaborato curve e modelli validi all'interno di aree circoscritte regionali e locali. Più recentemente, sono stati elaborati modelli cosiddetti "globali", i quali consentono di ottenere curve di Paleo Variazione Secolare fino a 14 mila anni fa (Pavón-Carrasco et al., 2014; **Fig. 3**).

DATAZIONE E CORRELAZIONE PALEOMAGNETICA

I metodi più utilizzati per datare le eruzioni vulcaniche recenti sono i metodi isotopici, come Ar/Ar o ^{14}C . La prima metodologia si applica direttamente sul deposito vulcanico studiato, mentre il radiocarbonio può essere effettuato su resti di materiale organico trovato interposto tra i depositi. Quando queste metodologie non possono essere applicate o i risultati ottenuti non sono affidabili, ecco che il paleomagnetismo diventa un ottimo strumento da affiancare e combinare agli altri metodi di datazione. La datazione paleomagnetica, infatti, viene eseguita direttamente sul campione totale di roccia vulcanica, indipendentemente dalla sua composizione chimica. Essa è stata utilizzata in molte aree del mondo, tra cui Hawaii, Azzorre, Isole Canarie, Islanda, Cile, Nuova Zelanda, con molte applicazioni anche in Italia, sull' Etna (Magli et al., 2021), Vulcano (Zanella et al., 2001), Stromboli (Risica et al., 2019), Ischia (Incoronato et al., 2002), Vesuvio (Conte et al., 2006) e Pantelleria (Speranza et al., 2012), per citarne solo alcune.

La datazione paleomagnetica si effettua comparando la direzione paleomagnetica registrata dai depositi vulcanici, come ad esempio lave e spatter prodotti durante una specifica eruzione, con le curve e i modelli di Paleo-Variazione Secolare. Le rocce sono in grado di registrare il campo magnetico terrestre grazie alla presenza dei minerali ferromagnetici, tra cui i più importanti sono gli ossidi di ferro e titanio. Questi minerali sono organizzati in strutture magnetiche chiamate domini, i quali quando sottoposti al campo magnetico terrestre durante il raffreddamento dei prodotti eruttivi tra circa 600°C e la temperatura ambiente, acquisiscono una magnetizzazione naturale rimanente parallela al campo magnetico e, se non agiscono processi successivi come ricristallizzazioni e riscaldamenti, sono in grado di mantenere questa magnetizzazione "congelata" nel

tempo, anche in seguito a successivi cambiamenti del campo magnetico terrestre. Pertanto, conoscendo come è variato il campo magnetico terrestre grazie alle curve di Paleo-Variazione Secolare, è possibile comparare la direzione paleomagnetica registrata dalle rocce con le curve, ed ottenere così una o più finestre temporali in cui è avvenuta una data eruzione. Più le curve disponibili e i dati ottenuti dalla smagnetizzazione delle rocce sono accurati, più la datazione paleomagnetica permette di ottenere età ad alta risoluzione. Inoltre, tale metodo esprime le massime potenzialità nell'area europea, grazie ai moltissimi dati di riferimento utilizzati per la costruzione delle curve di Paleo-Variazione Secolare per le ultime migliaia di anni, permettendo di ottenere risoluzioni anche di 100-200 anni.

Un'altra applicazione del Paleomagnetismo in Vulcanologia è la correlazione dei depositi vulcanici. Essa è stata ampiamente utilizzata sia per la correlazione di corpi intrusivi sia di depositi vulcanici spazialmente non continui, come ad esempio si presentano a volte i depositi ignimbrici. La correlazione paleomagnetica si basa sul concetto che i depositi vulcanici prodotti durante una stessa eruzione sono sottoposti allo stesso campo magnetico terrestre; pertanto, durante il raffreddamento, essi registrano la stessa direzione paleomagnetica. In alcuni casi, tuttavia, pur avendo registrato una simile direzione paleomagnetica, due depositi possono non essere correlabili fra loro: infatti, il campo magnetico terrestre nel corso del tempo assume più volte gli stessi valori di declinazione, inclinazione ed intensità. Viceversa, direzioni paleomagnetiche diverse testimoniano momenti in cui il campo magnetico era diverso, e quindi età differenti dei depositi. Questo metodo può essere applicato a depositi vulcanici di qualunque età, e l'alta risoluzione temporale è tale da essere difficilmente eguagliabile da metodi radiometrici.



STIMA DELLA TEMPERATURA DEI DEPOSITI PIROCLASTICI

Nonostante nel corso degli anni siano state elaborate varie tecniche per valutare la temperatura di messa in posto dei flussi piroclastici (tra cui misure dirette del flusso con telecamere termiche, ossidazione delle pomice, analisi dei frammenti di ossa, punto di fusione dei materiali plastici, analisi della riflettanza dei legni carbonizzati), fin dagli anni '60 con lo studio pionieristico di Aramaki e Akimoto (1957), il paleomagnetismo è probabilmente la tecnica più utilizzata. I flussi piroclastici sono uno tra i fenomeni vulcanici più complessi e pericolosi: possono essere prodotti durante le eruzioni esplosive più energetiche e sono costituiti da un mix di particelle calde e gas, i quali possono muoversi ad altissima velocità e ad altissima temperatura lungo i fianchi dei vulcani, trasportando enormi volumi di detriti. La loro genesi può essere ascritta a diverse cause, tra cui il collasso (totale o parziale) di una colonna eruttiva, *blasts* laterali, collassi di duomi lavici, collassi parziali degli edifici vulcanici, collassi dei bordi craterici, e/o di depositi instabili. La temperatura di questi depositi è pertanto una temperatura di equilibrio, risultato combinato di fattori interni, come la temperatura di partenza del magma, e l'interazione con agenti esterni, come aria, acqua e vegetazione inglobata durante il trasporto. Una corretta stima della temperatura di messa in posto dei flussi piroclastici è estremamente utile per capire l'origine di tali fenomeni, e ricavare informazioni utili per una corretta mitigazione del rischio vulcanico associato, specialmente in aree vulcaniche densamente abitate. La stima paleomagnetica della temperatura di messa in posto dei depositi si ottiene studiando le componenti magnetiche registrate dai

clasti litici contenuti nel deposito. Con il termine litico si intende quell'insieme di clasti la cui origine è antecedente all'eruzione in cui essi vengono inclusi: possono derivare dalle pareti della camera magmatica e del condotto, dai bordi craterici e dai fianchi del vulcano. I litici, qualora siano stati inglobati "freddi" all'interno del deposito, possiederanno una magnetizzazione naturale rimanente acquisita durante la loro formazione: tali clasti, una volta catturati dal flusso piroclastico, potranno subire dei riscaldamenti fino a una determinata temperatura molto prossima alla temperatura media del flusso. Poiché i minerali registrano il campo magnetico in funzione della temperatura di blocco dei vari domini magnetici, tale riscaldamento provocherà una parziale cancellazione della magnetizzazione originaria, con conseguente registrazione di una seconda magnetizzazione rimanente, che verrà acquisita durante il raffreddamento del deposito piroclastico (Fig. 4). Pertanto, tramite analisi paleomagnetiche dei litici, sarà possibile valutare la storia termica del clasto attraverso lo studio delle diverse componenti magnetiche acquisite, e quindi stimare la temperatura di equilibrio del deposito piroclastico.

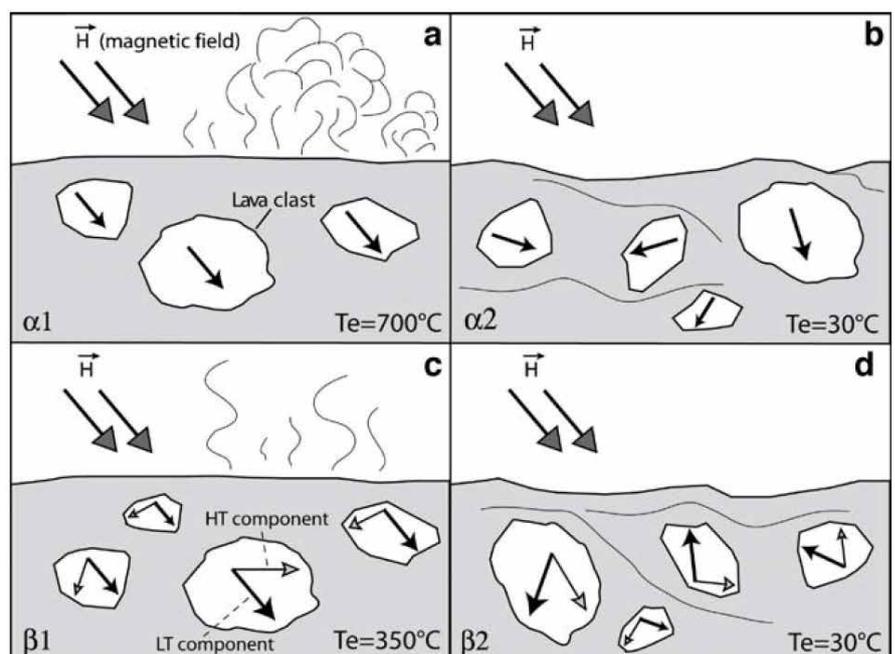


Fig. 4 - Modello della temperatura di messa in posto dei flussi piroclastici (Porreca et al., 2008). H, campo magnetico. Te, temperatura di equilibrio. HT-LT component, componente di alta e bassa temperatura.



Fig. 5 - Perforatore a miscela raffreddato ad acqua con punta diamantata.



Fig. 6 - Tubo orientatore munito di inclinometro, bussola magnetica e bussola solare.



Fig. 7 - Campione alloggiato nel porta-campioni e pronto per la misura paleomagnetica al magnetometro criogenico presso il Laboratorio di Paleomagnetismo dell'INGV (Roma).

CAMPIONAMENTO PALEOMAGNETICO E ANALISI DI LABORATORIO

Una delle tecniche più utilizzate per il campionamento paleomagnetico prevede l'utilizzo di un perforatore, raffreddato ad acqua, dotato di una punta diamantata in grado di perforare la roccia ed ottenere "carote" di diametro *standard* (1 inch, 2.5 cm), e 2-10 cm di lunghezza (Fig. 5). Le carote, prima di essere estratte, vengono orientate utilizzando un tubo orientatore (Fig. 6) sul quale sono alloggiati una bussola magnetica e una solare. L'orientazione magnetica della carota prevede la misura della direzione della carota rispetto al nord magnetico; l'orientazione solare, invece, viene eseguita considerando l'angolo di incidenza di un raggio solare su una ghiera graduata. L'orientazione solare viene utilizzata per confrontare la direzione magnetica misurata in campagna con la direzione "vera" della carota, ed eliminare possibili deviazioni dell'ago magnetico dovute ad intense declinazioni magnetiche locali: in alcune circostanze, infatti, l'ago della bussola magnetica può essere deflesso rispetto al nord a causa della forte magnetizzazione delle lave stesse così come dalla forte magnetizzazione di depositi situati al di sotto del sito studiato. Una volta orientata, la carota viene marcata sulla superficie, indicando con una freccia il verso entrante e il piano di orientazione. A questo punto, le carote possono essere estratte, siglate, tagliate ed analizzate in laboratorio, per ricavare la direzione della magnetizzazione naturale rimanente (Fig. 7).

Per poter ricostruire la direzione paleomagnetica registrata dai campioni, le carote vengono smagnetizzate, applicando o un campo alternato o cicli di riscaldamento-raffreddamento in campo magnetico nullo. La prima tecnica consiste nell'esporre il campione a un campo magnetico alternato, decrescente linearmente in intensità con il tempo. Si opera così una progressiva eliminazione delle componenti più "deboli" della magnetizzazione rimanente totale in dipendenza dello spettro di coercitività. La seconda tecnica,

invece, si basa sul principio del tempo di rilassamento della magnetizzazione rimanente, il quale è inversamente proporzionale alla temperatura. Durante il riscaldamento, infatti, i grani magnetici con una temperatura di blocco minore della temperatura imposta diventano superparamagnetici, perdendo la magnetizzazione naturale rimanente originaria; aumentando progressivamente la temperatura (sempre in campo magnetico nullo), i contributi dei minerali con una temperatura di blocco via via maggiore vengono eliminati, fino a raggiungere le temperature di Curie dei principali minerali che portano la magnetizzazione.

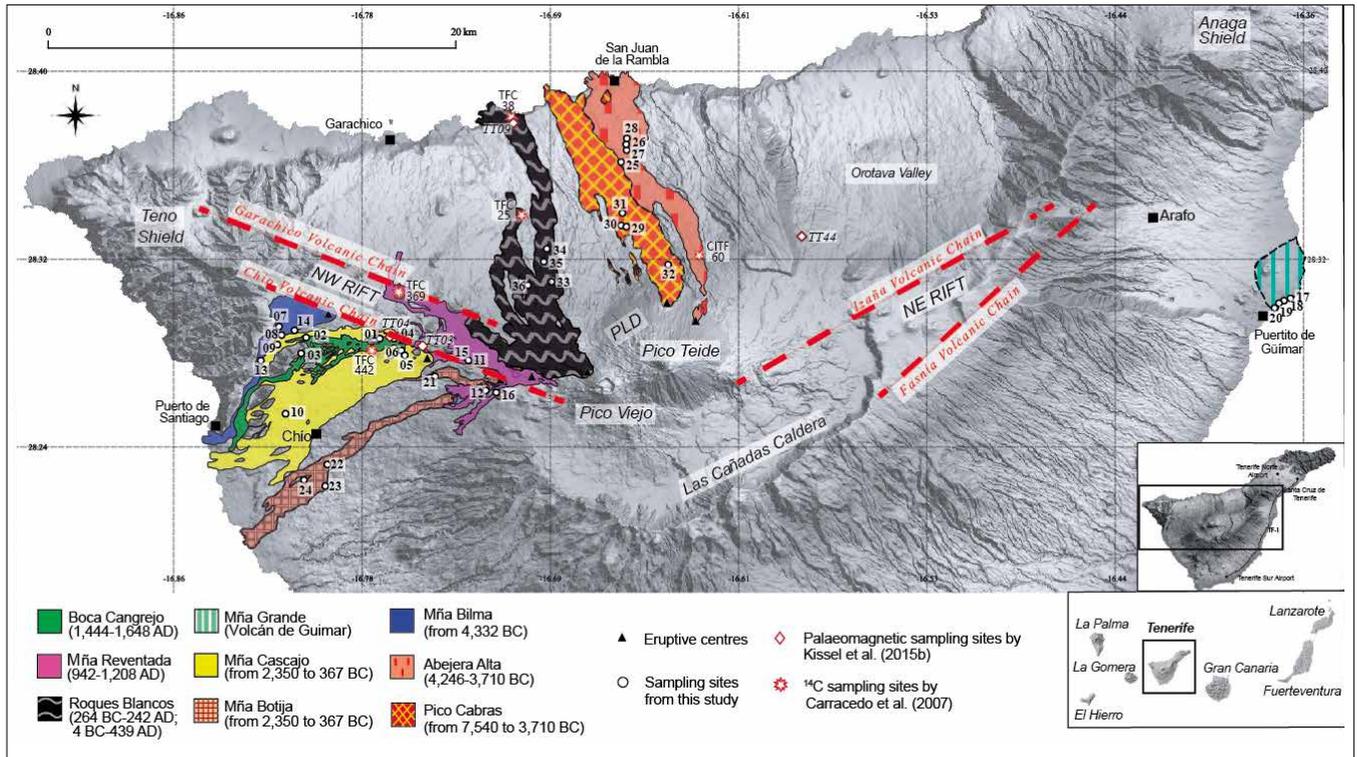


Fig. 8 - Mappa semplificata di Tenerife con le eruzioni Oloceniche studiate da Risica et al. (2020).

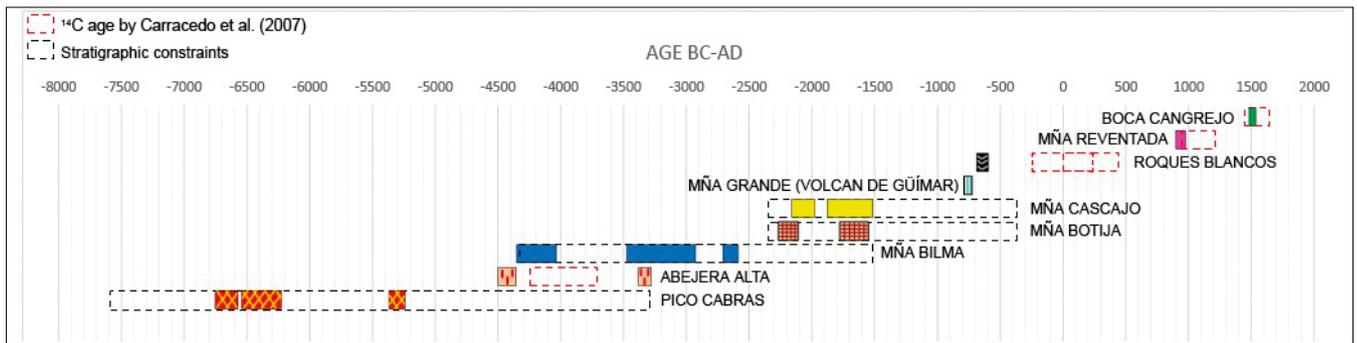


Fig. 9 - Datazioni paleomagnetice ottenute per nove eruzioni Oloceniche di Tenerife (da Risica et al., 2020).

DATAZIONE PALEOMAGNETICA DELLE ERUZIONI OLOCENICHE DI TENERIFE (ISOLE CANARIE)

Un gruppo di ricercatori dell'INGV di Roma e Pisa, e dell'Università di Pisa e Firenze, ha recentemente effettuato uno studio di datazione paleomagnetica su eruzioni Oloceniche avvenute sull'isola di Tenerife (Isole Canarie, Spagna). Tenerife, situata nel settore centrale dell'arcipelago delle Canarie, è l'isola più grande e densamente abitata dell'arcipelago. Essa è stata studiata in modo approfondito soprattutto per le grandi eruzioni esplosive del passato, tra cui quelle che hanno portato alla formazione della Caldera di Las Cañadas circa 200 mila anni fa, una depressione ellittica all'interno della quale è avvenuta successivamente la formazione del Teide, attuale vetta più alta di tutta la Spagna con i suoi 3.715 m s.l.m. Viceversa, la storia vulcanica più recente, pur essendo stata intensa, è ancora oggi poco studiata. Durante l'Olocene, l'isola è stata particolarmente attiva, con eruzioni avvenute prevalentemente lungo le aree dei rift di Nord-Ovest e Nord-Est, prevalentemente

eruzioni basaltiche monogeniche avvenute prevalentemente lungo le aree dei rift di Nord-Ovest e Nord-Est, ed eruzioni caratterizzate da magmi più evoluti alla base del cono del Teide e Pico Viejo all'interno della caldera di Las Cañadas, con eruzioni più evolute. Tuttavia, solo alcune di esse sono state datate fino ad oggi, mentre per la maggior parte i dati a disposizione sono ancora esigui. In questo studio, i ricercatori hanno selezionato nove eruzioni avvenute durante l'Olocene, analizzando principalmente quelle caratterizzate da un'ampia estensione areale dei flussi lavici (Fig. 8). Alcune delle eruzioni selezionate erano state già datate anche con altre metodologie, e i nuovi dati sono stati confrontati e combinati con i precedenti. Lo studio ha messo in luce come la datazione paleomagnetica sia un ottimo strumento per la datazione delle eruzioni recenti, in quanto ha permesso di ottenere datazioni a più alta risoluzione rispetto alle altre metodologie, e finestre di età possibili più ristrette rispetto al range temporale fornito

dai soli vincoli stratigrafici (Fig. 9). Inoltre i ricercatori hanno dimostrato che l'utilizzo combinato di diverse tecniche di datazione (come ad esempio il ^{14}C e il paleomagnetismo) sia il modo migliore per datare in modo affidabile. Grazie alla combinazione delle due tecniche, infatti, è stata datata per la prima volta un'eruzione vulcanica, Montaña Grande, avvenuta in un contesto strutturale inusuale rispetto alle aree attive durante l'Olocene, ovvero lungo la costa orientale dell'isola, nella valle di Güímar, e fino ad ora completamente dimenticata nella ricostruzione della storia vulcanica di Tenerife. Quest'eruzione, inoltre, è avvenuta in un'area molto

prossima a una delle eruzioni storiche dell'isola, l'eruzione di Arafo (1705). La datazione dell'eruzione di Montaña Grande (790-723 BC) è stata ottenuta sfruttando sia il ritrovamento di una conchiglia in una paleospiaggia al di sotto delle lave di Montaña Grande, sia il paleomagnetismo. Questo nuovo dato è molto importante per una corretta valutazione della pericolosità vulcanica, in quanto mostra che nella storia recente di Tenerife sono avvenute eruzioni anche in aree *extra-rifts*, attualmente considerate con una bassa probabilità per nuove future eruzioni.



BIBLIOGRAFIA

Aramaki S. & Akimoto S. (1957). *Temperature estimation of pyroclastic deposits by natural remanent magnetism*. Am. J. S., 255, 619-627.

Butler R.F. (2004). *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geological Terranes*. Electronic Edition, September 2004

Conte G., Urrutia-Fucugauchi J., Goguitaichvili A. & Incoronato A. (2006). *Paleomagnetic dating of lava flows of uncertain age, Somma-Vesuvius volcanic complex (Southern Italy)*. International Geology Review, 48(4), 349-359.

Incoronato A., Angelino A., Romano R., Ferrante A., Sauna R., Vanacore G. & Vecchione C. (2002). *Retrieving geomagnetic secular variations from lava flows: evidence from Mounts Arso, Etna and Vesuvius (southern Italy)*. Geophysical Journal International, 149, 724-730.

Lanza R. & Meloni A. (2006). *The Earth's magnetism, an introduction for geologists*. Springer edition.

Magli A., Branca S., Speranza F., Risica G., Siravo G. & Giordano G. (2021). *Paleomagnetic dating of prehistoric lava flows from the urban district of Catania (Etna volcano, Italy)*. Geological Society of American Bulletin.

Pavón-Carrasco F.J., Osete M.L., Torta J.M. & De Santis A. (2014). *A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data*. Earth and Planetary Science Letters, 388, 98-109. doi: 10.1016/j.epsl.2013.11.046.

Porreca M., Mattei M., MacNiocail C., Giordano G., McClelland E. & Funicello R. (2008). *Paleomagnetic evidence for low-temperature emplacement of the phreatomagmatic Peperino Albano ignimbrite (Colli Albani volcano, Central Italy)*. Bulletin of Volcanology, 70, 877-893. <http://dx.doi.org/10.1007/s00445-007-0176-8>.

Risica G., Speranza F., Giordano G., De Astis G. & Lucchi F. (2019). *Paleomagnetic dating of the Neostromboli succession*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 371, 229-244. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.12.009>

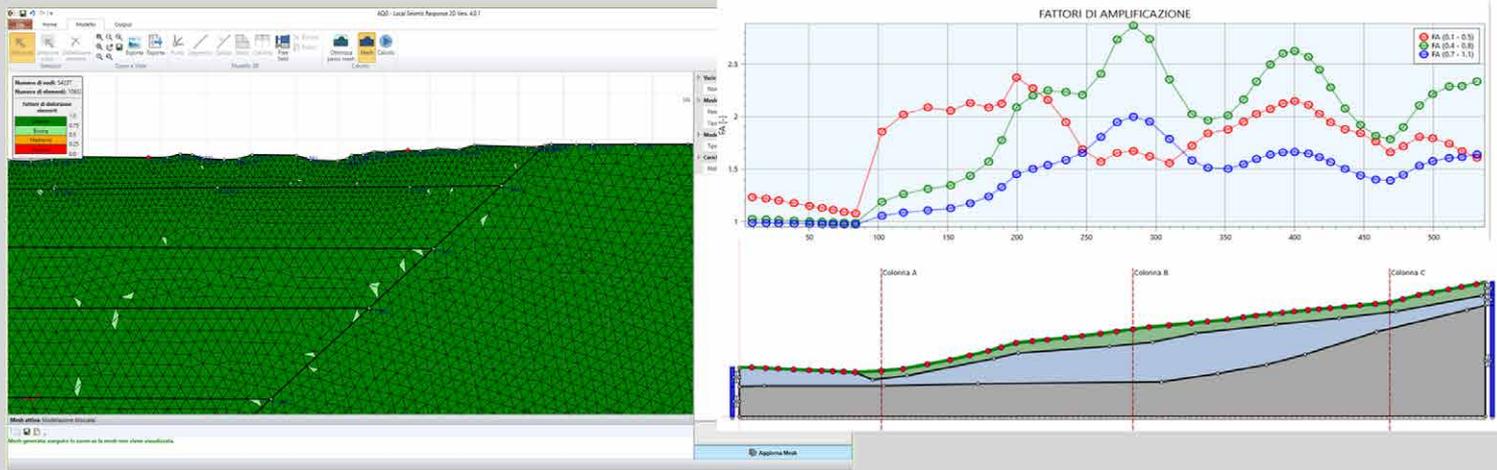
Risica G., Di Roberto A., Speranza F., Del Carlo P., Pompilio M., Meletlidis S. & Rosi M. (2020). *Refining the Holocene eruptive activity at Tenerife (Canary Islands): the contribution of paleomagnetism*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 401, 106930. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2020.106930>

Speranza F., Di Chiara A. & Rotolo S.G. (2012). *Correlation of welded ignimbrites on Pantelleria (Strait of Sicily) using paleomagnetism*. Bull. Volcanol. 74, 341-357. <https://doi.org/10.1007/s00445-011-0521-9>

Zanella F., De Astis G. & Lanza R. (2001). *Paleomagnetism of welded, pyroclastic-fall scoriae at Vulcano, Aeolian archipelago*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 207, 71-86.

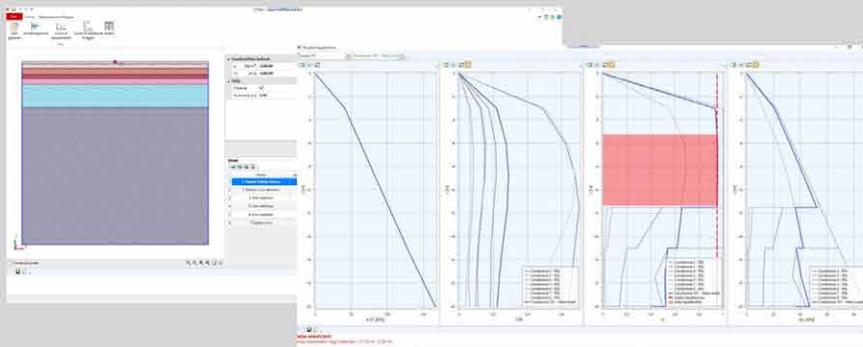
LSR_{2D}

SOFTWARE PER L'ANALISI DELLA
RISPOSTA SISMICA LOCALE 2D

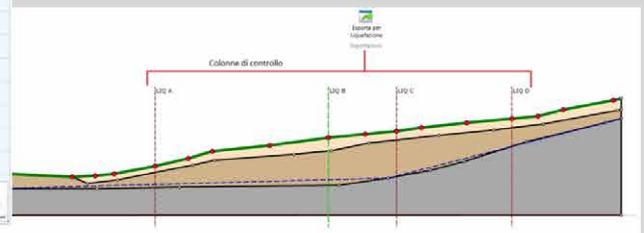


LIQUEFAZIONE[®]

SOFTWARE PER LA VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE
MEDIANTE IL CALCOLO DELLE SOVRAPPRESSIONI INTERSTIZIALI



INTEROPERABILITÀ CON LSR



I *chaotic terrains* sono delle vaste regioni su Marte caratterizzate dalla presenza di una superficie collassata e fratturata con dei tipici pattern poligonali. Ad oggi le ipotesi proposte per spiegare l'origine di tale collasso hanno spesso incluso un ruolo fondamentale giocato dall'acqua. Poiché la maggior parte delle evidenze in alcuni terreni caotici sono di tipo vulcano-tettonico, con questo lavoro proponiamo un collasso calderico come meccanismo di formazione. Questo collasso calderico spiegherebbe anche perché sulla Luna, dove non sono presenti acquiferi, sono stati osservati dei terreni molto simili chiamati *Floor-Fractured craters* (FFCs), dove è già stato ipotizzato che l'origine sia legata alla risalita di corpi magmatici che avrebbero causato dei rigonfiamenti. Abbiamo riprodotto in laboratorio un processo di collasso calderico noto come "*chaotic*" o "*piecemeal*" *caldera collapse*, che consiste in cicli di inflazione (rigonfiamento) e deflazione (svuotamento) di una camera magmatica posta in profondità al di sotto di materiali fragili, i quali rispondono fratturandosi con il tipico pattern poligonale. Il successo di questo esperimento porta a chiederci se questo meccanismo di formazione possa essere esteso ad altri terreni caotici, se non addirittura a tutti.



I TERRENI CAOTICI DI MARTE E LUNA: *possibili collassi calderici?*

a cura di Erica Luzzi, Angelo Pio Rossi, Matteo Massironi,
Riccardo Pozzobon, Giacomo Corti e Daniele Maestrelli



Keywords
Caldera collapse
Chaotic terrains
Processi vulcano-tettonici
Esperimenti analogici

COSA SONO I CHAOTIC TERRAINS?

Vaste aree caratterizzate dalla presenza di una superficie collassata in tantissimi blocchi angolari, bordati da faglie di geometrie varie che nel complesso conferiscono un aspetto fratturato e poligonale al substrato, sono state osservate su Marte e sulla Luna (**Fig. 1**). Vista l'apparente natura disordinata di questi blocchi collassati, i ricercatori già dagli anni '70, identificarono questi terreni come *chaotic terrains*. In alcuni chaotic terrains, sono presenti dei canali (chiamati *outflow channels*) che sono generalmente considerati come l'evidenza di un catastrofico deflusso di acqua sotterranea che, per motivi ancora dibattuti, avrebbe raggiunto la superficie causando il collasso del substrato.

I meccanismi di formazione proposti ad oggi per spiegare il collasso dei *chaotic terrains* includono:

- ▶ Sovrappressione della falda acquifera che avrebbe causato un deflusso catastrofico e il collasso conseguente al rapido svuotamento della falda (Rodriguez et al., 2015; Andrews-Hanna & Phillips, 2007);
- ▶ Scioglimento di un lago ghiacciato sotterraneo che avrebbe generato deflusso e collasso (Zegers et al., 2010);
- ▶ Interazione tra magma e ghiaccio/acqua (Meresse et al., 2008);
- ▶ Intrusione di corpi magmatici e conseguente inflazione (Korteniemi et al., 2006);
- ▶ Instabilità di grandi quantità di clatrati sotterranei (Kargel et al., 2007).

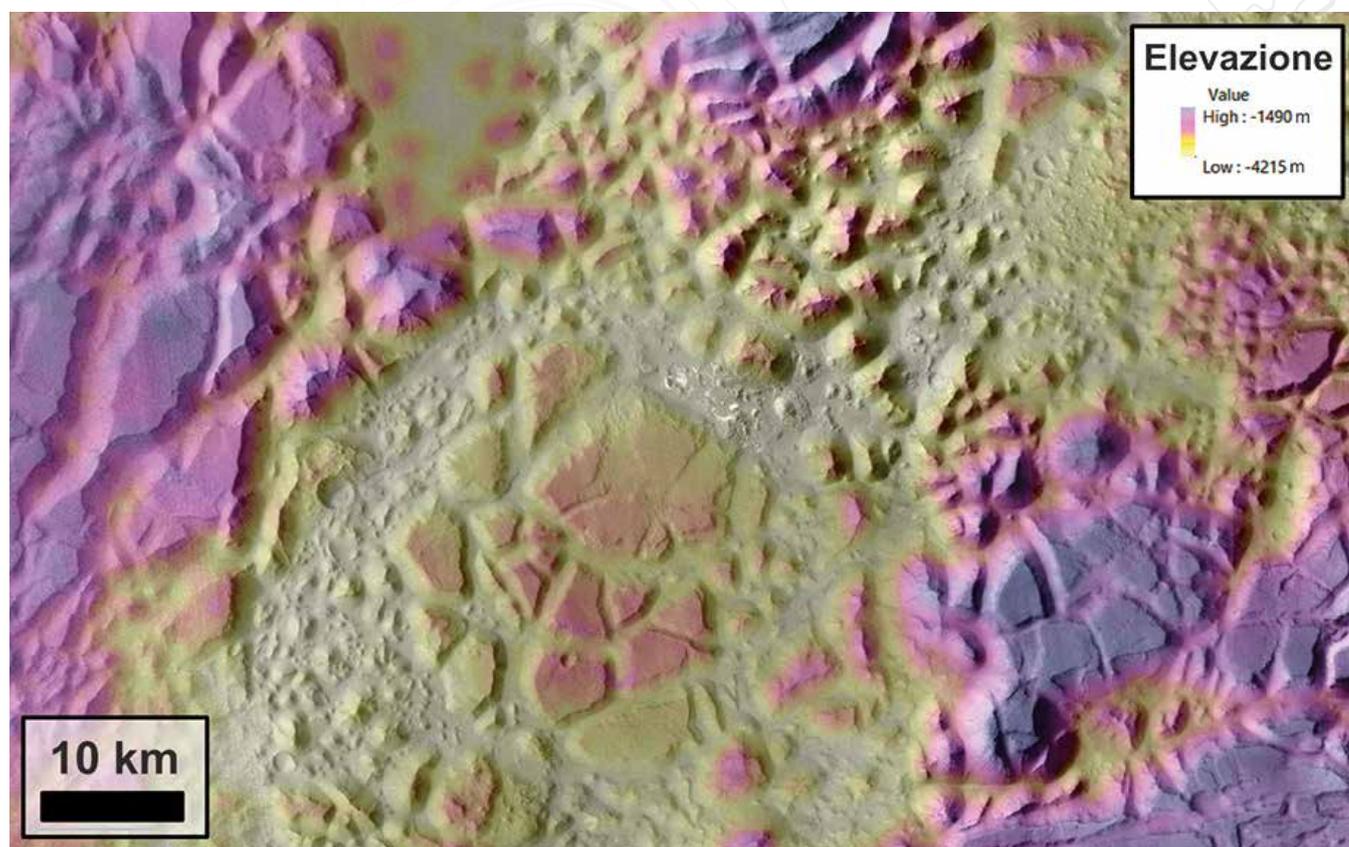
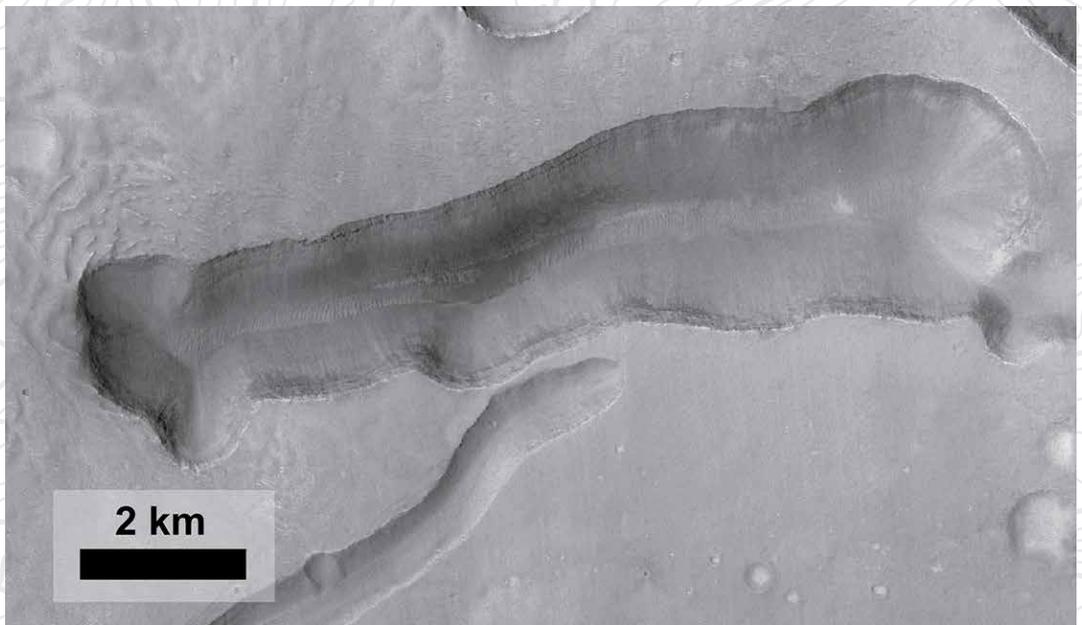


Fig. 1 - Un esempio che illustra i blocchi poligonali tipici dei *chaotic terrains*, in particolare in Aureum Chaos. I colori indicano l'elevazione del terreno: in giallo le zone meno elevate, in viola quelle più elevate.

I TERRENI CAOTICI DI MARTE E LUNA: possibili collassi calderici?



Tuttavia, quando chiamiamo in gioco meccanismi di formazione che coinvolgono la presenza di acqua (sia in forma liquida che allo stato ghiacciato), dobbiamo tenere conto del fatto che in molti *chaotic terrains* le evidenze della presenza di acqua sono nulle o scarse. Anche sulla Luna, dove l'acqua non era certamente presente per spiegare il collasso, troviamo dei crateri fratturati (*Floor-Fractured craters*, abbreviato in FFCs) che condividono gran parte delle caratteristiche dei *chaotic terrains*: superficie collassata, faglie poligonali, blocchi angulari).

Ne deriva l'importanza di cercare un meccanismo di formazione che possa essere considerato universale, ovvero che possa accadere sia in presenza che in assenza di acqua.

È anche importante notare che in corrispondenza di *chaotic terrains* e FFCs, prevalgono evidenze di tipo magmatico-tettonico, come ad esempio i *pit chains* (Fig. 2), delle piccole depressioni interpretate come un collasso superficiale al di sopra di corpi magmatici che non hanno raggiunto la superficie, ma che hanno fratturato le rocce per farsi strada, provocando il collasso superficiale. Altra evidenza magmatica è la presenza di colate laviche individuabili grazie alle loro proprietà da dati multispettrali (come l'inerzia termica), o quella di faglie con una forma ad Y, tipica di processi di inflazione-deflazione, ovvero rigonfiamento e svuotamento di camere magmatiche più o meno profonde.

Fig. 2 - Un *pit chain* nella periferia settentrionale di Arsinoes Chaos. Questa depressione ha una geometria irregolare dovuta alla coalescenza di più zone di collasso (da qui il nome *pit chain*, "catena di fosse").

La presenza di tutte queste morfologie legate a processi magmatici ci ha spinto a investigare i possibili fenomeni che spiegherebbero anche la formazione dei *chaotic terrains* e degli FFCs.

Poiché per gli FFCs è già stata proposta in letteratura un'inflazione dovuta all'intrusione di un corpo magmatico che non ha raggiunto la superficie, la nostra ricerca è partita proprio dalla categoria di fenomeni magmatici che includesse cicli di inflazione-deflazione.

Un particolare tipo di collasso calderico, chiamato *piecemeal* (oppure *chaotic*) *caldera collapse* (Troll et al., 2002), consiste in cicli di inflazione-deflazione della camera magmatica, che provocano il collasso dei depositi superficiali al di sopra della camera magmatica sepolta. Il collasso di questi depositi è anche caratterizzato da faglie e blocchi poligonali, che morfologicamente sembrano essere consistenti con i *chaotic terrains*.

Al fine di valutare se la somiglianza morfologica potesse riflettersi anche in una somiglianza quantitativa, abbiamo messo a punto un esperimento analogico in laboratorio, riproducendo il rigonfiamento e svuotamento di una camera magmatica al di sotto di depositi superficiali con comportamento fragile.

I CASI DI STUDIO SU MARTE E LUNA

Per testare la nostra ipotesi di collasso calderico tipo *piecemeal* abbiamo scelto un *chaotic terrain* su Marte dalla forma irregolare (a fagiolo), che avesse scarse evidenze di processi legati all'acqua (Arsinoes Chaos), un FFC su Marte senza evidenze legate all'acqua (Unnamed crater, subito a sud rispetto ad Aram Chaos), e un FFC sulla Luna (Komarov crater) (Fig. 3).

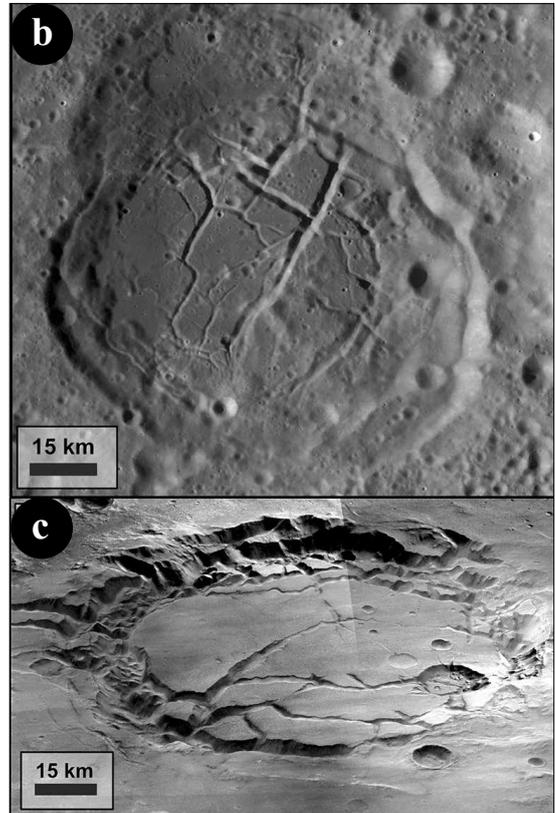
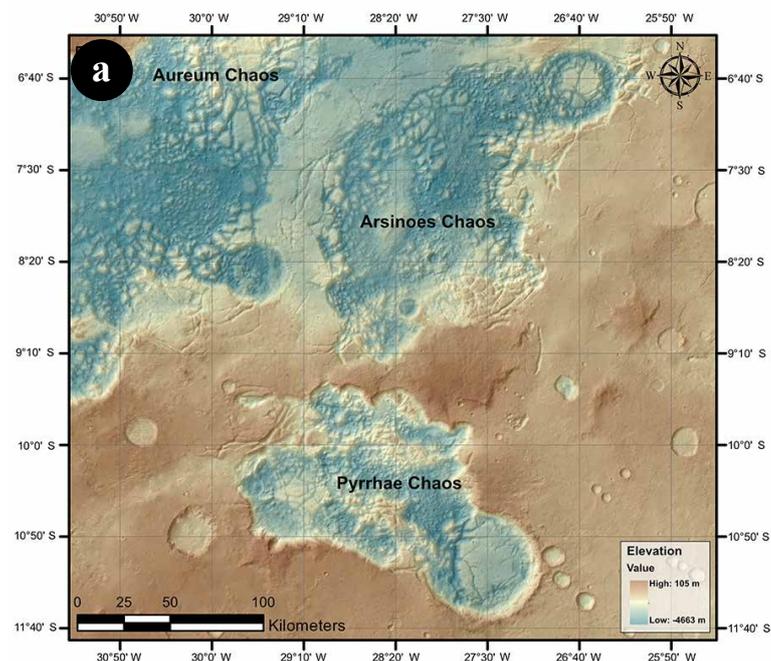


Fig. 3 - a) Posizione di Arsinoes Chaos, adiacente a Pyrrhae ed Aureum Chaos. Notare la caratteristica forma a “fagiolo”; b) Komarov crater (Luna); c) Vista 3D dell’FFC marziano (Unnamed crater).

L'ESPERIMENTO

Per l'esperimento abbiamo posto una membrana di gomma (analogo della camera magmatica) al di sotto di sabbie finissime (analogo dei depositi superficiali al di sopra della camera magmatica). La membrana di gomma era collegata ad una siringa che, guidata da un pistone, iniettava ed estraeva poliglicerina (analogo del magma), simulando così cicli di inflazione e deflazione della camera magmatica. L'assetto dell'esperimento è mostrato in Fig. 4.

Gli esperimenti sono divisi in due serie: nella prima (S1), la membrana di gomma utilizzata come camera magmatica aveva la forma circolare che nella maggior parte dei casi si presenta nei FFCs (sia marziani che lunari); nella seconda (S2) la membrana aveva una forma irregolare, a “fagiolo”, emulando Arsinoes Chaos.

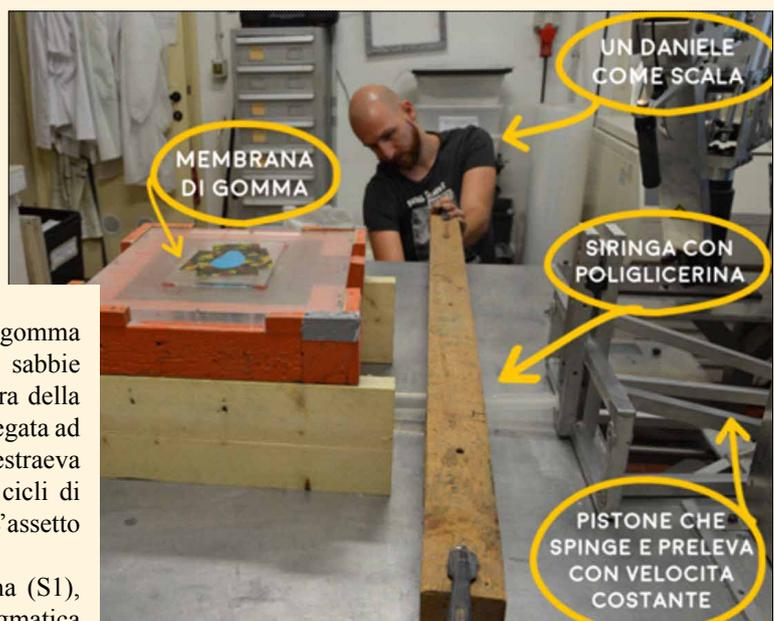


Fig. 4 - Setup dell'esperimento con scala umana. Nell'immagine è possibile distinguere la membrana di gomma a forma di fagiolo che simula la camera magmatica e al di sopra della quale sono state successivamente poste delle sabbie molto fini, e la siringa con la quale, grazie al pistone, la poliglicerina simulando il magma veniva iniettata ed estratta a velocità costante.

I TERRENI CAOTICI DI MARTE E LUNA: possibili collassi calderici?

I risultati dell'esperimento sono mostrati in **Fig. 5**, insieme ai casi naturali per un paragone qualitativo immediato. Si nota come durante la prima inflazione vengano a formarsi sulle sabbie poste in superficie delle faglie radiali, associate a faglie inverse circolari che bordano il rigonfiamento; durante la prima deflazione il rigonfiamento viene sostituito da un collasso, con la formazione di ulteriori faglie circolari che, intersecandosi con quelle radiali, generano i famosi blocchi poligonali; durante la seconda inflazione il rigonfiamento riprende, ma stavolta la sommità resta collassata, e vengono a formarsi nuove faglie secondarie radiali; infine, nella seconda e ultima deflazione, il collasso aumenta di intensità, generando un pavimento molto ribassato e la formazione di nuove faglie circolari, accentuando i blocchi poligonali. Durante l'esperimento abbiamo osservato che oltre ai due cicli di inflazione-deflazione, solo strutture secondarie venivano a formarsi, pertanto abbiamo deciso di riportare solo i primi due cicli che sembrano essere i più significativi. Le faglie più importanti che sono venute a crearsi nell'esperimento, e che bordano i blocchi poligonali, sono quindi: faglie radiali, faglie concentriche e la cosiddetta *ring fault*, cioè la faglia estensiva più esterna che va a bordare la caldera appena formata (**Fig. 6**). Queste faglie sono osservate anche nei casi naturali.

Poiché le morfologie ottenute dall'esperimento erano consistenti con quelle dei casi naturali, il secondo *step* è stato quello di confrontare i risultati quantitativi con le misure effettuate sui casi naturali.

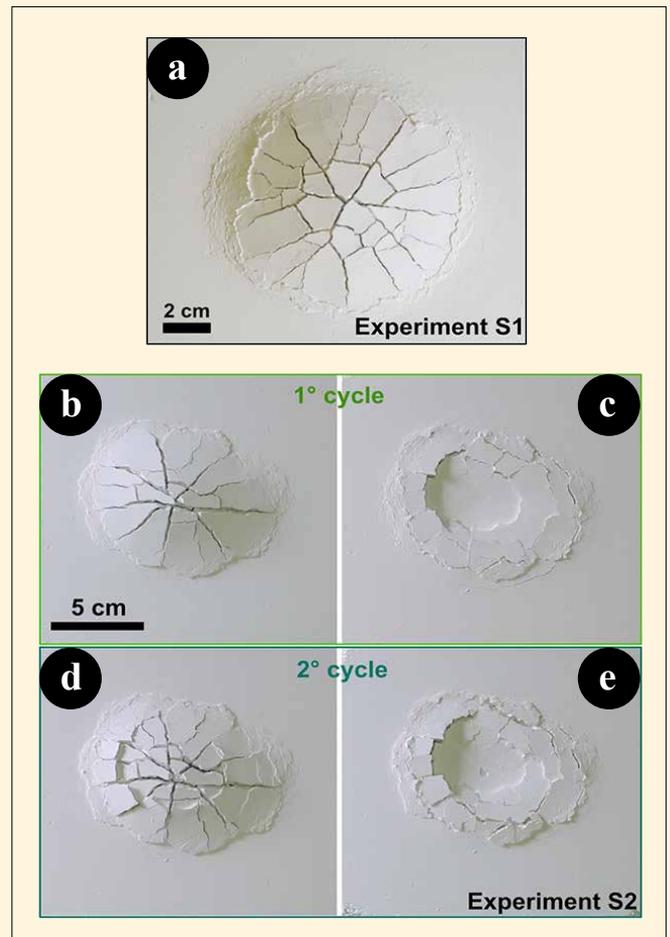


Fig. 5 - a) Esperimento circolare S1 alla seconda inflazione; b) Esperimento di forma irregolare, prima inflazione; c) esperimento irregolare, prima deflazione; d) esperimento irregolare, seconda inflazione; e) esperimento irregolare, seconda deflazione.

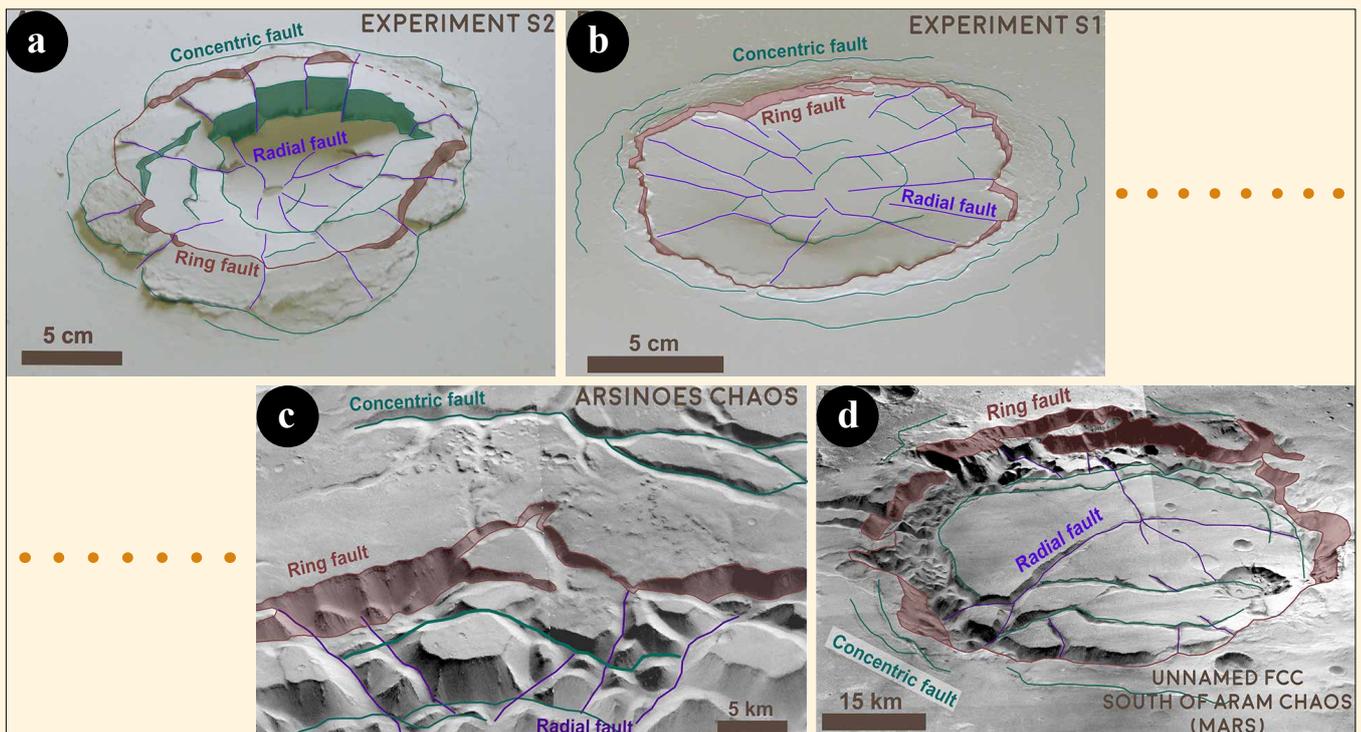


Fig. 6 - a) Formazione di faglie concentriche, radiali e della *ring fault* nell'esperimento S2; b) Formazione di faglie concentriche, radiali e della *ring fault* nell'esperimento S1; c) Confronto con l'area orientale di Arsinoes Chaos; d) Confronto con il FCC marziano senza nome che si trova a sud di Aram Chaos.

MODELLI NUMERICI

Per cercare di estrarre delle misure dall'esperimento e verificare se la somiglianza delle faglie che si sono formate può essere confermata anche dai numeri, abbiamo prodotto dei DEMs (*Digital Elevation Models*), ovvero delle immagini che contengono anche l'informazione relativa all'elevazione di un terreno o un oggetto. Per costruire i DEMs abbiamo processato centinaia di fotografie scattate tutt'intorno all'esperimento al termine di ogni fase. Scattando foto da ogni angolazione si riesce infatti, tramite appositi programmi, ad avere una ricostruzione stereo-fotogrammetrica.

I risultati delle misure sono riportati nella seguente tabella:

Nella prima colonna a sinistra sono riportati tutti i vari parametri che sono stati misurati sia negli esperimenti che nei casi naturali (dimensioni e profondità della camera magmatica, lunghezza di faglie radiali, circolari e della fault ring, angolo tra le fratture, etc.).

Notare che i valori finali dell'esperimento, scalati in km, si avvicinano molto a quelli dei casi naturali. In particolare, l'angolo tra le fratture sembra essere pressappoco identico.

Questo parametro è molto importante poiché questo angolo, a differenza di altri parametri, è totalmente indipendente da variabili esterne come la gravità, ma riflette puramente il processo che ha prodotto un determinato campo di stress.

Queste misure, in accordo con quelle rilevate sui casi naturali, confermano che il collasso calderico di tipo *piecemeal*, potrebbe effettivamente essere un eccellente candidato per spiegare la formazione di terreni caotici e crateri fratturati.

Scaled Parameters (1:10)	Experiment S1 (after second cycle)	Unnamed FFC (Mars)	Komarov crater (Moon)
Magma chamber perimeter	28.6 cm (286 km)	?	?
Magma chamber depth	0.5 cm (5 km)	?	?
Radial faults (max length)	4.6 cm (46 km)	40 km	51 km
Radial faults (average length)	3 cm (30 km)	20 km	30 km
Ring fault perimeter	30 cm (300 km)	240 km	280 km
Ring fault subsidence	0.45 cm (4.5 km)	1-2 km	1-3 km
Concentric periphery faults (max length)	8.2 cm (82 km)	34 km	53 km
Concentric periphery faults (average length)	7.6 cm (76 km)	32 km	45.5 km
Scaled Parameters (1:20)	Experiment S2 (after second cycle)	Arsinoes Chaos (Mars)	
Magma chamber perimeter	46 cm (920 km)	?	
Magma chamber depth	0.6 cm (12 km)	?	
Radial faults (max length)	4.6 cm (92 km)	40 km	
Radial faults (average length)	3.6 cm (72 km)	27 km	
Ring fault perimeter	27 cm (540 km)	593 km	
Ring fault subsidence	0.15 cm (3 km)	1-4 km	
Concentric periphery faults (max length)	6.3 cm (160 km)	87 km	
Concentric periphery faults (average length)	4.7 cm (94 km)	60.5 km	
Average angle between fractures	97°	95°	

IMPLICAZIONI SULLA PRESENZA DI ACQUA

Il nostro esperimento ha dimostrato che l'acqua, che sia in forma liquida o solida, non è un elemento necessario per la formazione di terreni caotici e crateri fratturati. Ciononostante, non escludiamo che durante il collasso calderico variabili quantità di acqua o permafrost fossero presenti, e probabilmente l'interazione tra acqua/ghiaccio e magma spiegherebbero anche l'entità e la scala di questo processo, che potrebbe essere stato ampliato proprio da tale interazione. Tuttavia, laddove sono del tutto assenti minerali idrati e morfologie legate all'azione dell'acqua, ci sentiamo ora confidenti di parlare di processi puramente vulcanotettonici visto che, come dimostra il nostro esperimento, si possono produrre morfologie poligonali come quelle di chaotic terrains e FCCs anche solo tramite un puro collasso calderico.

BIBLIOGRAFIA

Rodriguez J.A.P., Kargel J.S., Baker V.R., Gulick V.C., Berman D.C., Fairén A.G., Linares R., Zarroca M., Yan J., Miyamoto H. & Glines N. (2015). *Martian outflow channels: How did their source aquifers form, and why did they drain so rapidly?* OPEN. Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/srep13404>

Andrews-Hanna J. C. & Phillips R. J. (2007). *Hydrological modeling of outflow channels and chaos regions on Mars*. Journal of Geophysical Research: Planets, 112(E8).

Kargel J.S., Furfaro R., Prieto-Ballesteros O., Rodriguez J.A.P., Montgomery D.R., Gillespie A. R., Marion G.M. & Wood S. E. (2007). *Martian hydrogeology sustained by thermally insulating gas and salt hydrates*. Geology, 35(11), 975-978.

Korteniemi J., Aittola M., Öhman T., Raitala J., Korteniemi J. & Öhman T. (2006). *Floor-fractured craters on the terrestrial planets-The martian perspective Craterlake Geotrail Project View project FLOOR-FRACTURED CRATERS ON THE TERRESTRIAL PLANETS-THE MARTIAN PERSPECTIVE*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/228889992>

Meresse S., Costard F., Mangold N., Masson P., Neukum G. & the HRSC Co-I Team (2008). *Formation and evolution of the chaotic terrains by subsidence and magmatism: Hydrates Chaos, Mars*. Icarus, 194(2), 487-500.

Troll V.R., Walter T.R. & Schmincke H.-U. (2002). *Cyclic caldera collapse: Piston or piecemeal subsidence? Field and experimental evidence*. Geology, 30(2), 135-138.

Zegers T.E., Oosthoek J.H. P., Rossi A.P., Blom J.K. & Schumacher S. (2010). *Melt and collapse of buried water ice: An alternative hypothesis for the formation of chaotic terrains on Mars*. Earth and Planetary Science Letters, 297(3-4),



View from the moon to Mars in free space Elements of this image were furnished by NASA.



Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA

a cura di **Eugenio Nicotra**

 Pagina web: <https://www.aivulc.it/>

Lettera dal PRESIDENTE AIV

Il 2021 che ci siamo ormai lasciati alle spalle è stato più volte definito come un anno “vulcanico”, con eruzioni significative o risvegli da prolungati stadi di relativa quiescenza in molte parti della Terra. Tra i principali si pensi all’Etna e Vulcano in Italia, Fagradalsfjall e Grimsvötn in Islanda, La Soufrière sull’isola di St. Vincent, il Nyiragongo nella Repubblica Democratica del Congo, la Cumbre Vieja sull’isola di La Palma, Semeru e Sinabung in Indonesia, Mt. Aso in Giappone, il Kilauea alle Hawaii e tanti altri ancora...

Da questo punto di vista ci aspettiamo un 2022 altrettanto entusiasmante, ma lo sarà certamente anche per le attività in presenza dell’AIV che sono state programmate nel corso dell’Assemblea dei Soci tenutasi il 28 Gennaio. Stiamo parlando della 5ª Conferenza A. Rittmann, delle Scuole rivolte a giovani vulcanologi di vario livello e del *Workshop* su paleomagnetismo in onore del Prof. Roberto Lanza. L’estate 2022 si prospetta dunque particolarmente “calda”!

Approfittate dei vantaggi derivanti dall’iscrizione o dal rinnovo della vostra *membership* all’AIV per godere, anche per il 2022, di queste coinvolgenti iniziative. Rinnovo l’invito a seguire le attività sociali sul sito web dell’AIV al link www.aivulc.it, sul quale potrete trovare articoli di attualità vulcanologica, il *database* PubAIV dedicato alle pubblicazioni scientifiche più recenti dei soci AIV (integrato mensilmente e in continua crescita) e altro materiale.

Seguiteci sempre sui nostri canali *social* Facebook, Instagram, Twitter e YouTube per rimanere sempre aggiornati sulle attività sociali e sulle *news* che riguardano i principali vulcani in attività sulla Terra!

Prof. Marco Viccaro
Presidente dell’AIV 2021-2023

5ª CONFERENZA *A. Rittmann*

29 Settembre – 1 Ottobre 2022 **Luogo** Catania



Dal 29 Settembre al 1 Ottobre 2022 la città di Catania avrà l’onore di ospitare nuovamente la Conferenza Alfred Rittmann, giunta alla sua quinta edizione. Questo evento, organizzato dall’Associazione Italiana di Vulcanologia, l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e l’Università degli Studi di Catania, rappresenta ormai dal 2009 il momento di confronto scientifico più rilevante su scala nazionale in ambito vulcanologico, capace di catalizzare l’attenzione di ricercatori provenienti da tutta Italia e dall’estero. Anche per il 2022, come per l’ultima edizione pre-pandemia del 2020, la 5ª Conferenza A. Rittmann si svolgerà all’interno dei prestigiosi ambienti del Monastero dei Benedettini in San Nicolò l’Arena a Catania con sessioni orali, poster e altri momenti più conviviali nella magica atmosfera che avvolge questo gioiello tardo barocco.

Le sessioni orali e poster saranno selezionate sulla base di una *Call for Sessions* diramata a tutta la comunità vulcanologica afferente ad Università, Enti di Ricerca, Enti pubblici di gestione del territorio, strutture di Protezione Civile, Associazionismo. Nel corso della 5ª edizione della Conferenza A. Rittmann si avrà dunque il privilegio di poter discutere di molteplici tematiche scientifiche di interesse vulcanologico, favorendo un approccio alla discussione quanto più possibile multidisciplinare e includendo aspetti riguardanti la comunicazione e divulgazione della cultura vulcanologica.

Premio Tesi di Laurea AIV 2021 "BRUNO CAPACCIONI"

Anche quest'anno l'Associazione Italiana di Vulcanologia (AIV) ha assegnato un Premio di Laurea sulla base di un bando di concorso rivolto a studenti che abbiano discusso una Tesi Magistrale in Vulcanologia nelle sessioni comprese tra Settembre 2020 e Luglio 2021. Per ogni tesi sono stati valutati l'originalità della ricerca, l'innovatività del contenuto scientifico e dell'approccio metodologico usato, le eventuali applicazioni dei risultati ottenuti ed il voto finale di laurea. La Commissione di valutazione, composta da Roberto Isaia (INGV-OV), Chiara Maria Petrone (*Natural History Museum*, UK) e Laura Pioli (UniCa), analizzate le 11 domande pervenute, ha conferito il Premio di Laurea AIV 2021 al **Dott. Antonio Tazzini**, laureatosi con 110/110 presso l'Università di Pisa (relatrice Prof.ssa A. Gioncada). Al vincitore viene conferita una somma di € 500 a titolo di borsa di studio.



Antonio TAZZINI

Antonio Tazzini, nato a Massa, a seguito del diploma di maturità scientifica ha intrapreso un percorso di studi in Scienze della Terra, laureandosi in geologia presso l'Università degli Studi di Pisa. Dopo aver discusso una tesi triennale sulle mineralizzazioni a solfuri misti delle miniere di Campiglia Marittima (LI), ha conseguito presso la stessa Università anche la laurea magistrale con una tesi intitolata "*Coinvolgimento*

di fluidi magmatico-idrotermali in eruzioni freatiche: indicazioni dallo studio dei prodotti di La Fossa (Isola di Vulcano, Eolie)". Lo studio ha l'obiettivo di contribuire alla conoscenza delle interazioni tra il sistema magmatico e quello idrotermale del sistema La Fossa presso l'isola di Vulcano, studiando i prodotti delle eruzioni freatiche recenti. Dopo aver conseguito la laurea, AT ha svolto un periodo di ricerca presso l'Università di Montpellier, occupandosi di petro-geochimica e geocronologia degli xenoliti del Tuareg Shield (Algeria), tramite spettrometria di massa in situ (LA-ICPMS), petrografia e SEM.



Barbara BONECHI

Barbara Bonechi, nata a Genzano di Roma, si è laureata in Geologia presso l'Università degli Studi di Roma La

Sapienza con una tesi sperimentale sulla stabilità dell'anfibolo in magmi primitivi alcalini e subalcalini. Ha conseguito presso la stessa Università anche il Dottorato di Ricerca sotto la supervisione del prof. M. Gaeta, della Dr.ssa C. Perinelli e del Prof. V. Stagno, con una tesi sui processi magmatici profondi nel Distretto Vulcanico dei Campi Flegrei tramite esperimenti sulle proprietà cinetiche e reologiche di magmi

alcalini primitivi. I suoi principali campi di ricerca sono: cinetica di nucleazione, cristallizzazione e dissoluzione dei sistemi silicatici naturali; scale temporali dei processi magmatici; partizione di elementi maggiori e in traccia tra cristalli e magmi mafici e processi di differenziazione di camera magmatica profonda; proprietà reologiche (viscosità e struttura del fuso) di magmi basici ad alta pressione e temperatura tramite esperimenti in situ con luce di sincrotrone. Queste ricerche sono culminate nella pubblicazione di sei articoli scientifici su riviste internazionali. Attualmente ha un assegno di ricerca presso la stessa Università dove lavora sui processi di geni e differenziazione di magmi con serie calcocaline, alcaline o ultrapotassiche.



Alberto CARACCILO

Alberto Caracciolo, nato a Fano (PU), ha ottenuto nel 2014 la laurea triennale in Scienze Geologiche e Gestione del

Territorio presso l'Università di Urbino 'Carlo Bo'. Nel 2016 ottiene la laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche presso l'Università di Pisa con una tesi in Vulcanologia. Inizia il Dottorato di Ricerca nel 2017 presso la University of Iceland che conclude nel Febbraio

del 2021 con una tesi di geochimica e petrologia. La tesi di dottorato riguarda la composizione chimica dei magmi e la struttura del sistema magmatico del vulcano di Bardarbunga, in Islanda. I suoi interessi riguardano la struttura dei sistemi di alimentazione dei vulcani, la composizione chimica di magmi e minerali, con particolare interesse alle inclusioni silicatiche e la modellizzazione di profili di diffusione chimica in minerali. Concluso il dottorato inizia un post-doc presso la stessa Università dove lavora su un nuovo progetto riguardo l'ultimo ciclo eruttivo (800-1240 AD) nella penisola di Reykjanes.

Premio Tesi di Dottorato AIV 2021

L'AIV ha inoltre bandito anche per il 2021 un concorso per l'assegnazione di un premio per un Dottore di Ricerca che abbia discusso una tesi su tematiche inerenti alla Vulcanologia, conseguendo il titolo tra Agosto 2020 e Luglio 2021. Per ogni tesi sono stati valutati l'originalità della ricerca, l'innovatività del contenuto scientifico e dell'approccio metodologico usato, le eventuali applicazioni dei risultati ottenuti, il curriculum vitae et studiorum dei partecipanti e le pubblicazioni inerenti alla tesi. La Commissione di valutazione, composta da Roberto Isaia (INGV-OV), Chiara Maria Petrone (*Natural History Museum*, UK) e Laura Pioli (UniCa), dopo aver analizzato le 5 domande pervenute, ha conferito il Premio Tesi di Dottorato AIV 2021 *ex aequo* alla **Dr.ssa Barbara Bonechi**, la quale ha discusso presso l'Università degli Studi di Roma La Sapienza una Tesi di Dottorato dal titolo "*High Pressure Experiments on Kinetic and Rheological Properties of Primitive Alkaline Magmas: Constraints on Deep Magmatic Processes at the Campi Flegrei Volcanic District*" (tutor Prof. M. Gaeta) ed al **Dr. Alberto Caracciolo**, il quale ha discusso presso l'*University of Iceland* una Tesi di Dottorato dal titolo "*Temporal evolution of crystal mush reservoirs beneath the Bárðarbunga-Veiðivötn volcanic system, Iceland*" (tutor Prof. E. Bali).

A ciascun vincitore viene conferita una somma di € 500 a titolo di borsa di studio.

Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana

a cura di Anna Giamborino

 Pagina web: www.paleoappi.it

LA STORIA DELLA TERRA ATTRAVERSO IL DIVERTIMENTO E L'INTRATTENIMENTO: *Il lato ludico dei fossili*

Durante i mesi di marzo - maggio e settembre scorsi, sono stati portati avanti diversi progetti didattici di approfondimento delle Scienze della Terra, rivolti principalmente alla fascia scolastica degli studenti di primo grado (6-12 anni).

I progetti prevedevano inizialmente degli incontri in presenza alternati con delle attività laboratoriali che sono state in parte svolte nel modo previsto e in parte in DAD a causa del protrarsi della situazione pandemica.

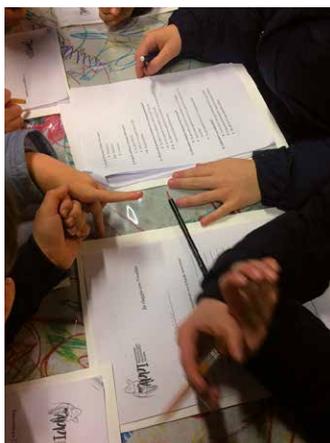
Il primo progetto, dedicato alla scoperta della parte più superficiale del nostro pianeta, “**Il Suolo, la pelle della Terra**”, è stato suddiviso in quattro appuntamenti - due lezioni frontali e due laboratori pratici - durante i quali è stato possibile portare all'attenzione degli studenti quanto possa essere importante il suolo come risorsa per l'uomo e per il pianeta.

Partendo dall'origine del suolo, quindi dalle principali tappe della pedogenesi, ne abbiamo poi studiato i diversi strati: da quelli caratterizzati dalla presenza di acqua ed aria (lettiera e *humus*) e quindi di vita vegetale ed animale, per poi scendere sempre più in profondità nel sottosuolo fino alla roccia madre. Sono state analizzate la composizione del terreno e le caratteristiche dei differenti tipi di roccia.

Sono state evidenziate le diverse funzioni del suolo, innumerevoli ed importantissime per la vita umana e non solo, ma anche le continue minacce che ne mettono a repentaglio la qualità, la struttura e la tessitura: agli studenti è stato quindi proposto di

valutare i rischi dell'urbanizzazione eccessiva, dell'uso di fertilizzanti, della dispersione di inquinanti e della conseguente perdita della biodiversità. Su quest'ultima ci siamo soffermati, valorizzandola come risorsa fondamentale per il benessere della vita sul nostro pianeta, ma anche studiandone lo sviluppo temporale: lo studio dei fossili e del sottosuolo custodisce, infatti, anche la biodiversità del passato, facendo luce su quelli che sono stati i principali eventi evolutivi e sugli ambienti che ne hanno fatto da scenario. Importanti nello sviluppo dell'argomento sono stati elementi qualificanti come il concetto di tempo, di ciclicità degli eventi, di evoluzione differenziata dei fenomeni.

Il terzo e il quarto incontro sono stati dedicati alle attività laboratoriali che hanno permesso agli studenti di diventare protagonisti, con attività pratiche che li portano ad approfondire, divertendosi, le molteplici tematiche delle Scienze della Terra.





La metodologia utilizzata ha alternato momenti teorici a spazi dedicati alla sperimentazione attiva, rendendo ogni attività un'esperienza unica e un'opportunità nuova di scoperta e apprendimento.

Il primo laboratorio ha permesso agli studenti di osservare diverse qualità di suolo e rocce, materiale che è stato poi impiegato nella realizzazione - negli spazi verdi adiacenti agli istituti scolastici - di un grande mandala (disegno geometrico circolare) composto da elementi naturali studiati durante la lezione teorica (piccoli sassi, ma anche materiale vegetale, come ad esempio foglie, rametti). Un momento di cooperazione che ha permesso agli alunni non solo di acquisire nuove competenze e maggiore consapevolezza su una risorsa così importante come il suolo, ma anche di ritrovare - pur rispettando le norme di sicurezza - il piacere di svolgere un'attività di gruppo.

Durante il secondo laboratorio, gli studenti hanno avuto modo di riconoscere dal punto di vista macroscopico le principali caratteristiche dei vari tipi di rocce con particolare attenzione a quelle sedimentarie, custodi per eccellenza della Storia della Terra. L'attività ha previsto (ove possibile) la simulazione di uno scavo paleontologico con il recupero, la realizzazione del calco e l'identificazione dei fossili. Gli studenti sono stati guidati in una regolare procedura che simula un cantiere di scavo con delimitazione e quadratura dell'area e nella classificazione dei reperti tramite opportuni campioni di confronto e schede di riconoscimento. In seguito alla realizzazione del calco in gesso del reperto, rinvenuto durante le fasi di scavo, si è poi passati ad una discussione all'interno della classe, per valutare insieme le caratteristiche dei reperti ritrovati e poterli così interpretare nella maniera più corretta, evidenziando infine - tramite attività di disegno - le caratteristiche peculiari dei vari ritrovamenti.

Tra le varie tematiche affrontate, l'intero progetto aveva come finalità anche quello di sensibilizzare i ragazzi alla tutela dell'ambiente in cui viviamo e a ridurre, attraverso alcuni semplici accorgimenti, l'impatto dell'uomo sull'ambiente. Per questo motivo, durante le attività laboratoriali, sono stati utilizzati materiali naturali o riciclati.

La paleontologia e la geologia sono scienze applicate ad una dimensione temporale molto lontana dal nostro quotidiano, ma allo stesso tempo basate sull'interpretazione di testimonianze materiali molto "evocative" e stimolanti come i fossili. Le forme di vita del passato diventano così un mezzo necessario e straordinario per raccontare il passato della Terra, l'evoluzione della Vita e il Tempo. La metodologia, basata sulla sperimentazione e sulla condivisione dell'idea di approfondimento dinamico, favorisce la libertà di espressione, socializzazione, collaborazione, gioco e educazione. L'approccio ludico-creativo diventa strumento privilegiato di conoscenza e di sviluppo cognitivo stimolando l'attitudine all'uso critico del sapere e alla collaborazione nella capacità di trovare soluzioni ai problemi. Inoltre, l'utilizzo delle due diverse tecniche (quella tradizionale e quella pratica laboratoriale) aiuta lo

studente ad apprendere nel modo a lui più idoneo, riuscendo così a personalizzare l'esperienza oltre che a coinvolgerlo in attività che suscitano stupore e soprattutto curiosità.

Infine, l'utilizzo di materiali comuni, con cui lo studente entra in contatto anche nel quotidiano, aiuta a mantenere impressa nella memoria l'esperienza svolta attraverso un impatto emozionale e favorendo così l'apprendimento.

L'orologio del Tempo è il secondo progetto sviluppato in classe.

Il concetto di tempo è molto complesso e non innato nell'uomo, il quale riesce però, tramite il succedersi degli avvenimenti, a percepirlo e quindi - almeno in parte - a determinarlo.

Capire il "Tempo Geologico" è molto difficile perché il nostro pianeta è straordinariamente antico rispetto ai parametri umani e per chiunque, immaginare oltre quattro miliardi e mezzo di anni, è un'impresa assai ardua. Si tratta di un intervallo così esteso che soltanto tramite analogie si può provare a quantificare e a capire il tempo intercorso tra i vari eventi terrestri. Lo studio dei fossili è di grande aiuto in questo, e conoscere quali forme di vita si sono succedute nel tempo consente di conoscere la storia della Terra e di ricostruirla. Anche in questo caso, il progetto si è focalizzato sull'approfondimento di questi importanti temi tramite lezioni frontali e attività pratiche, che hanno avuto come obiettivo, oltre a contribuire all'acquisizione di contenuti e strumenti di apprendimento in modo divertente e ludico, di coinvolgere gli alunni in attività che mirino a suscitare stupore e soprattutto curiosità. L'approccio utilizzato è basato sul metodo investigativo che ha lo scopo di far sì che lo studente, tramite attività teorico-pratiche, sia stimolato a porsi delle domande, ricercare, a ragionare ipotizzando soluzioni ai problemi e acquisendo concetti.

Per l'attività pratica è stata utilizzata la metafora dell'orologio. Comparando i 4,6 miliardi di anni dell'esistenza della Terra alle 24 ore di una giornata, si è calcolato a quali momenti corrispondono, in proporzione, le datazioni in milioni e migliaia di anni cui risalgono i principali eventi della storia della Vita sul nostro Pianeta. Ciascuno studente ha avuto modo di realizzare un "orologio del tempo profondo" arricchito di disegni che simboleggiano le principali tappe della Storia della Terra con i protagonisti che l'hanno caratterizzata.

Applicando questo metodo, nei casi in cui alle normali attività teoriche d'insegnamento o di divulgazione sono state associate delle attività pratiche e laboratoriali, si riscontra un interesse maggiore per le discipline scientifiche da parte degli studenti.

Con entrambi i progetti, si è riscontrato come l'utilizzo dei metodi investigativi sperimentati non sia da sostituire a quelli tradizionali e che anzi, l'integrazione dei due diversi approcci all'insegnamento delle scienze sia necessario a soddisfare i diversi stili cognitivi e di apprendimento degli studenti. Ed è proprio per un maggiore coinvolgimento individuale verso alcune difficili tematiche scientifiche, come il tempo geologico e la fossilizzazione, che sono state elaborate le attività ludico-pratiche sopra descritte.



Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI

a cura di Susanna Occhipinti

 Pagina web: www.anisn.it/nuovosito

LETTERA APERTA
*all'Egregio Sig. Ministro
dell'Istruzione, al Presidente
della Commissione Cultura,
Scienza e Istruzione della
Camera e al Presidente della
7^a Commissione permanente
del Senato*

L'Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali (ANISN), come altre associazioni di insegnanti, docenti universitari, esperti, petizioni *on-line*, ha recentemente indirizzato una lettera al Ministro dell'Istruzione su due temi che destano profonda preoccupazione: l'Esame di stato, in particolare sulla opportunità di far effettuare agli studenti la prova scritta, decisione che al momento il Ministro ancora non ha preso, ma soprattutto e la formazione dei futuri docenti. Come è sotto agli occhi di tutti, questi ultimi due anni, a causa dell'emergenza sanitaria dovuta alla Pandemia di SARS-Covid 19 hanno visto la scuola, dalla primaria alle secondarie di secondo grado, evidenziare criticità sempre più profonde ed un diffuso disagio che ha interessato tutti i settori dell'istruzione, studenti, docenti, educatori e dirigenti.

Quasi due anni di Didattica a Distanza hanno inevitabilmente penalizzato studenti, tra quali emergono situazioni di disagio e di isolamento, livelli di apprendimento inevitabilmente più bassi, selezionando e discriminando tra chi era dotato di PC, di connessione adeguata e anche solo di spazi personali - non erano rare le verifiche in cucina mentre la mamma cucinava..., e coloro che non sempre è stato possibile dotare di strumenti, *device* e connessioni, tra studenti motivati e studenti fragili ed in difficoltà. Ma anche tra i docenti c'è stato chi, già attrezzato e formato o comunque disponibile a "rimboccarsi le maniche" ha affrontato il mondo delle TIC, delle piattaforme, ma soprattutto ha capito che erano necessarie competenze tecnologiche ma soprattutto metodologiche, che era necessario reinventarsi, usare nuovi approcci metodologici perché tenere viva l'attenzione degli studenti dietro uno schermo ha imposto di superare la tradizionale lezione frontale... e chi non lo ha fatto, per mancanza di volontà o di strumenti.

ANISN scrive pertanto al Ministro

... si sottopone alla Sua attenzione la richiesta di incrementare la formazione e l'aggiornamento dei docenti sui nodi fondanti



delle singole discipline e di alzare, non abbassare, l'asticella delle difficoltà, sottoponendo a costanti sfide i nostri studenti, per valorizzare le risorse e le potenzialità di cui ognuno è dotato. Solide conoscenze di base, allenamento alla fatica mentale, incremento dell'autostima e dei personali talenti, capacità collaborative e comunicative sono alcune delle priorità che i docenti sono chiamati a perseguire nell'attività didattica.

In una società in continua e rapida evoluzione, in cui l'accesso alle informazioni avviene in una pluralità di modi e che richiede costantemente la capacità di analizzare, interpretare, sottoporre a vaglio critico le notizie circolanti nella rete, una funzione decisiva della scuola è quella di formare menti pensanti, dotate di risorse mentali e psicologiche con cui leggere e valutare la realtà circostante. È necessario innovare i metodi didattici degli insegnanti e incrementare le conoscenze in ambito scientifico delle attuali generazioni, rafforzando lo studio individuale quale strumento insostituibile per la personalizzazione e l'interiorizzazione dei saperi. Per quanto attiene alla formazione dei docenti, questa dovrebbe essere una formazione strutturale, sistemica e sistematica, disciplinare e metodologica, motivante e motivata, evitando il forte rischio di una formazione obbligatoria che si riduca a un'operazione di facciata.

Si manifestano inoltre perplessità per la tendenza a richiedere al docente una serie di attività che rischiano di snaturare la sua professionalità, riducendo il tempo disponibile per aggiornarsi e continuare a formarsi.

Nella convinzione che solo un insegnante esperto nella sua disciplina e nell'utilizzo di varie strategie di insegnamento-apprendimento possa meglio valorizzare e far crescere i propri studenti... conclude ANISN, ma arriva alla stessa conclusione la **Commissione Italiana per l'Insegnamento della Matematica**, che raccomanda che la formazione iniziale degli insegnanti di scuola secondaria sia sviluppata attraverso un percorso coerente, in cui gli apporti degli insegnamenti disciplinari, didattico-

disciplinari, pedagogico-didattici e la riflessione sul tirocinio si integrino tra loro in un rapporto dialettico tra teoria e pratica, quando sempre più frequentemente nel dibattito pubblico ci si lamenta della scarsa preparazione degli studenti e ci si preoccupa delle conseguenze socio-economiche e culturali di tale scarsa preparazione.

Sullo stesso tema si è espresso Pietro Di Martino (UniPI, matematico, delegato del rettore per la formazione degli insegnanti), con una lettera ai due ministri di scuola e università per sollecitare una risposta seria al problema della formazione degli/delle insegnanti della scuola secondaria. Una formazione iniziale seria degli insegnanti deve essere sviluppata prima dell'immissione in ruolo, co-progettata e portata avanti assieme tra scuola e università, e sicuramente non può essere concepita come un fai da te, una sorta di raccolta punti di crediti universitari. Non può essere concepita senza immaginare un percorso coerente, unitario e sviluppato creando una comunità, un gruppo di persone che condividono gli stessi spazi, lo stesso percorso formativo e durante tale percorso si confrontano tra loro e con gli esperti. ... Siamo attualmente l'unico Paese in Europa senza un serio percorso di formazione pre-immissione in ruolo per gli insegnanti di scuola secondaria (per l'infanzia e la primaria è necessaria un'apposita laurea magistrale a ciclo unico...).

E non va dimenticato, infine, il fondamentale tema della formazione degli insegnanti di scienze nelle discipline geologiche, disciplina che il curriculum ministeriale sviluppa con scarsa coerenza e nessuna propedeuticità, con percorsi frammentari, talora volutamente trascurati per mancanza di competenze o di tempo: viene spontaneo domandarsi da dove deriva la scarsa sensibilità verso i problemi ambientali, geologici, idrogeologici che interessano il nostro Bel Paese.

a cura di Susanna Occhipinti

Associazione Italiana PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO

a cura di Eleonora Regattieri

 Pagina web: www.aiqua.it

9 Luglio 2021

Escursione

settore costiero e carsico della provincia di Trieste



Fig. 1 - Descrizione del Quaternario nel Golfo di Trieste nel primo *stop*, in Baia di San Bartolomeo, al confine tra l'Italia e la Slovenia (foto Pietro Grego).



Fig. 2 - *Stop* in Val Rosandra e descrizione dell'unica sequenza quaternaria in affioramento della provincia di Trieste (foto Pietro Grego).

II QUATERNARIO A TRIESTE *e dintorni*

Il 9 luglio 2021 si è stata organizzata dall'**AIQUA**, con il Dipartimento di Matematica e Geoscienze (Università di Trieste) e dall'Ordine dei Geologi del Friuli-Venezia Giulia, un'escursione tematica dal titolo "Il Quaternario a Trieste e dintorni". All'evento hanno partecipato 16 geologi professionisti e molti studenti dell'Università di Trieste.

L'escursione ha toccato tutto il settore costiero e carsico della provincia di Trieste, la quale si sviluppa su terreni rocciosi di natura calcarea e terrigena, rispettivamente i calcari del Carso e il *Flysch* di Trieste. L'evoluzione Quaternaria di questo territorio ha lasciato una serie di evidenze geomorfologiche e sedimentologiche che sono state illustrate ai partecipanti nei tre *stop* previsti: le strutture archeologiche sommerse nella Baia di san Bartolomeo, al confine tra l'Italia e la Slovenia, la valle dell'Rio Osopo, i depositi della Val Rosandra e i solchi sommersi tra Sistiana e Duino, nel settore settentrionale del Golfo di Trieste. Nell'ultimo *stop*, molti hanno partecipato alla nuotata, con maschera e pinne, sotto le falesie per osservare i solchi e discuterne l'origine e lo sviluppo.

a cura di Stefano Furlani



Fig. 3 - *Stop* nel porticciolo di Duino prima della nuotata lungo le falesie a picco su cui, in posizione sommersa, si trova il solco marino (foto Pietro Grego).

5 Novembre 2021

Escursione

Conoide di Lanzano



Fig. 1 - Esteso affioramento del Complesso Superiore villafranchiano lungo il F. Stura di Lanzano osservato durante l'escursione.

Escursione geologica organizzata DALL'AIQUA E DALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL PIEMONTE NEL CONOIDE DI LANZO (Gabriella Forno)

Lo scorso 5 novembre 2021 è stata effettuata una escursione geologica nel Conoide di Lanzano (Pianura Padana occidentale), organizzata da Gabriella Forno, Franco Gianotti, Edoardo Martinetto (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino) e Gianfranco Fioraso (Istituto di Geoscienze e Georisorse, IGG-CNR), che rappresenta una delle prime attività AIQUA in presenza dopo un lungo periodo di proposte *on-line*. L'escursione, seguita da un numero rilevante di partecipanti (51), ha fornito un quadro geologico dettagliato del settore destro del conoide, corrispondente a una delle principali aree di affioramento della successione villafranchiana, solo parzialmente coperta da successivi sedimenti fluviali pleistocenici.

La recente cartografia geologica di quest'area, integrata dallo studio di sondaggi idrici e da studi stratigrafici, ha portato al riconoscimento di due complessi villafranchiani sovrapposti, di età rispettivamente piacentiana e calabriana, tra loro discordanti e separati da una superficie di erosione sottolineata localmente da un paleosuolo molto evoluto. Durante l'escursione è stato osservato un ceppo fossile di *Glyptostrobus* entro i sedimenti del Complesso Inferiore, appartenente alla Foresta Fossile dello Stura di Lanzano periodicamente esposta dall'attività erosiva operata dal corso d'acqua e purtroppo progressivamente asportata. Sono stati inoltre considerati gli estesi affioramenti dei sedimenti siltosi e sabbiosi molto addensati, con rare intercalazioni ghiaiose, riferibili allo stesso complesso, che risultano profondamente incisi dall'alveo attuale del F. Stura di Lanzano. Il Complesso Superiore, anch'esso osservato in estese scarpate connesse con l'incisione da parte del corso d'acqua, è invece costituito da ghiaie con ridotte intercalazioni sabbioso-siltose, caratterizzate da una intensa pedogenesi. Al di sopra di questa successione sono stati osservati i depositi fluviali pleistocenici costituenti una serie di estese superfici terrazzate, variamente interessate da pedogenesi. Particolare attenzione è stata posta all'ampio terrazzo fluviale di La Mandria, di cui abbiamo osservato la natura ghiaiosa grossolana con una copertura di limi di esondazione e di *loess* eolico. L'escursione è stata accompagnata da numerose domande riguardanti sia gli aspetti geologico-stratigrafici, ad esempio relativi al bacino di provenienza dei diversi sedimenti osservati, sia quelli applicativi, ad esempio quelli concernenti l'attività erosiva del F. Stura di Lanzano accentuata dalla costruzione di una soglia in alveo in prossimità del ponte stradale di Villanova Canavese.



"I sedimenti del Complesso Inferiore villafranchiano risultano profondamente incisi dal F. Stura di Lanzano a valle del ponte di Villanova Canavese."

22/24 Giugno 2022

Workshop

Pisa



Workshop CLIMATE CHANGE AND CARBON CYCLE

Al via le iscrizioni del workshop internazionale "Climate Change and Carbon Cycle: Global Change from the Deep Past to the Anthropocene" (C⁴) che si terrà presso l'Area della Ricerca di Pisa del CNR dal 22 al 24 Giugno 2022.

Il workshop, organizzato dai Gruppi di Lavoro DSSTA "Dinamica del Paleoclima" e "Ciclo del Carbonio", mira a promuovere nuove opportunità di collaborazione e scambio di conoscenze all'interno delle comunità scientifiche interessate al legame tra i cambiamenti globali, il sistema climatico e il ciclo del carbonio. "C⁴" prevede tre sessioni altamente interdisciplinari – *Processes, Impact & Frontiers* – volte ad integrare diverse prospettive scientifiche e ad abbracciare un ampio arco temporale, dalle osservazioni sul presente ai processi geologici alla scala dei milioni di anni, passando attraverso la scala millenaria dei cambiamenti orbitali e sub-orbitali del Quaternario.

C⁴ accoglie contributi che spaziano dalle moderne osservazioni ai *proxy record* del passato geologico, includendo anche simulazioni, che (i) esplorano i processi lineari e non lineari risultanti dalle interazioni tra il sistema climatico e il ciclo del carbonio su scale temporali multiple, (ii) forniscono approfondimenti sui cambiamenti climatici e variazioni del ciclo del carbonio – passati e presenti – e sulle conseguenze su ambienti ed ecosistemi e (iii) evidenziano le lacune di conoscenza e come esse possono essere colmate attraverso gli sforzi congiunti delle comunità scientifiche che si occupano di clima, paleoclima e ciclo del carbonio. Il workshop prevede oltre a *key and invited speakers* per ogni sessione, dei laboratori interdisciplinari con il fine di discutere e individuare aree comuni di ricerca scientifica e stimolare la discussione verso progettualità future.

Maggiori informazioni ed iscrizione al workshop: <https://dta.cnr.it/climate-change-and-carbon-cycle/>



Società GEOCHIMICA Italiana

a cura del Consiglio di Presidenza della So.Ge.I.

Pagina web: www.societageochimica.it

GEOCHEM NEWSLETTER		Gennaio 2022, n.8	
		GEOCHEM NEWSLETTER	
Gennaio 2022, n.8		So.Ge.I. - SOCIETÀ GEOCHIMICA ITALIANA	
IN QUESTO NUMERO			
Lettera del Presidente Orlando Vaselli Saluti e comunicazioni ai Soci dal Presidente della Società Geochimica Italiana. Pagine 2-3		 Contatti Presidente: Orlando Vaselli presidenza@societageochimica.it orlando.vaselli@unifi.it Segretario: Marino Vetusch Zuccolini segreteria@societageochimica.it Membri del Consiglio di Presidenza: Stefano Caliro stefano.caliro@ingv.it Enrico Dinelli enrico.dinelli@unibo.it Barbara Nisi barbara.nisi@igg.cnr.it Webmaster: Stefania Venturi stefania.venturi@unifi.it	
R-Corner Caterina Gozzi Approfondimento su R Markdown. Pagine 4-6			
Attività dei Soci Alessandra Sciarra Caratterizzazione geochimica e geofisica dei suoli e del permafrost in Antartide nell'ambito del progetto SENECA «Source and impact of greenhouse gases in Antarctica». David Kinniburgh e Marino Vetusch Zuccolini News flash: Nuove distribuzioni per Phreeplot v 3 per Mac OSX e Linux. Pagine 7-9			
Special Issues Upcoming Special Issues di riviste scientifiche internazionali di potenziale interesse per i Soci. Pagina 14			
Pubblicazioni dei Soci Elenco delle pubblicazioni dei Soci (IF22) disponibili on-line dal 5 Ottobre al 31 Dicembre 2021. Pagine 15-16			

Gent.me Lettrici e Gent. Lettori,
 Buon Anno! Credevamo in un ritorno, seppur lento, alla normalità ed invece le festività natalizie e i giorni che si sono susseguiti ci hanno riportato con i piedi per terra. Siamo infatti nuovamente in piena emergenza sanitaria con un numero di contagi mai visto in precedenza anche se, fortunatamente, le ospedalizzazioni non stanno raggiungendo quelle della prima ondata. Questa ennesima (la quarta) ondata andrà inevitabilmente a riverberarsi anche sulle attività della nostra società. Ed il primo effetto è stata la decisione, dopo una sofferta riunione con il comitato organizzatore e il comitato scientifico ad inizio anno, di rimandare il Primo Congresso della **So.Ge.I.**, previsto dal 15 al 18 Febbraio, al 5-8 Luglio 2022, mantenendo sempre Genova come sede dei lavori e il Palazzo Rosso del comune ligure come luogo che ospiterà l'evento. Mi preme sottolineare che la sottomissione degli *abstract*, chiusasi a metà Dicembre 2021, aveva visto la presentazione di oltre 80 lavori sulle quattro tematiche proposte: Geochimica termodinamica, Geochimica Isotopica, Geochimica ambientale e Geochimica dei fluidi in ambiente vulcanico, geotermico e sismicamente attivo. Un risultato che è andato ben oltre le più rosee previsioni. Ringrazio di cuore tutti quelli che hanno creduto in questa iniziativa. Ora, chiaramente, la macchina organizzativa deve mettersi nuovamente in moto con la speranza che l'estate 2022 ci porti migliori notizie sul fronte "covid". A breve i due comitati si riuniranno per decidere o meno la riapertura delle sottomissioni e le date per la ripartenza delle iscrizioni al Congresso. La nostra pagina *web*, così come i nostri *social*, è costantemente aggiornata e, quindi, potete prendere visione delle ultime novità al riguardo.

Durante l'Assemblea Generale del 22 Dicembre 2021, oltre ad affrontare gli aspetti del Congresso, è stato fatto un resoconto delle attività della So.Ge.I. che nonostante il periodo critico è decisamente positivo. L'ampia partecipazione alla sessione "Geopollutants", all'interno del Congresso (*on-line*) della Società Geologica Italiana dove, grazie all'impegno dei *convener* (Barbara Nisi, Jacopo Cabassi e Alessandro Acquaviva) e i patrocini ai seguenti eventi: **i) PhD-day**; **ii) Struttura di fuoriuscita di fluidi nei mari italiani** e **iii) Le Geoscienze nell'Agenda 2030**. Sempre

in ambito patrocini, la Società è stata presente al primo congresso (in presenza) nazionale dei giovani scienziati, *Be-GeoScientists* (Ottobre 2021), tenutosi a Napoli. La Società ha inoltre partecipato all'organizzazione congiunta del Corso "*What geochemistry tells us*" (on-line) con la Babes-Bolyai University (Romania) grazie all'impegno di Artur Ionescu. Il Corso, strutturato in vari seminari, ha visto l'iscrizione di circa 70 partecipanti da varie parti del mondo.

Sono state definite le commissioni per l'assegnazione dei premi:



Galli

miglior tesi di PhD in
Geochimica dei Processi Magmatici



Panichi

miglior tesi di PhD in
Idrogeochimica



Tongiorgi

miglior tesi di PhD in
Geochimica Isotopica



Tonani

miglior tesi di PhD in
Geochimica Applicata

Le Commissioni, a breve, dovrebbero raggiungere il verdetto finale e i vincitori riceveranno i premi e relazioneranno, con una loro presentazione sui principali risultati raggiunti nei loro studi, durante il Congresso di Luglio.

Cosa si prevede per il 2022? Tutto è ovviamente dettato dall'andamento dei contagi da corona-virus. Se tutto andrà come speriamo, oltre al congresso di Luglio, l'Ordine dei Geologi della Toscana ci ha chiesto di organizzare una giornata sugli isotopi (stabili e non) applicati a problematiche ambientali. La sede dell'evento sarà Firenze ed il periodo per questa giornata di studio potrebbe essere Maggio o Giugno. Un'altra giornata di studio in ponte è quella dedicata alla geochimica delle aree umide, co-organizzata con il Comune di Montignoso (MS). Entro Febbraio decideremo le data. Per quanto riguarda la Scuola di Vulcano, quella dell'Etna e della CAMGEO siamo ancora in *stand-by* per i motivi precedentemente esposti.

A Settembre 2022, si terrà il congresso congiunto SGI-SIMP dove la **So.Ge.I.** parteciperà come società *embedded* e vedrà nel comitato scientifico la presenza di un nostro rappresentante nella persona di Stefania Venturi. Una sessione (P15: *Geochemical processes during CO₂ storage: from natural systems to laboratory experiments*) sarà organizzata dai soci Barbara Nisi [CNR], Marcello Liotta [INGV] e da Pierangelo Romano [INGV],

Desidero ricordare che ulteriori informazioni sulla So.Ge.I. sono disponibili sul notiziario trimestrale (*Geochem Newsletter*) che, grazie all'aiuto di Stefania Venturi (impeccabile redattrice nonché webmaster della Società) e di tanti altri collaboratori tra i quali vorrei ricordare e ringraziare Jacopo Cabassi, è uscito il fascicolo n. 8. I fascicoli precedenti possono essere visualizzati alla pagina web: <http://www.societageochemica.it/newsletter>

Ricordo infine che si sono aperte le iscrizioni alla **So.Ge.I.** Tutte le modalità relative sono riportate sempre nel nostro sito.

a cura di Orlando Vaselli



Società PALEONTOLOGICA Italiana

a cura di Lucia Angiolini

 Pagina web: www.paleoitalia.it

Dall'Ammonite all'Ammonia L'INIZIO E LA STORIA DELLA MICROPALEONTOLOGIA NELLE COLLEZIONI DEL MUSEO GEOLOGICO GIOVANNI CAPELLINI DI BOLOGNA

Il Museo Geologico Giovanni Capellini dell'Università di Bologna ospita nelle sue 14 sale una delle più importanti collezioni paleontologiche in Europa con un allestimento sostanzialmente inalterato dalla fine dell'Ottocento. Il Museo fu sede del Secondo Congresso Geologico Internazionale nel 1881 e nelle sue sale fu fondata la Società Geologica Italiana. Recentemente è stata allestita un'esposizione in sei vetrine dedicata alla micropaleontologia (Fig. 1) che permette di percorrere un viaggio nella storia di questa disciplina attraverso le testimonianze dei suoi più grandi maestri e in particolare di coloro che si sono occupati di foraminiferi. Il viaggio inizia con la scoperta dei primi microfossili, nel Settecento e termina alla metà del secolo scorso, quando la micropaleontologia divenne una disciplina imprescindibile nelle Scienze della Terra.

La prima tappa di questo viaggio, illustrata nella prima vetrina, documenta la scoperta dei microfossili, avvenuta grazie a Jacopo Bartolomeo Beccari (1682-1766) che descrisse dei foraminiferi fossili in alcuni campioni - qui esposti - provenienti dalla collina dell'Osservanza, a Sud di Bologna. L'osservazione al microscopio mostrò numerose conchigliette avvolte a spirale che chiamò "*Corni d'Ammonite*", ispirandosi all'antica divinità egizia e li considerò dei microscopici molluschi appartenenti al genere *Nautilus*. Un antico manoscritto documenta che Beccari illustrò i risultati delle sue ricerche all'Accademia delle Scienze di Bologna il 4 marzo 1711, con ciò fondando la Micropaleontologia. Nel 1739, Janus Plancus disegnerà questi esemplari e le sue immagini, qui esposte nel volume originale, saranno utilizzate da Linneo per istituire la specie descritta da Beccari dedicandogliela: il "*Nautilus beccarii* Linnaeus, 1758". Nella vetrina è anche esposto quello che è considerato il microscopio di Beccari, un antico microscopio attribuito a Giuseppe Campani (1635-1715). Beccari purtroppo non descrisse il suo microscopio, tuttavia nel testamento, letto il 19 gennaio 1766, nel lasciare il suo microscopio all'Accademia delle

Scienze, specificò che precedentemente questo era appartenuto a Marcello Malpighi, il padre dell'osservazione microscopica in medicina. I microscopi di Campani sono ritenuti i primi ad essere usati in campo medico, suggerendo che questo possa essere stato realmente utilizzato dal Malpighi e quindi dal Beccari.

La seconda vetrina è dedicata ad Alcide d'Orbigny (1802-1857), il più celebre fra i micropaleontologi, ha coniato la parola "foraminiferi" e ha descritto centinaia di nuove specie. È stato inoltre il primo a classificarli nel 1826, nel famoso trattato: "*Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes*". Per illustrare questo lavoro d'Orbigny realizzò 73 tavole, in gran parte inedite e 100 modelli ingranditi di foraminiferi. Delle numerose testimonianze che il Museo Capellini conserva di questo studioso, sono qui esposte una delle raccolte di modelli di foraminiferi (seconda edizione, 1843), le otto tavole pubblicate del "*Tableau méthodique*" e una versione manoscritta del "*Tableau*", il "*Tableau Berthelin-Fornasini*". Questo testo comprende 51 tavole inedite accuratamente copiate da Georges Berthelin dai disegni originali di d'Orbigny alla fine del XIX secolo e da questi lasciato in eredità a Carlo Fornasini.

La terza vetrina raccoglie parte della collezione di Carlo Fornasini (1854-1931), il più importante micropaleontologo italiano della fine dell'Ottocento, fra i fondatori della Società Geologica Italiana e che descrisse oltre 60 nuove specie. La sua vasta collezione consiste di centinaia di tubini di vetro e porta campioni in cartone rosso, gli "*slide rossi di Fornasini*", dove lo scienziato classificava gli esemplari.

La quarta vetrina è dedicata all'iconografia micropaleontologica sette-ottocentesca, per mostrare come gli studiosi del passato curassero le illustrazioni di questi microrganismi, fino a rendere alcune loro tavole delle vere opere d'arte. Per esempio, è esposto quello che può essere considerato l'insuperato capolavoro di iconografia dei foraminiferi, pubblicato da Henry B. Brady nel



Fig. 1 - Dall'Ammonite all'Ammonia: origine e storia della micropaleontologia in mostra permanente al Museo Capellini di Bologna

1884. Questo studioso illustrò in modo estremamente accurato i foraminiferi e si avvale spesso del colore per mostrare le variazioni cromatiche che caratterizzano alcune specie. È anche presente uno *slide* originale di Brady per permettere il confronto diretto fra l'esemplare e le stessa specie illustrata nelle sue tavole. La quinta vetrina mostra la pregevole raccolta di oltre 100 specie di nummuliti della "Collezione Hantken" donata al Museo nel 1881. Il Prof. Hantken, considerato il fondatore della micropaleontologia ungherese, preparò una raccolta di oltre 1000 esemplari di nummuliti, accuratamente custoditi entro magnifici *slide* verdi e che attualmente sono ospitati in diversi musei europei. I suoi famosi preparati gli valsero la medaglia d'oro all'Esposizione Universale di Vienna del 1873. La sesta vetrina è dedicata alla micropaleontologia a foraminiferi della prima metà del XX Secolo, in un periodo in cui lo studio dei microfossili ebbe la massima espansione, sotto l'impulso dell'industria petrolifera che vedeva nella micropaleontologia uno strumento estremamente efficace per la ricerca di idrocarburi. L'esposizione comprende una selezione di volumi e strumenti,

oltre alla raccolta di 50 modelli di foraminiferi prodotta nel 1950 dal Prof. Brooks Ellis, coautore del celebre "*Catalogue of the Foraminifera*". Ellis illustrò i pregi dei suoi modelli sulla rivista "*The Micropaleontologist*", rimarcandone l'accuratezza, l'utilità didattica, la robustezza e anche il prezzo: 50 dollari.

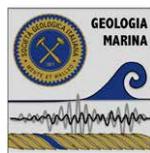
Il viaggio nelle collezioni micropaleontologiche potrebbe continuare: i depositi del Capellini ospitano centinaia di esemplari di foraminiferi, modelli e volumi di grande valore scientifico e storico. Ad esempio, i preparati ottocenteschi di Brady, Goës, Karrer e Millett, oppure quelli più recenti di Bermudez, Bolli, Heron-Allen, Jenkins, Kennett e Parker.

a cura di Stefano Claudio Vaiani¹, Roberto Barbieri^{1,2} e Carlo Sarti²; foto di Paolo Ferrieri²

¹ Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Italia.

² Museo Geologico "Giovanni Capellini", Università di Bologna, Italia.

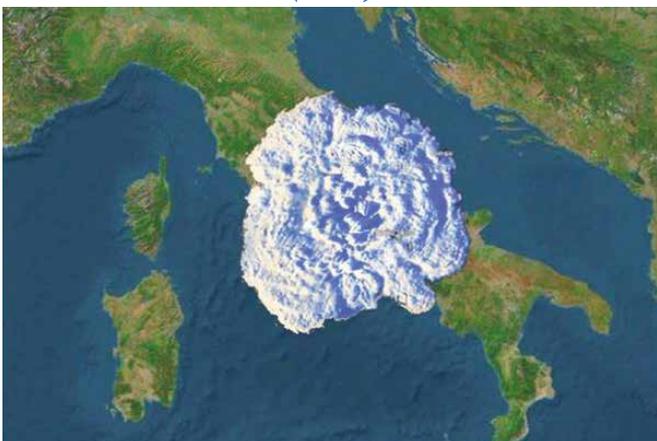
Sezione GEOLOGIA Marina



Coordinatore: Attilio Sulli

Pagina web: www.socgeol.it/255/geologia-marina.html

NASCONDERE I RISCHI sotto il tavolo (blu)



Una canzone del secolo scorso definiva il mare come una tavola blu, e proprio come una tavola il mare da sempre nasconde agli occhi una serie di dinamiche geologiche che quando si manifestano con eventi distruttivi sulla costa lasciano sorprese le persone e (cosa più grave) le autorità competenti della gestione del territorio.

I *geohazard* marini (in italiano si usa *georischi* ma sarebbe più corretto definirle *geopericolosità*) sono tra tutti i *georischi* forse i meno considerati e i meno conosciuti, per le ovvie difficoltà di accesso alle indagini ma anche per barriere culturali che sino oggi non hanno contemplato il mare e i suoi fondali come fonte di pericolo. Esistono vincoli sull'uso del suolo per il rischio idraulico, zonazioni e livelli di allerta per il rischio vulcanico, vincoli costruttivi e scenari probabilistici per i terremoti, ma ad oggi nessuna normativa esiste per i rischi marini, che di fatto sono assenti nella normativa nazionale (e per la verità anche in quella internazionale).

I terrificanti maremoti in Indonesia (2004) e in Giappone (2011) hanno acceso i riflettori sul rischio maremoti, l'eruzione di questi giorni del Hunga Tonga Hunga Ha'apai (nell'immagine il pennacchio è sovrapposto in scala all'Italia) è passata anche sulla grande stampa, ma per fare questo ci sono voluto eventi "pacifici" (nel senso di Oceano Pacifico), di una magnitudo che da noi non è fortunatamente possibile.

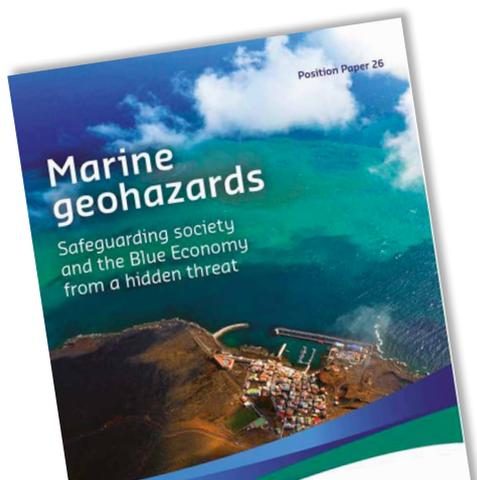
Vale tuttavia la pena ricordare che i *georischi* marini, come qualsiasi tipo rischio, sono il prodotto fattoriale tra pericolosità (magnitudo e frequenza di un evento), esposizione (quantità di soggetti e beni potenzialmente soggetti a rischio) e vulnerabilità (danni che l'evento pericoloso produce ai beni esposti). Le nostre

coste per motivi orografici sono spesso caratterizzate da abitati ed infrastrutture di trasporto molto prossimi alla linea di riva ed il turismo causa affollamenti estremi nei mesi estivi, specie nelle coste più scenografiche in cui la "scenograficità" è spesso dovuta all'attività dei processi geologici (vulcani attivi, falesie a controllo tettonico,...). Tutto ciò fa sì che eventi anche relativamente piccoli possano avere conseguenze devastanti. Nel 2002 la frana sottomarina e poi subaerea della Sciara del Fuoco produsse onde alte fino a 10 m su un'isola che d'estate vede centinaia di turisti presenti sulle spiagge. Se anziché il 30 dicembre la frana fosse avvenuta il 30 luglio, l'eruzione di Stromboli del 2002 sarebbe una nota non solo ai geologi.

Lo studio dei *geohazard* marini è una delle tematiche di punta della comunità dei geologi marini italiani; nei nostri convegni nazionali che si svolgono a cadenza biennale la tematica è una delle più rappresentate ed è stato recentemente presentato l'atlante del progetto *Magic* che ha concluso una fantastica esperienza di sforzo coordinato della comunità di ricerca per la mappatura dei lineamenti di pericolosità geologica dei fondali italiani che ha visto la collaborazione dei diversi gruppi di ricerca attivi a livello italiano. D'altra parte, la conoscenza sulle caratteristiche dei fondali marini (che, detto incidentalmente, costituiscono i due terzi del territorio nazionale) è per forza di cose limitata, perché limitate sono le tecniche di studio e di monitoraggio, che sono almeno un ordine di grandezza meno precise ed accurate rispetto alle tecniche che si usano in ambiente subaereo.

I *geohazard* marini (come quelli terrestri) non sono distribuiti uniformemente nei mari italiani. Se le faglie attive seguono grossomodo la dorsale appenninica (con i suoi parossismi calabro-peloritani e le sue propaggini garganiche) ed i vulcani la distribuzione di quelli insulari e costieri (con le notevoli eccezioni dei *seamount* tirrenici e dei banchi del canale di Sicilia), alcuni rischi sono invece direttamente legati al contesto tettonico/orografico come la presenza di erosione retrogressiva attiva alla testata di *canyon* molto prossimi alla linea di riva in Liguria, Sicilia e Calabria, fuoriuscite di fluidi nello Ionio e nel Tirreno (anche settentrionale), forme di fondo mobili nelle aree di stretto (Messina, Bonifacio).

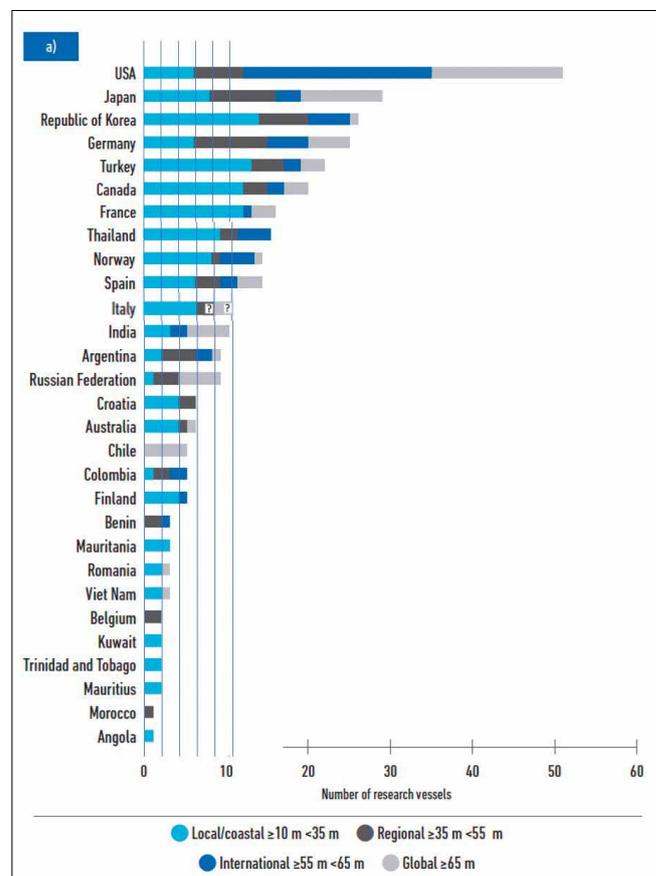
I *geohazard* non sono tuttavia un'esclusiva del nostro paese ma sono un problema anche a livello globale ed europeo: oltre ai paesi mediterranei che condividono con noi la geologia attiva (vulcani e terremoti), i paesi del nord Europa se sottoposti a recupero glacioisostatico presentano spesso coste alte con fiordi, *canyon* e fondovalle con *quick clay* (argille sensibili o sensitive, entrambi i termini lasciano perplessi), frane di dimensioni gigantesche (la frana di Storrega, che non è la più grande del margine continentale norvegese ha le dimensioni dell'Ungheria), fuoriuscite di fluidi e forme di fondo che migrando sui fondali nelle aree di stretto.



Per questi motivi lo *European Marine Board* ha prodotto il *Position Paper* n.36 (www.marineboard.eu/sites/marineboard.eu/files/public/publication/EMB_PP26_Marine_Geo_Hazards_v5_web.pdf) intitolato *Marine Geohazard, Safeguarding society and Blue Economy from an hidden threat*. Nel *Position Paper* oltre ad una descrizione dei *geohazard* marini, ed una descrizione della loro distribuzione nei mari europei e delle metodologie utilizzate per il loro studio, si fanno le seguenti raccomandazioni “politiche” che, ci si augura, potranno influenzare la pubblica amministrazione le prossime “call” europee e nazionali:

- Includere i georischii marini tra i rischi naturali in tutte le politiche relative alla mitigazione del rischio e alla gestione del territorio, a livello europeo, regionale, nazionale e locale;
- Considerare i georischii marini nella legislazione marina e marittima locale, nazionale e dell’UE, come la Direttiva UE sulla Marine Spatial Planning, la legislazione relativa alla *Integrate Coastal Zone Management* e le iniziative che riguardano lo sviluppo sicuro e sostenibile dell’economia blu;
- Richiedere che le autorità pubbliche favoriscano l’utilizzo di tutte le installazioni di infrastrutture sul fondale marino con un uso duale per il monitoraggio dei rischi ambientali e geologici;
- Sviluppare scenari probabilistici di georischio marino per tutti i principali insediamenti costieri e infrastrutture industriali;
- Istituire un *forum* delle parti interessate che consenta un dialogo costante tra la comunità di ricerca e le parti interessate per identificare le lacune di conoscenza e le esigenze tecnologiche. Ciò potrebbe essere ottenuto nell’ambito di specifici programmi di ricerca dell’UE sui georischii marini;
- Istituire uno o più laboratori naturali per i georischii marini in Europa su cui concentrare la ricerca, le strutture e la modellazione in situ di diversi gruppi di ricerca europei e non solo;
- Promuovere uno *standard* comune per l’interpretazione e la mappatura dei georischii marini per completare un censimento delle caratteristiche dei georischii nei mari europei, per garantire un approccio paneuropeo allo sviluppo sicuro della *Blue Economy*;
- Combinare il monitoraggio ambientale *in situ* con la mappatura dei georischii presenti nei fondali marini circostanti per identificare i segnali di eventi pericolosi in campo lontano;
- Supportare il progresso tecnologico al fine di migliorare la capacità di rilevamento e la disponibilità dei sensori;
- Creare *database* olistici di dati non elaborati e interpretazioni omogenee e metterli a disposizione della comunità scientifica per applicare tecniche di analisi avanzate a supporto degli studi sui georischii marini.

a cura di Francesco Latino Chiocci



FINE DELLA LAMENTATIO NAVIS (sulla mancanza di navi oceanografiche)

Con questo numero termina la rubrica dedicata al problema più grande della geologia marina e delle scienze del mare, in questi ultimi anni

Il 29 dicembre scorso il CdA del CNR ha deliberato per l’accettazione della donazione da parte dello Schmidt Ocean Institute (SOI) della nave oceanografica *Falkor* (85 m, 2000 tonnellate, DP2). La candidatura del CNR Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l’Ambiente ha prevalso sulle proposte di altri Enti internazionali, per la validità delle motivazioni scientifiche e delle ricadute in termini di conoscenza dell’ambiente marino, in particolare in ambito Mediterraneo. *Falkor*, varata nel 1980, dal 2012 al 2021 ha esplorato gli abissi dell’Oceano Indiano, Oceano Pacifico e del Mar dei Caraibi, effettuando centinaia di crociere oceanografiche e conseguendo importantissimi risultati per la conoscenza del “sistema” marino e per lo sviluppo tecnologico. Presto sarà in Italia, a disposizione della comunità scientifica e con un approccio di open data e open science, nella scia di quanto fatto sinora dal SOI. Tutto questo detto, l’istogramma qui sopra (tratto dal rapporto dell’IOC) mostra come, anche dando per acquisite le due navi in arrivo (oltre alla *Falkor* la *Dhorn* della SZN, indicate dai punti interrogativi nell’istogramma), la dotazione di navi da ricerca italiane resterà ben al di sotto di quella di altri paesi, anche economicamente meno sviluppati del nostro. Tuttavia volendo vedere il bicchiere mezzo pieno e considerando anche la possibile infrastrutturazione di ISPRA con ulteriori due mezzi navali, con questo numero concludiamo la rubrica “*Lamentatio navis*”, nell’ingenua presunzione di aver contribuito ad accrescere l’attenzione di qualcuno su questo problema.

Sezione GEOLOGIA Himalayana



Coordinatore: Chiara Montomoli

Pagina web: www.socgeol.it/381/geologia-himalayana.html

Nel mese di novembre 2021 si è tenuta a Torino, presso il Dipartimento di Scienze della Terra, la consueta “giornata himalayana” dal titolo: “La geologia del Tetto del Mondo: Giornata Himalayana 2021”. Si è trattato di una giornata di presentazioni scientifiche e discussione, che ha visto un’ampia partecipazione ed interventi di colleghi italiani e stranieri che hanno coperto tematiche relative alla geologia del sistema Himalaya-Karakoram-Tibet (HKT) volte sia a fornire un quadro completo delle conoscenze sia a illustrare i più recenti risultati ottenuti.

Le comunicazioni sono state trasmesse anche in diretta *streaming* mediante piattaforma *webex*, raccogliendo un forte riscontro positivo con circa 100 partecipanti, molti stranieri.

Alla giornata hanno contribuito le presentazioni di due relatori italiani (Università di Milano Bicocca) e tre relatori stranieri (Università di Losanna e ETH Zurigo).

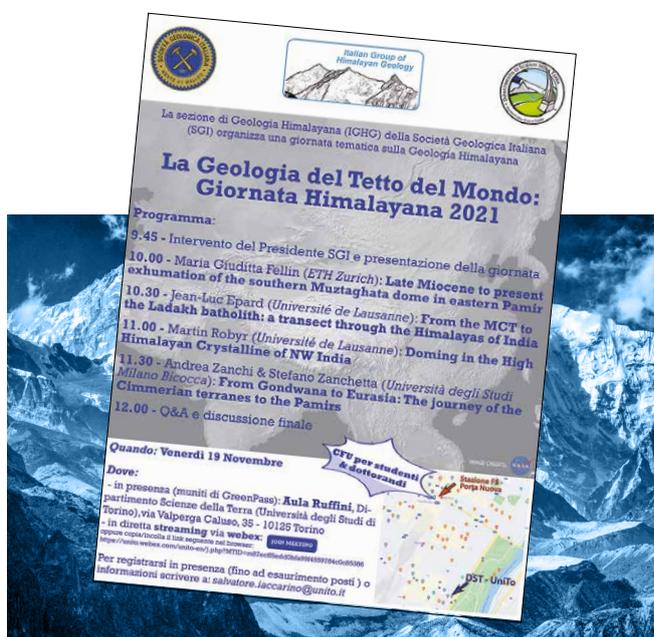
La giornata è stata introdotta dal Presidente della Società Geologica Italiana, Prof. S. Coticelli e dalla coordinatrice della sezione di Geologia Himalayana, Prof.ssa C. Montomoli.

Le relazioni hanno compreso una vasta gamma di tematiche affrontando la geologia della zona del Pamir e del Ladakh (India Nord Occidentale) tramite l’utilizzo di diverse metodologie di indagine:

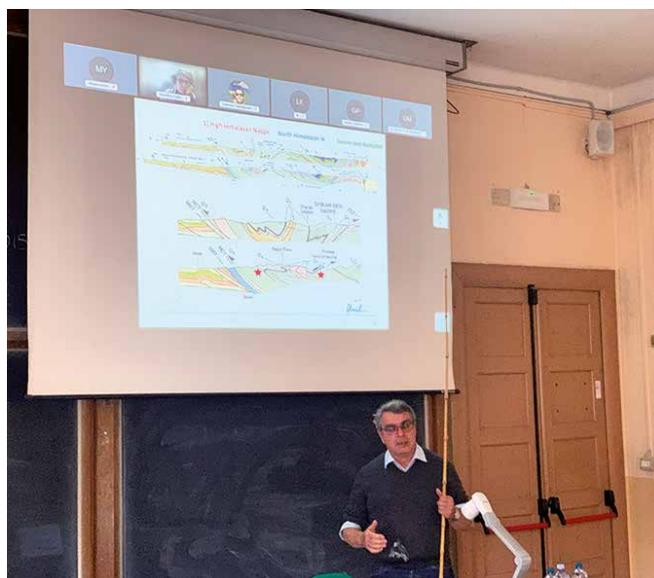
- ▶ **Late Miocene to present exhumation of the southern Muztaghata dome in eastern Pamir**
a cura di Maria Giuditta Fellin, ETH Zurich
- ▶ **From the MCT to the Ladakh batholith: a transect through the Himalayas of India**
a cura di Jean-Luc Epard, Université de Lausanne
- ▶ **Doming in the High Himalayan Crystalline of NW India**
a cura di Martin Robyr, Université de Lausanne
- ▶ **From Gondwana to Eurasia: The journey of the Cimmerian terranes to the Pamirs**
a cura di Andrea Zanchi e Stefano Zanchetta, Università degli Studi Milano Bicocca

Si ringrazia il Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università di Torino per il sostegno, anche economico, all’iniziativa.

E... arrivederci alla prossima Giornata Himalayana nel 2022!



Flyer della Giornata Himalayana 2021.



Il Prof. Jean-Luc Epard dell' Université de Lausanne.



Sezione **GEOETICA** e Cultura Geologica

Coordinatrice: **Silvia Peppoloni**

 Pagina web: www.socgeol.it/371/geoetica-e-cultura-geologica.html

Sessione al Congresso dell'EGU – European Geosciences Union

 **3/8 APRILE 2022**  **VIENNA**

La sessione vuole promuovere la discussione sui cambiamenti globali antropogenici, mettendo in evidenza le implicazioni etiche e sociali ad essi correlate e la necessità di un approccio multidisciplinare alla loro risoluzione, trattandosi di questioni all'intersezione tra geoscienze, scienze umane e scienze sociali. La sessione celebrerà i 10 anni dalla fondazione dell'*International Association for Promoting Geoethics* (di cui la sezione SGI rappresenta il capitolo italiano), ed è sponsorizzata dall'AGU - *American Geophysical Union*, dalla CIPSH - *International Council for Philosophy and Human Sciences*, e dallo IUGS - *International Union of Geological Sciences*.

 <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU22/session/43042>

Sessione al Congresso della Società Geologica Italiana

 **19/21 SETTEMBRE 2022**  **TORINO**

Scopo della sessione è promuovere la discussione sui 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile promossi dalle Nazioni Unite e in particolare sul contributo che le geoscienze possono dare al loro perseguimento, alla luce dei principi e dei valori promossi dalla geoetica. Di seguito si riporta la descrizione della sessione.

Geosciences and geoethics: achieving UN Agenda 2030
The United Nations 2030 Agenda and its 17 Sustainable Development Goals (SDGs) represent the global strategy for building a better world. Yet, the Earth system knowledge and services required to support the SDGs have been largely ignored. This omission is compounded by the lack of geoscience in the SDG debate, even if geoscientists play a crucial role to implement the SDGs and orient society towards a more sustainable future (georisk

La sezione di Geoetica e cultura geologica segnala l'organizzazione di due importanti appuntamenti per l'anno 2022, occasioni di dibattito sui temi dell'etica nelle geoscienze, della sostenibilità e di altre cruciali sfide globali del nostro tempo. Si tratta delle sessioni proposte rispettivamente al congresso dell'EGU e a quello di SGI-SIMP. In entrambi i casi, i contributi più significativi saranno presi in considerazione per la pubblicazione in un volume speciale della serie *SpringerBrief in Geoethics* (www.springer.com/series/16482).



mitigation, energy transition, prudent georesource management, adaptation to climate change, pollution reduction, enhancement of geoeducation and geoscience communication...). Moreover, the SDGs cannot be achieved without the Earth Science community acknowledging that geoethics is a key for contextualising practices capable to face the challenges of the global anthropogenic changes, including reducing social inequalities and promoting inclusivity. Conveners invite colleagues to submit abstracts focused on ethical and social issues related to geoscience research and practice, on how geosciences can contribute to the 17 SDGs, on best professional practices and strategies for serving society that should be adopted, in order to create conditions for a sustainable and inclusive development of communities. The more significant contributions will be considered for publication in a special issue.

Sezione

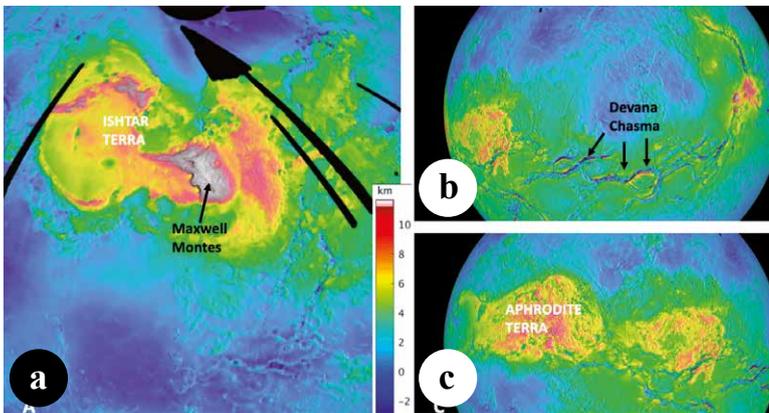
GEOLOGIA Planetaria



Coordinatrice: Lucia Marinangeli

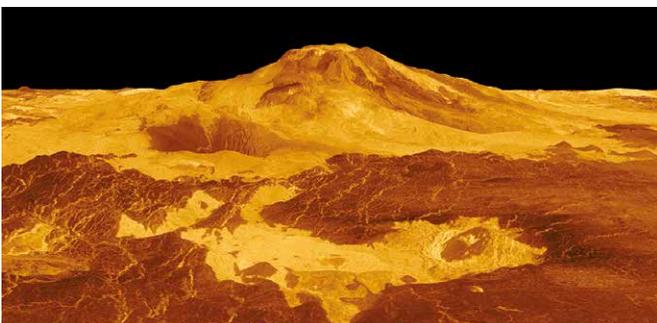
 Pagina web: www.socgeol.it/372/geologia-planetaria.html

OBIETTIVO VENERE: *tre nuove missioni per comprendere l'evoluzione geologica del nostro pianeta gemello*



Alcune visualizzazioni della topografia di Venere caratterizzata da ampie piane e zone in rilievo che ricordano i nostri continenti. **a)** Ishtar Terra, il grande altipiano dell'emisfero settentrionale che include i Maxwell Montes, l'area più elevata del pianeta con i suoi 12 km rappresenta la fascia compressiva più alta del Sistema Solare. **b)** Diana Chasma, un network di profonde fosse (chasmata) che si estendono che occupano circa un terzo della fascia equatoriale. **c)** Aphrodite Terra, il più esteso altipiano venusiano localizzato nella fascia equatoriale.

Crediti: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio.



Ricostruzione tridimensionale del vulcano Matt Mons che raggiunge l'altezza di 3 km e mostra una serie di colate laviche evidenziate dall'alta luminosità sull'immagine radar, probabilmente associata alla microrugosità superficiale che amplifica la risposta radar. In primo piano, si notano anche le piane con una tonalità più scura e dei lineamenti sinuosi più chiari che rappresentano le creste di strutture compressive (wrinkle ridge) causate probabilmente dal rapido raffreddamento della lava. Il colore rosso dell'immagine è artificiale e serve per indicare l'alta temperatura superficiale che raggiunge i 500 gradi celsius a causa di un effetto serra a scala globale per la presenza della densa atmosfera.
Crediti: NASA/JPL

Nel giugno 2021 sono state selezionate tre nuove missioni per Venere: EnVision dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), DAVINCI+ e VERITAS della NASA.

Perché tanto interesse per Venere? Dall'analisi della composizione atmosferica da osservazioni spettroscopiche è stata individuata la potenziale presenza di fosfina (Greaves et al., 2020), una molecola emessa sia attraverso le eruzioni vulcaniche, sia attraverso il

metabolismo dei batteri (ne abbiamo parlato anche nel N.4 di Geologicamente). Nonostante i dubbi sulla sua identificazione, questa scoperta ha riacceso l'interesse per Venere, un pianeta considerato 'gemello' del nostro per dimensioni ma con un'evoluzione geologica molto diversa e ancora poco compresa.

I primi studi globali sulla geologia venusiana risalgono agli anni '90, grazie alle immagini radar acquisite dalla missione Magellan della NASA. Del tutto inattesa fu la determinazione della giovane età della superficie basata sulla densità dei crateri da impatto: non supera i 500 milioni di anni, quindi gran parte della storia geologica del pianeta (~4 miliardi di anni) è andata persa, forse a causa di un evento catastrofico globale oppure attraverso un continuo riciclo crostale simile

alla tettonica a placche terrestres.

La più grande incognita venusiana resta la sua composizione superficiale: pochissime informazioni sono state raccolte dalle missioni russe Venera atterrate negli anni '70 e la densa atmosfera che avvolge il pianeta permette l'utilizzo di spettrometri satellitari solo in limitate finestre spettrali. I dati raccolti dalla missione *Venus Express* dell'ESA, mostrarono per la prima volta una variazione composizionale tra le grandi piane basaltiche e i rilievi più deformati, le tessera, che sembrano essere più differenziati. Una storia geologica ancora tutta da decifrare in attesa di queste nuove missioni che, con le loro strumentazioni scientifiche, dagli spettrometri nell'infrarosso al SAR, al radar per studiare la stratigrafia del sottosuolo, forniranno nuove informazioni sul pianeta e aprono nuove prospettive di lavoro per i futuri geologi planetari.

Approfondimenti:

ENVISION

www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/ESA_selects_revolutionary_Venus_mission_EnVision

DAVINCI+ e VERITAS

www.nasa.gov/press-release/nasa-selects-2-missions-to-study-lost-habitable-world-of-venus

VENUS EXPRESS

www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Venus_Express

Greaves, J.S., Richards, A.M.S., Bains, W. et al. (2020) *Phosphine gas in the cloud decks of Venus*. *Nature Astronomy*.
<https://doi.org/10.1038/s41550-020-1174-4>



IL CONTRIBUTO DELLA GEOLOGIA AMBIENTALE ALLA MEDICINA: *lo studio di calcoli urinari, una nuova sfida per la ricerca applicata ed interdisciplinare*

Negli ultimi tempi, l'interazione tra l'uomo e l'ambiente geologico ha richiamato l'attenzione di studiosi di diverse discipline che si confrontano attivamente per affrontare le sfide emergenti nel nostro Pianeta. Grazie a ricerche sviluppate a livello internazionale, questo approccio multidisciplinare ha gettato le basi per una consueta prassi collaborativa anche in Italia, fino a qualche tempo fa inimmaginabile. Oramai il geoscientista, con le sue ampie competenze, attrae expertise molto distanti dalla geologia, come il contributo fornito a molte branche delle scienze mediche. In questo dominio, diversi gruppi di ricerca stanno lavorando a livello nazionale e internazionale per promuovere sinergie tese alla individuazione di tangibili e inesplorate evidenze che attestino e rafforzino il legame tra l'uomo e l'ambiente. La geologia ambientale si affianca quindi alla medicina per comprendere il rischio sulla salute umana derivato dall'esposizione a determinate sostanze naturali e per individuare i fattori che inducono la prevalenza di certe patologie in alcuni territori. Ne è un esempio, il recente studio sui calcoli vescicali umani nella regione Campania (Mercurio et al., 2021) che con un approccio pratico e moderno affronta la caratterizzazione di biominerali nell'organismo, come testimoni delle relazioni del corpo umano con l'ambiente in cui è vissuto, la cosiddetta "impronta geologica". La ricerca di Mercurio et al. 2021 si pone l'obiettivo

di svelare le probabili conseguenze sul benessere dell'uomo dovute all'interazione con l'ambiente geologico circostante, senza tralasciare quindi le influenze dovute alle aberrazioni della catena alimentare, come l'ingestione di cibi contaminati da metalli pesanti. È interessante notare come questa ricerca abbia messo in evidenza che, in questa patologia, le quantità di alcuni metalli pesanti (es. Hg) presenti nelle specie mineralogiche osservate, siano da ascrivere esclusivamente ad un meccanismo di concentrazione naturale, che gli organi coinvolti effettuano a prescindere da alcune peculiarità, come l'età dei pazienti. Per le altre considerazioni emerse dallo studio e per ulteriori approfondimenti si rimanda alla lettura dell'articolo, con la speranza che questo esercizio possa stimolare spunti riflessivi, con desiderabile ricaduta futura professionale.

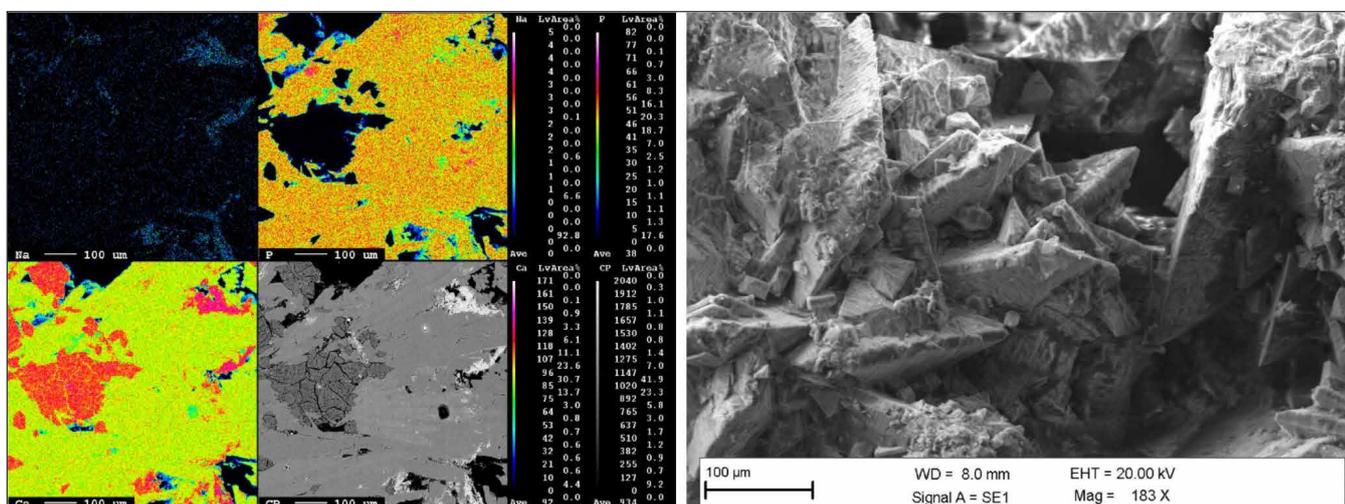
a cura di **Mariano Mercurio^{1*}**, **Laura Sanna²** e **Francesco Izzo³**

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università degli studi del Sannio *Mercurio et al. 2021

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-021-01083-x>

² Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Consiglio Nazionale delle Ricerche

³ Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II



A sinistra: distribuzione di calcio, sodio e fosforo in un calcolo vescicale a composizione mista (bruscite, whewellite e carapatite). **A destra:** immagine al microscopio elettronico a scansione di un calcolo a base di ossalato di calcio.

Sezione

GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche



Coordinatore: Simone Sterlacchini


 Pagina web: www.socgeol.it/374/geoscienze-e-tecnologie-informatiche-git.html



Fig. 1 - Veduta sulle dolci colline appenniniche dalla *location* del XV Convegno Nazionale della Sezione GIT. Sullo sfondo i Monti Sibillini.

Si è svolto a Ripatransone (il “Belvedere del Piceno” per l’ampia vista panoramica, **Fig. 1**) nei giorni 20-21 dicembre 2021, nella magnifica cornice del Teatro Luigi Mercantini, (**Fig. 2**), il XV Convegno Nazionale della Sezione GIT - Geosciences & Information Technologies della Società Geologica Italiana. Il Convegno ha ricevuto il patrocinio dalla Provincia di Ascoli Piceno, dal Comune di Ripatransone, dal Consiglio Nazionale dei Geologi, dagli Ordini dei Geologi delle Regioni Marche e Abruzzo, oltre che da 15 tra Università ed Enti di Ricerca. L’evento è pubblicizzato sul sito della Sezione GIT al link <https://gitonline.org/2021/11/13/il-xv-convegno-nazionale-git-a-ripatransone-ap/> e della Società Geologica Italiana al link <https://www.socgeol.it/N3911/xv-convegno-nazionale-git.html>.

Il Convegno ha avuto circa 120 iscritti ed è stato occasione di confronto e discussione tra ricercatori afferenti a differenti discipline (Scienze della Terra, Naturali, Ambientali e Forestali, Ingegneria, Fisica, Architettura, Informatica, Sociologia, ecc.), liberi professionisti e personale della Pubblica Amministrazione, sul ruolo dell’ICT (*Information & Communication Technology*), con un *focus* speciale sulla Geomatica, a supporto delle Geoscienze. Come da tradizione della Sezione GIT, è stata incentivata la partecipazione dei giovani ricercatori al premio del valore di 1.000 € finanziato dal 2019 dalla GeoSoul-Italia, rappresentata dal dott. Serafino Angelini. Il premio da quest’anno viene intitolato alla memoria di Simone Frigerio (uno dei padri fondatori della Sezione GIT, scomparso prematuramente nel 2019 all’età di soli 40 anni), in continuità al precedente Premio Evaristo “Ivo” Ricchetti, giunto alla sua IX edizione. Il premio è stato assegnato alla dott.ssa Giulia Marchetti (Libera Università di Bolzano) per la presentazione: “*Mapping riverbed sediment size from drone and satellite data*” con la seguente motivazione: “Per il grande impatto e l’elevata potenzialità della ricerca presentata”. A testimonianza dell’elevato livello scientifico raggiunto dai partecipanti al premio, la Commissione ha voluto proporre due menzioni speciali; la prima alla dott.ssa Debora Voltolina

(CNR-IGAG, Milano) che ha presentato: “Un modello per la simulazione della propagazione di incendi boschivi di superficie a supporto della gestione delle emergenze” con la seguente motivazione: “Per l’elevata qualità della presentazione, la chiarezza della metodologia e l’applicabilità della stessa”; la seconda al dott. Giacomo Titti (Alma Mater Studiorum Università di Bologna) per la presentazione: “Mapping landslide susceptibility using statistical models with a limited amount of data” con la seguente motivazione: “Per l’approccio “open” di tutta la ricerca e per il grande impatto, anche geografico, del suo lavoro”.

Lunedì 20 dicembre 2021 ha presenziato all’apertura dei lavori il Prof. S. Conticelli, Presidente della Società Geologica Italiana che ha agito anche da *convener* della prima sessione “Geoscienze e ICT: strumenti per un pianeta che cambia” in cui sono state presentate due *Keynote Lectures*: “La naturalità” delle catastrofi geoidrologiche e la loro riduzione”, del dott. A. Pasuto (CNR-IRPI, Padova) e “I gemelli digitali nel deserto fra innovazione e miraggi”, del dott. A. Provenzale (CNR-IGG, Pisa). Nelle due giornate congressuali sono stati presentati 59 interventi orali (di cui 24 da remoto) e 11 poster, organizzati in 9 sessioni, presiedute da 27 *conveners* a rappresentanza del mondo accademico e degli enti di ricerca, delle realtà produttive e della Pubblica Amministrazione; ciò a favorire un “circolo virtuoso” tra ricerca, progettazione, realizzazione e utilizzo delle soluzioni progettate, sfruttando le migliori tecnologie disponibili. A testimonianza di quanto detto, le sei imprese partecipanti, oltre a permettere l’organizzazione e lo svolgimento del Convegno attraverso il loro supporto finanziario, hanno anche presentato tecnologie, strumentazioni e i risultati ottenuti a livello nazionale e internazionale.

La giornata è terminata con il consueto *Wine Poster* durante il quale è stato presentato uno dei possibili nuovi loghi della Sezione GIT da parte della dott.ssa Giorgia Macchi (CNR-IRPI, Padova), nell’ambito del *contest* lanciato al fine di “rinnovare” quel logo a cui siamo tutti affezionati ma anche convinti del fatto che “di tempo ne è passato da quando Mauro De Donatis, primo coordinatore della Sezione GIT, ha disegnato quel *mouse* con le isopse con un *font* che nessuno è mai più riuscito a replicare” che



Fig. 2 - Teatro Luigi Mercantini di Ripatransone (Ap), *location* del Convegno GIT.

ci ha fatto compagnia durante questi nostri primi 15 anni. A conclusione dei lavori congressuali, martedì 21 dicembre, si è tenuta la Riunione Annuale dei Soci GIT, un momento di confronto e di discussione su quanto realizzato nell’ultimo anno e su quanto sarà realizzabile nell’anno a seguire. È stata proposta la città di Catania come prossima sede del XVI Convegno della Sezione GIT. Durante la Riunione si è svolta l’elezione del Coordinatore che, da giugno dello scorso anno (causa pandemia), ha agito in qualità di “facente funzione”. L’assemblea ha confermato Simone Sterlacchini come Coordinatore e proposto un ampliamento del Gruppo di Coordinamento, utile sia a livello organizzativo sia a favorire il coinvolgimento di giovani ricercatori. Nei primi mesi del nuovo anno verranno definiti i partecipanti al Gruppo di Coordinamento e i relativi ruoli. Inizierà nel mese di gennaio 2022 l’attività volta alla pubblicazione dei lavori scientifici presentati nel corso del XV Convegno GIT 2021. L’*Editor-in-Chief* dei Rendiconti Online della Società Geologica Italiana ha reso disponibile un volume tematico relativo all’evento congressuale in oggetto.

a cura del gruppo di Coordinamento: M. Cavalli, M. Menichini, M. Pignone, S. Trevisani e A. Vicari

Sezione Giovani GEOLOGI



Coordinatrice: **Giulia Innamorati**

Pagina web: www.socgeol.it/435/giovani-geologi.html



Foto di gruppo e alcuni scatti salienti delle attività svolte nel corso dell'escursione introduttiva/motivazionale.

La crisi del settore legata alla netta diminuzione di iscritti ai Corsi di Laurea in Scienze Geologiche è tangibile e non può più essere ignorata, dal momento che sta seriamente mettendo a rischio la sopravvivenza di una professionalità di grande importanza nella società. Negli ultimi anni si è registrata una drastica diminuzione, a scala nazionale, del numero di iscritti al primo anno triennale dei corsi di laurea in Scienze Geologiche, con valori a dir poco drammatici in alcuni Dipartimenti e con solo pochissime sedi in controtendenza. Ancor più preoccupante è l'elevato tasso di abbandono che si

osserva nel triennio. Numerose sedi hanno segnalato che un gran numero di studenti si ritira già durante il primo anno di carriera universitaria e, dato ancor più allarmante, solo una esigua parte riesce a conseguire la Laurea Triennale. Tutti questi fattori portano ad un sempre più scarno numero di studenti che terminano la loro formazione quinquennale con la conseguente carenza di figure professionali nel settore. Questo succede come ben sappiamo in un paese caratterizzato da molteplici ed elevati rischi di carattere geologico e, quindi, la figura che rivestiamo (ndr. del geologo) dovrebbe essere di primo ruolo all'interno della società e nel territorio.

Ormai da qualche anno sono in atto, a livello nazionale, numerosi progetti finalizzati alla promozione ed alla divulgazione delle geoscienze all'interno della società, al fine di avvicinare sempre più giovani al mondo della Geologia. Se da un lato questi progetti hanno, almeno in parte, tamponato la migrazione di studenti verso altri settori, l'emorragia di prime immatricolazioni rimane ugualmente un problema da affrontare.

Come gruppo di Dottorandi in Scienze della Terra dell'Università di Torino, che copre differenti settori della geologia in senso lato, abbiamo rivolto, stimolati dalla direzione del Dipartimento, la nostra attenzione ai neo-immatricolati, cercando di capire le motivazioni di una nuova generazione che si appropria per la prima



volta alle materie geologiche. Indubbiamente, rispetto ad altri corsi di laurea, poter vantare un approccio pratico che spesso viene integrato da lezioni teoriche in aula può essere un ottimo incentivo su cui far leva. Purtroppo, però, soprattutto durante il primo anno del triennio, questa componente pratica che ci contraddistingue non è ancora nella quotidianità dello studente di geologia, ma sono protagoniste le materie propedeutiche di base, forse poco attrattive per chi si aspettava di studiare vulcani, minerali o terremoti. A ciò, bisogna anche aggiungere le difficoltà legate al cambio di metodo di istruzione, alle novità dell'ambiente universitario e alle differenti dinamiche rispetto alle Scuole Superiori. Bisogna ammettere che spesso i giovani studenti faticano a comprendere l'importanza di queste materie di base e frequentemente ci viene chiesto: "ma quando faremo veramente geologia?". Ovviamente la risposta è: "abbiate pazienza!", anche se spesso questo non basta e gli studenti, carenti di motivazioni, preferiscono abbandonare. Consapevoli di queste considerazioni e spronati dalla voglia di condividere la nostra passione, abbiamo organizzato, per la prima volta nel Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino, una escursione motivazionale/introductiva rivolta agli studenti del primo anno della Laurea Triennale. L'obiettivo era quello di mostrare loro sia il ruolo che, come futuri geologi, andranno a ricoprire nella società, sia far loro assaporare in anteprima le attività che andranno a svolgere quando entreranno a pieno nel mondo della Geologia. Muovendosi all'interno di un territorio di particolare pregio e ricco di bellezze geologiche (come quelle presenti dall'alto Canavese e dalla bassa Valle d'Aosta), gli studenti si sono potuti avvicinare ad alcuni degli aspetti fondamentali legati al mondo geologico: dalla Petrografia alla Geologia del Quaternario, dalla Geologia Strutturale, alla Geomorfologia fino alla Geologia Applicata. Partendo da un inquadramento geografico e una semplice descrizione geologica dell'area, i neo-studenti si sono potuti avvicinare alle tematiche legate alla stabilità di versante con esempi legati a fenomeni di scivolamento e crolli. Un primo speditivo riconoscimento litologico guidato da schemi esemplificativi appositamente creati è stato realizzato presso il corso della Dora Baltea e su alcuni affioramenti presenti lungo la strada romana di Donnas (AO). Un ultimo stop è stato effettuato presso l'Archeopark di Bard, ai piedi del rinomato Forte di Bard (AO), dove è stata analizzata la morfologia della bassa Valle d'Aosta e si sono osservati i tipici elementi che caratterizzano il glacialismo alpino. Tutto questo è stato spiegato con parole semplici e con attività svolte direttamente in prima persona dagli studenti.

Il vero scopo di questa esperienza è stato quello di cercare di trasmettere la passione per la materia ai ragazzi neo-immatricolati, da parte di colleghi di poco più grandi, nella speranza di motivarli

sempre più a non abbandonare questo cammino, imparando e capendo il pianeta che ci circonda e condividendo queste esperienze con compagni/amici.

Per valutare la riuscita dell'escursione è stato proposto un sondaggio riguardante le attività svolte, a cui tutti i partecipanti hanno risposto. A conferma della buona riuscita della giornata, il sondaggio ha messo in evidenza che il 77% dei 26 partecipanti era molto interessato agli argomenti trattati, mentre la restante parte era interessata solo ad alcuni degli argomenti. Nessuno ha mostrato disinteresse.

Chiaramente non possiamo garantire che tutti quelli che hanno partecipato all'iniziativa porteranno a termine il loro percorso di studi, ma se fossimo riusciti a convincere anche solo uno di loro a non rinunciare ed abbandonare il corso di studi, questa per noi sarebbe già una grande vittoria.

Come gruppo di Dottorandi che hanno organizzato questa escursione, ci teniamo a ringraziare tutto il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino, il Consiglio di Dipartimento, il Consiglio di Corso di Studi ed il Progetto PLS Unito. Un particolare ringraziamento va al Prof. Rodolfo Carosi per averci spronato e permesso di organizzare questa attività, sperando che sia la prima di una numerosa serie. Un saluto va soprattutto ai ragazzi del primo anno della Laurea Triennale dell'a.a. 2021-2022 in Scienze Geologiche, che hanno attivamente partecipato mostrando grande entusiasmo e che siamo certi diventeranno ottimi Geologi!

a cura di A. Corno, A. Maffei, A. Petrocchia e D. Vianello

IL MODELLO ANALOGICO *dell'evoluzione geologico strutturale della catena appenninica siciliana*



Fig. 1 - Apparato sperimentale allestito nel laboratorio dell'istituto Geosciences Montpellier utilizzato per modellizzare analogicamente l'evoluzione della catena appenninica siciliana.

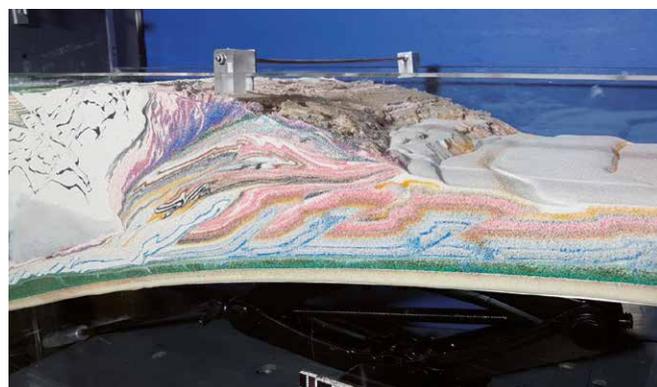


Fig. 2 - Particolare del modello analogico realizzato nel laboratorio dell'istituto Geosciences Montpellier. È evidente il sistema a thrust e pieghe che, nella fase di collisione, coinvolge il paleo-margine africano con il margine continentale europeo (a sinistra) che svolge azione da contrafforte. Nella porzione geometricamente più elevata, si nota il cuneo di accrezione oceanico che ricopre tettonicamente il sistema a thrust e pieghe e retroscorre sul margine europeo.

Nel 2020, sulla rivista *Earth-Sciences Review*, è stato pubblicato il primo modello analogico della catena appenninica siciliana, realizzato grazie alle ricerche svolte in sinergia tra i geologi strutturali dell'Università di Catania e del CNRS - Géosciences Montpellier (Université de Montpellier, Université des Antilles).

L'importanza dell'esperimento sta nella riproduzione a scala ridotta, tramite l'utilizzo di analoghi reologicamente compatibili con le rocce naturali (**Fig. 1**), del processo evolutivo che ha portato alla struttura geologica odierna dell'orogene siciliano. Questa modellizzazione analogica (**Fig. 1 e 2**) rappresenta un viaggio nel tempo e nello

spazio della storia geologica dell'orogene, e revisiona, in maniera critica, molti aspetti legati alla sua ricostruzione stratigrafico-strutturale. La catena appenninica siciliana deriva, prevalentemente, dalla deformazione del paleo-margine continentale africano seguita alla convergenza e collisione con il paleomargine europeo; le interpretazioni sul suo assetto strutturale e sulla sua evoluzione geodinamica sono state però spesso controverse a causa della scarsità di linee sismiche di alta qualità e di affioramenti delle unità tettono-stratigrafiche chiave.

Un aspetto molto importante di questa ricerca, è stato il confronto e l'abbinamento tra il dato naturale (**Fig. 3**) e quello sperimentale (**Fig. 2**). I dati raccolti durante una intensa attività di rilevamento geologico e interpretazione, lungo traversate regionali dal mar Tirreno fino al Canale di Sicilia, dai geologi di Catania (Giovanni Barreca e Carmelo Monaco), sono stati utilizzati come base di partenza e supporto delle modellazioni realizzate presso i laboratori dell'istituto francese Géosciences Montpellier e guidate da Maxime Henriquet.

I dati di campagna, insieme ad ulteriori considerazioni circa i processi di deformazione delle sequenze rocciose, hanno costituito la base per la riproduzione in laboratorio dell'evoluzione geologica della catena siciliana negli ultimi 150 milioni di anni. L'attività di laboratorio è stata condotta presso l'istituto Géosciences Montpellier in Occitania ed è consistita:

1. nella scelta dei materiali con caratteristiche fisico-meccaniche idonee a rappresentare le successioni stratigrafiche affioranti;
2. nella riproduzione in scala di un modello di stratigrafia meccanica e dell'assetto pre-collisionale della catena siciliana;
3. nella simulazione meccanica della convergenza orogenica.



Sezione **Storia delle GEOSCIENZE**

Coordinatore: **Alessio Argentieri**

 Pagina web: www.socgeol.it/368/storia-delle-geoscienze.html

140 ANNI INSIEME *La Società Geologica Italiana 1881-2021*

Il tutto è stato perseguito al fine di riprodurre in modo il più possibile fedele l'assetto stratigrafico-strutturale naturale. Ciò è stato possibile grazie all'utilizzo delle più avanzate strumentazioni nel campo della modellistica analogica (Figg. 1 e 2). Il risultato delle simulazioni analogiche ha dato la possibilità di osservare, attraverso numerosi test sperimentali, con quale stile tettonico si è deformata la catena siciliana e quali sono state le principali tappe evolutive del sistema orogenico dal Cretacico (150 Ma fa) fino al Presente.

In particolare, il confronto tra il dato sperimentale e quello naturale, insieme all'analisi della deformazione nello spazio-tempo, ha chiarito i tempi e la modalità di deformazione (*thin- vs thick-skinned*) dell'orogene siciliano ed in particolare delle argilliti (le cosiddette Unità Sicilidi) di derivazione dal paleo-oceano della Tetide, frapposto tra i paleo-margini africano (a Sud) ed europeo (a Nord) che, sulla base delle nuove ipotesi formulate, hanno raggiunto il fronte più esterno della catena non per cause tettoniche, ma per effetto della gravità.

I risultati di questa ricerca si trovano pubblicati sulla rivista *Earth-Science Review* (2020 vol 208) in un articolo dal titolo "*Structural and tectono-stratigraphic review of the Sicilian orogen and new insights from analogue modeling*", di M. Henriquet (PhD), S. Dominguez, e J. Malavieille dell'Università di Montpellier e G. Barreca e C. Monaco dell'Università di Catania. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103257>

a cura di Giovanni Barreca e Carmelo Monaco



Fig. 3 - Panoramica del contatto di ricoprimento miocenico dell'Unità Panormide sull'Unità Imerese lungo la catena montuosa delle Madonie. Le successioni stratigrafico-strutturali erano in origine ubicate lungo il paleo-margine africano.

Il giorno 3 dicembre 2021 si è tenuto a Roma, presso l'Aula "Sergio Lucchesi" del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università "Sapienza", il convegno celebrativo del 140° anniversario dalla fondazione della Società Geologica Italiana. Durante la conferenza, svolta in modalità mista con interventi in presenza e collegamenti da remoto, è stato ripercorso questo lungo arco temporale tramite gli interventi della Sezione di Storia delle geoscienze, dei Presidenti emeriti della Società e del Direttore di questa rivista.

Dopo i saluti introduttivi del Presidente Sandro Conticelli, sono stati ripercorsi questi 140 anni dalla fondazione, partendo dall'attività dei precursori della nostra disciplina.

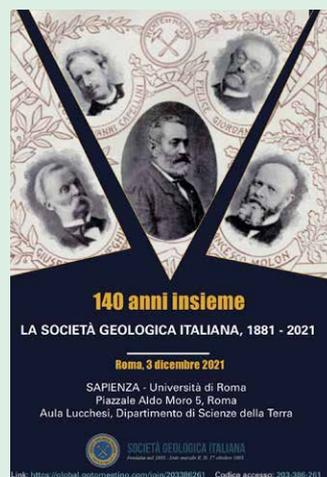
È proprio grazie all'attività intrapresa da Ulisse Aldrovandi, Giovanni Arduino e Giovanni Battista Brocchi che la geologia è riuscita a svilupparsi, radicarsi tra le scienze naturali e diventare insieme alla fisica, all'ingegneria e alla chimica, una delle discipline che caratterizzarono il XIX secolo.

Questa importante crescita culturale coincide con un cambiamento radicale che si verificò proprio all'inizio dell'800: il passaggio dalla civiltà rurale a quella industriale. La spinta propulsiva della geologia era finalizzata alla ricerca di materie prime, sia per l'industria metallurgica che per quella energetica e all'apertura di grandi vie di comunicazione. Gran parte dei paesi europei cominciarono quindi a dotarsi di strutture tecniche centrali dedicate alla conoscenza geologica dei territori e alla rappresentazione

geologica attraverso la cartografia.

In quel periodo, quindi, vennero fondati i primi Servizi geologici di stato: *Ordnance Geological Survey* nel 1835 in Inghilterra, *Kaiserlich Koniglichen Geologische Reichsanstalt* in Austria nel 1849, *Service de la carte geologique de France* nel 1868.

L'Italia, a causa della sua estrema frammentazione



La locandina del convegno con il programma.

politica, non riusciva a stare al passo agli altri Paesi, almeno da un punto di vista organizzativo. Soltanto dopo l'Unità d'Italia, nel 1861, prese avvio un processo di sviluppo delle scienze geologiche fortemente condizionato dalle "proposte organizzative" di Quintino Sella e sotto il "controllo scientifico" di Giovanni Capellini. Ma il momento tipico per la geologia italiana fu rappresentato dal Secondo Congresso Internazionale di Geologia di Bologna del 1881. Durante il convegno vennero affrontati temi fondamentali: l'armonizzazione semantica, la classificazione cronostatigrafica e cronologica, uno schema di coloritura cartografica universale e un accordo per la nomenclatura dei fossili.

È proprio su questo terreno di discussione che la sera del 27 settembre 1881, Quintino Sella e Giovanni Capellini, come riportato nella lapide posta a memoria in via Zamboni, si incontrarono in casa di Capellini e idearono la Società Geologica Italiana. Due giorni dopo, il 29 settembre, nel Palazzo dell'Archiginnasio, la Società venne costituita formalmente. Grazie alla fondazione della Società si instaurarono le condizioni per la maturazione della geologia italiana; la SGI rappresentò da allora in avanti l'agone per le discussioni, di cui le adunanze estive rappresentavano, e rappresentano tuttora, il luogo di scambio di idee e concezioni scientifiche.

A testimonianza di questa impostazione merita di essere riportato uno stralcio del discorso tenuto da Giorgio Dal Piaz durante l'escursione della 33a Riunione estiva della Società nel 1920, con cui sottolineò come *"l'indipendenza di un popolo [...] non diventa duratura se non è integrata dalla redenzione completa nel campo delle coscienze ed in quello degli studi e d'ogni civile attività"*. Dopo l'intervento introduttivo di carattere storico curato dalla Sezione, gli interventi dei Presidenti emeriti Giorgio Vittorio Dal Piaz, Giustino Ricchetti, Valerio Bortolotti, Uberto Crescenti, Carlo Doglioni ed Elisabetta Erba, che hanno raccontato i loro incarichi illustrandone contesto, impressioni, esperienze e prospettive per il prosieguo, un continuum di 140 anni insieme sostanziato nel titolo del convegno.

A seguire, il sentito e dovuto ricordo di Antonio Praturon, presidente emerito scomparso nel 2021. A tracciarne il profilo è stato Massimo Mattei, incentrandolo sul rapporto del Prat con i giovani, uno dei suoi importanti insegnamenti per la visione della geologia in Italia.

Enrico Capezzuoli, in qualità di direttore di *GeologicaMente*, ha invece presentato un bilancio della nuova esperienza editoriale, a conclusione del sesto numero. La pubblicazione costituisce strumento innovativo per la diffusione della cultura geologica con metodi non convenzionali, moderni e leggeri ma mantenendo rigosità scientifica e tecnica nella comunicazione e divulgazione. Nel dibattito che è seguito all'Assemblea è stato anche tributato merito a Giulia Innamorati, per aver proposto quello che è stato scelto come definitivo nome della rivista, che così bene incarna lo spirito del pensiero geologico, aperto e inclusivo, di cui la SGI si fa promotrice e portatrice.

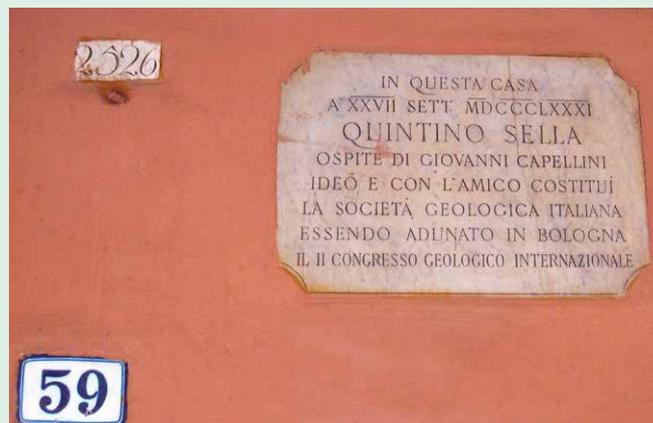
Infine una panoramica da parte della Sezione di Storia delle Geoscienze, a nome del nutrito gruppo di lavoro, sull'avanzamento del progetto *"Mente et Malleo"* per la redazione di schede biografiche dei Presidenti. A gennaio 2022 ne risultano completate 60 sulle 78 complessive; le schede sono pubblicate sul portale della Società (www.socgeol.it/383/presidenti.html). Il lavoro porterà alla redazione e pubblicazione nel 2022 di un volume, coordinato dalla Sezione medesima, che attraverso i profili umani e scientifici e le vicende individuali dei personaggi comporrà il mosaico della storia di una comunità e del suo ruolo nel progresso culturale e scientifico d'Italia.

La conferenza si è chiusa con un dibattito conclusivo, moderato dal Presidente Conticelli, a coronare un bell'evento per celebrare in forma corale questi 140 anni insieme, guardando al passato e proiettati verso un futuro sostenibile. Se ne parlerà estesamente a Torino in Settembre, nel congresso congiunto SGI-SIMP, incentrato sul ruolo delle geoscienze nella transizione ecologica.

a cura di Alessio Argentieri e Marco Pantaloni



La lapide commemorativa del Secondo Congresso Internazionale di Geologia a Bologna nel 1881.



La lapide commemorativa della fondazione della Società in via Zamboni 59 a Bologna, già via di San Donato 2526.

IL "RISVEGLIO" DI VULCANO



Il cratere di La Fossa con il sempre attivo campo fumarolico nel suo bordo settentrionale. Sullo sfondo le isole di Lipari e Salina. (foto di G. De Astis)

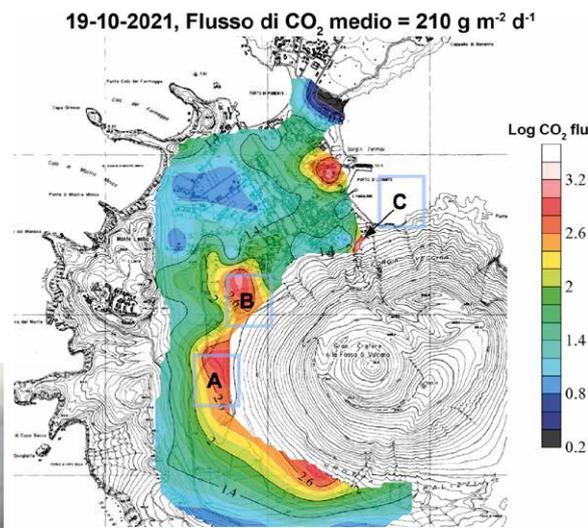


Fig. 1 - Emissione di CO₂ a Vulcano in data 19 ottobre 2021 con tre zone di massimo output: zona A = area pericraterica della Discarica, zona B = dalla base del cono fino al Camping Sicilia ed al Campo sportivo; zona C = base della Forgia Vecchia; zona D = il Faraglione. (per gentile concessione dell'INGV-OE ed INGV-PA).

A partire dai mesi di agosto e settembre 2021 le reti di monitoraggio INGV hanno registrato una progressiva variazione verso valori più elevati dei parametri fisici e chimici misurati su diverse componenti della zona del e attorno al Gran Cratere de La Fossa, sull'Isola di Vulcano (Isole Eolie). Tali variazioni sono apparse presto molto evidenti persino agli occhi dei cittadini eoliani, sicuramente per l'elemento tipico di un vulcano attivo, ossia il plume

(trad. pennacchio) di degassamento, diventato molto consistente ed anomalo.

Fra i parametri legati al flusso di gas rilasciato dal sistema idrotermale di La Fossa, fino a circa la fine di ottobre e l'inizio di novembre, sono stati osservati progressivi incrementi sia della temperatura dei gas emessi dalle fumarole poste al bordo N e all'interno del cratere sia delle concentrazioni di alcune componenti al loro interno (i.e., CO₂, SO₂, He). Alcuni esempi: sono state misurate temperature massime fino a circa 400°C o emissioni di SO₂ sino a 80-90 t/d, quando il valore tipico di Vulcano per questa specie gassosa è mediamente tra 20 e 30 t/d. La CO₂ ha anche raggiunto valori altissimi comparabili con quelli di altre "crisi" verificatesi a La Fossa in passato (per es. quella 1988-1993), toccando valori di 13743 g/m²/day in area sommitale. In **Fig. 1**, una mappa del flusso di CO₂ al suolo a Ottobre 2021, in tutto il settore occidentale ai piedi del cono. Tali anomalie nello stato di quiete del vulcano sono avvenute anche lungo i versanti e ai piedi del cono de La Fossa, portando ad evidenti disagi per la popolazione residente ai piedi del vulcano. Già dai primi giorni di ottobre gli abitanti di Vulcano Porto hanno iniziato ad avvertire i primi disturbi respiratori, soprattutto in alcune zone del paese ed in determinate condizioni atmosferiche.

Il cambiamento dei parametri fisici e chimici dei gas vulcanici è stato accompagnato dalla variazione di alcuni parametri geofisici. È aumentata ad esempio la sismicità superficiale, sia dal punto di vista della frequenza giornaliera che del numero cumulativo di micro-scosse registrate nell'area del cratere La Fossa, accompagnata da eventi sismici *Very Long Period* (VLP) e legata alla dinamica dei fluidi in circolazione nel sistema idrotermale superficiale. Si è avuta inoltre una variazione dei parametri collegati alla deformazione del suolo, con sollevamento verso N

del settore settentrionale del Cono di La Fossa. Questo ha toccato un massimo di 3 cm verso metà novembre.

Il Dipartimento della Protezione Civile ha disposto sin dagli inizi di ottobre 2021 il passaggio del livello di allerta da Verde a Giallo per l'intera isola, avviando ad un potenziamento della già fitta rete multi-parametrica di monitoraggio e sorveglianza del cono attivo di La Fossa. L'installazione di nuove stazioni di misura in continuo è servito quindi potenziare significativamente le attività di raccolta dati sull'Isola da parte di vari gruppi di ricerca, sia universitari sia appartenenti all'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Dalla fine di novembre ad oggi, la situazione sembra essersi stabilizzata e molti parametri hanno cessato la loro crescita o sono addirittura scesi, come ad es. le temperature sull'orlo craterico o il flusso medio di CO₂ al suolo, pur rimanendo su valori elevati. Il flusso di CO₂ al suolo, ad es., è ancora oltre un ordine di grandezza superiore rispetto alle medie registrate negli ultimi 10 anni. Tale stabilizzazione/decremento dei parametri geofisici e geochimici porta sicuramente ad uno stato di tranquillità da parte degli esperti, anche se è bene sottolineare come il verificarsi di tutti quegli scenari sulla cui definizione la comunità scientifica ha lavorato sia ancora possibile. Si tratta di fenomeni potenzialmente pericolosi e fonte di rischio per la vita e le attività della comunità di Vulcano, e che possono essere riferiti a: I) diffusione di gas tossici nei settori di emissione delle fumarole, II) accumuli di gas (soprattutto CO₂ e H₂S) in prossimità delle zone di emissione a mare, in zone sottovento, in aree topograficamente ribassate o in luoghi chiusi, fino a III) vari fenomeni di versante: crolli di roccia o scivolamenti franosi superficiali lungo i versanti del cono di La Fossa, flussi di fango e detriti innescati da precipitazioni intense lungo i medesimi versanti con problemi, soprattutto per le zone di Porto di Levante e Vulcano Porto. Resta pure aperto forse lo scenario peggiore, quello di un'esplosione freatica (in area sommitale e nelle aree caratterizzate da idrotermalismo, come Vulcano porto), con ricaduta di prodotti vulcanici di varie dimensioni e scorrimento di flussi piroclastici. C'è da sottolineare comunque che alcuni di questi scenari, insiti nella natura stessa di un vulcano attivo, sono possibili non solo in questi momenti di attenzione sui processi di risveglio, ma anche durante momenti di quiescenza e di parametri chimici e fisici nella norma.

CONGRESSO
della Società Geologica Italiana
e Società Italiana di Mineralogia e Petrologia

TORINO
19
20
21
settembre 2022

SAVE THE DATE



PRESIDENTI DEL CONGRESSO

-  Rodolfo Carosi (SGI)
-  Daniele Castelli (SIMP)

COMITATO SCIENTIFICO

Germana Barone Università di Catania | Fabrizio Berra
Università di Milano | Matteo Berti Università di Bologna
Fernando Camara Università di Milano | Piergiulio
Cappelletti Università di Napoli Federico II | Claudio
Chiarabba INGV | Rita Chirico Università di Napoli Federico
II | Renato Colucci CNR | Chiara D'Ambrogio ISPRA |
Rosanna De Rosa Università della Calabria | Laura De Santis
OGS | Daniela Ducci Università di Napoli Federico II | Patrizia
Fumagalli Università di Milano | Biagio Giaccio CNR | Fausto
Guzzetti Protezione civile | Giulia Innamorati SGI | Iaria
Mazzini CNR | Mimmo Palano INGV | Claudia Piromallo
INGV | Mario Soldati Università di Modena | Stefania Venturi
Università di Firenze | Andrea Zanchi [Coordinatore]
Università Milano Bicocca

COMITATO ORGANIZZATORE

Donato Belmonte Università di Genova | Sabrina Bonetto
Università di Torino | Bernardo Carmina Università di Pisa |
Francesco Dela Pierre Università di Torino | Tema Evdokia
Università di Torino | Lorenza Fascio SIMP | Salvatore
Iaccarino Università di Torino | Nadia Malaspina Università
di Milano | Chiara Montomoli Università di Torino | Marcello
Natalicchio Università di Torino | Alessandro Petroccia
Università di Torino | Fabio Petti SGI | Fabrizio Piana CNR |
Franco Rolfo Università di Torino | Licia Santoro Università di
Torino | Mario Tribaudino Università di Torino | Alessandro
Zuccari SGI

La Società Geologica Italiana (SGI) e la Società Italiana di Mineralogia e Petrologia (SIMP) sono liete di annunciare che il Congresso congiunto, dal titolo *Geosciences for a sustainable future*, si terrà a Torino dal 19 al 21 settembre 2022. Il Congresso sarà ospitato presso il complesso didattico di Torino Esposizioni che offre numerose e capienti sale, in posizione centrale e a due passi dal Parco del Valentino. Il Congresso sarà organizzato in tre giorni di sessioni scientifiche sulle principali tematiche delle Geoscienze; includerà conferenze plenarie di studiosi di rilievo internazionale, tavole rotonde, *workshops* e *forum* su argomenti di rilevante impatto geologico-sociale e su grandi temi di interesse pubblico.

Sito web del congresso:

<https://geoscienze.org/torino2022/index.php>

Il Congresso prevede una vasta articolazione di sessioni scientifiche (75 proposte) che coprono un ampio spettro di tematiche: *Geochemistry, Geodesy, Geodynamics, Geomorphology, Industrial application, Mineralogy, Natural Hazards and risks, Outreach and education, Palaeontology, Petrology, Planetary Sciences, Seismology, Stratigraphy and Sedimentology Sustainability, Tectonics and Structural Geology, Volcanology.*

Sono inoltre previste interessanti escursioni giornaliere, o di più giorni, guidate da *team* di geologi esperti che illustreranno la geologia e altri aspetti rilevanti delle Geoscienze in località chiave per lo sviluppo delle conoscenze geologiche. Le escursioni rappresentano occasioni uniche per toccare con mano la geologia sotto la guida di chi conosce bene il territorio e può trasmettere, direttamente sul campo, un ricco patrimonio di geo-conoscenze.

ESCURSIONE PRE-CONGRESSO

► FT1. The external domains of SW Alps: from the Penninic front to the Argentera Massif NE-boundary faults

ESCURSIONE POST-CONGRESSO

- FT2. The Variscan section of N Sardinia: the migmatite-granite connection
- FT3. The Monviso meta-ophiolite Complex
- FT4. Stones, heritage and infrastructures: a sustainable way to experience the landscape
- FT5. Tourinstones, field trip in a stone town



Foto di Salvatore Iaccarino (Monviso).

Il Congresso costituisce il luogo privilegiato per l'incontro dei diversi attori operanti nel mondo delle Geoscienze. Per gli studiosi rappresenta un importante momento di confronto in cui esporre le proprie ricerche e discutere i risultati; per i professionisti costituisce una valida opportunità per l'aggiornamento professionale e per l'approfondimento di competenze proprie dell'ambito in cui operano; per gli insegnanti delle scuole è l'occasione per confrontarsi sui contenuti e sui metodi didattici delle Geoscienze, oltre a fornire la possibilità di instaurare rapporti di collaborazione laboratoriale con il mondo della ricerca. Infine, il Congresso offre a tutti l'opportunità di incrementare le collaborazioni con le molteplici realtà pubbliche e private in cui trovano spazio le competenze geologiche e di discutere le nuove strategie di sviluppo e di trasferimento tecnologico.

Il Congresso sarà anche l'occasione per riflettere sul ruolo delle Geoscienze per un futuro maggiormente sostenibile della Società e del Pianeta, sulla funzione che esse devono assumere nella formazione del cittadino, nella protezione dai rischi naturali e nella salvaguardia del patrimonio culturale e naturale che fanno dell'Italia un luogo unico.

Una particolare attenzione sarà rivolta ai giovani ricercatori, ai dottorandi e agli studenti mediante l'organizzazione di eventi ed incontri mirati alla creazione di reti di collaborazione per facilitare lo scambio interculturale e di informazioni per lo svolgimento delle proprie ricerche e la programmazione degli studi futuri.

Vi aspettiamo a Torino!

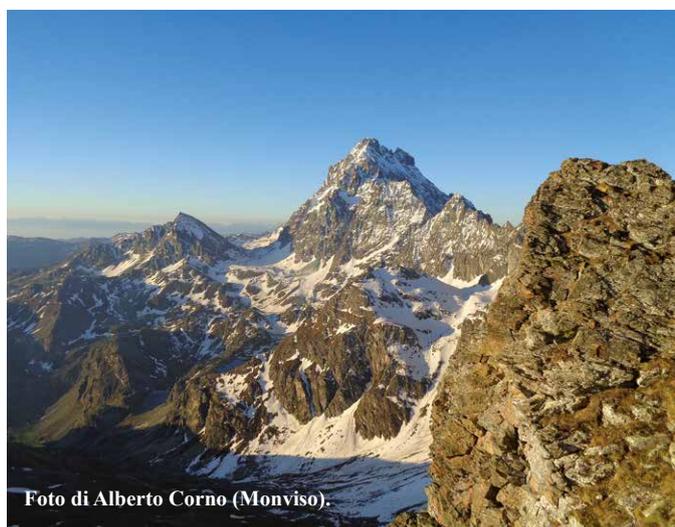


Foto di Alberto Corno (Monviso).

DATE E SCADENZE

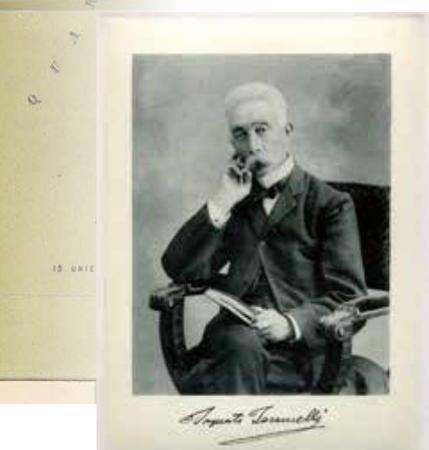
- ▶ **Apertura sottomissione abstract:**
1 Marzo 2022
- ▶ **Apertura pagamenti iscrizione:**
31 Marzo 2022
- ▶ **Scadenza sottomissione abstract:**
20 Aprile 2022
- ▶ **Chiusura iscrizioni delle escursioni:**
20 Giugno 2022
- ▶ **Pubblicazione programma online:**
15 Giugno 2022
- ▶ **Chiusura pre-registrazione quota ridotta (EARLY):**
21 Giugno 2022
- ▶ **Chiusura registrazione e pagamento online:**
9 Settembre 2022

CONTATTI

- ▶ Per informazioni
info@geoscienze.org
- ▶ Segreteria amministrativa soci SGI e non soci [administrative secretariat]
alessandro.zuccari@socgeol.it
- ▶ Segreteria amministrativa soci SIMP [administrative secretariat]
segreteria@socminpet.it

a cura di Rodolfo Carosi (SGI)
e Daniele Castelli (SIMP)

TORQUATO TARAMELLI: *geologo rilevatore esperto di terremoti*



Torquato Taramelli (Bergamo-1845, Pavia-1922).

L'Università di Pavia e la Società Geologica Italiana dedicano il 2022 a Torquato Taramelli. L'anno taramelliano nasce da un'idea di Claudia Lupi in collaborazione con la Sezione di Storia delle Geoscienze e la Divisione di Didattica delle Geoscienze della Società Geologica Italiana. A 100 anni dalla morte, la comunità scientifica e Pavia gli dedicano un tributo e ne celebrano le molteplici sfaccettature di scienziato.

Il programma prevede una mostra dal titolo "Terra nascosta. Rocce, vulcani e terremoti: dalle scoperte di Taramelli alla Geologia moderna", che sarà allestita dal 4 marzo al 12 giugno 2022 presso *Kosmos*, il Museo di Storia Naturale di Pavia. La mostra, dal taglio esperienziale, è rivolta a scuole e famiglie ed è finanziata da Fondazione Comunitaria della Provincia di Pavia, Università di Pavia e Museo di Storia Naturale di Voghera con il patrocinio di IUSS Pavia ed EUCENTRE.

Il 31 marzo 2022 si terrà a Pavia e in streaming un convegno incentrato sulla sua eredità scientifica. L'incontro sarà un'occasione per fare il punto sui progetti nazionali di cartografia geologica e sismica e vedrà la collaborazione delle Sezioni di Cartografia e Storia delle Geoscienze della SGI, la partecipazione di ISPRA e del Consiglio Nazionale dei Geologi. Infine, è previsto per i mesi di aprile e maggio 2022 un corso di aggiornamento per insegnanti di Scienze. Le Scienze della Terra saranno introdotte con metodi didattici innovativi e partecipativi esplorando l'insegnamento della Geologia attraverso il metodo degli Episodi di Apprendimento Situato (EAS). Questa attività di aggiornamento professionale sarà svolta in collaborazione con la Divisione di Didattica delle Geoscienze della SGI e con l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sedi di Portovenere (SP) e di Roma.

L'anno taramelliano permetterà di riscoprire un geologo acuto, un raffinato acquarellista, e un curioso esploratore, e di avvicinare la società ai temi fondamentali della Geologia. L'attività di Taramelli annovera oltre 300 lavori e 40 carte geologiche e geotematiche. Eclettico scienziato, spaziava dalla stratigrafia alla paleontologia, dalla sismologia alla geomorfologia glaciale alla climatologia, fornendo alla comunità del suo tempo e a quella futura strumenti e prospettive per un'adeguata gestione e tutela del territorio. Nel sito della Società, nella sezione Presidenti, è disponibile la biografia di Torquato Taramelli, Presidente nel 1890 e nel 1905, a cura di Fabiana Console (www.socgeol.it/N4225/torquato-taramelli-bergamo-15-10-1845-pavia-31-3-1922.html)

Il calendario completo ai siti

www.socgeol.it

www.geoitaliani.it



Carta geologica dell'Istria e delle Isole del Quarnero, di Torquato Taramelli, 1878, allegata al volume "Descrizione geognostica del Margraviato d'Istria" (Collezione cartografica Biblioteca ISPRA).

OLIMPIADI INTERNAZIONALI DI SCIENZE DELLA TERRA IESO 2022

XV^a edizione 2^a on-line

L'Italia ospiterà, dal 25 al 31 agosto la XV edizione delle Olimpiadi Internazionali di Scienze della Terra (IESO - *International Earth Sciences Olympiad 2022*). Ancora una volta le prove saranno online a causa delle incertezze del quadro sanitario, in attesa dell'evolversi della Pandemia di CoVID19

Già nel 2011 l'Italia aveva organizzato a Modena la 5^a edizione delle IESO sul tema "*Earth Science Renaissance: Science, Environment and Art*":

UNIMORE aveva predisposto le prove teoriche e pratiche, mentre si era svolta in Valle d'Aosta l'*International Team Field Investigation*.

L'IGEO- *International Geoscience Education Organisation* www.igeoscienced.org/about-the-igeo è

l'associazione, costituita da oltre 45 nazioni, che promuove oramai dal 2007 le IESO, ospitate nelle diverse nazioni, basate su un *syllabus* comune, e che ha proposto all'Italia, di organizzare la XV edizione, che si sarebbe dovuta tenere a Pechino.

Si svolgerà invece ad Aosta, presso l'Istituzione scolastica Innocent Manzetti.

Le sedi sono state

- ▶ 2007 - 1st edition – Republic of Korea, topic: *Earth for Life, Universe for future Life*
- ▶ 2008 - 2nd edition – Philippine, topic: *Cooperation in Addressing Climate Changes*
- ▶ 2009 - 3rd edition – Taiwan, topic: *Human and Environment*
- ▶ 2010 - 4th edition – Indonesia, topic: *The Present is the Key to the Future*
- ▶ 2011 - 5th edition – Italy, topic: *Earth Science Renaissance: Science, Environment and Art*
- ▶ 2012 - 6th edition – Argentina, topic: *Energy, water and minerals for sustainable development*
- ▶ 2013 - 7th edition – India
- ▶ 2014 - 8th edition – Spain
- ▶ 2015 - 9th edition - Brazil
- ▶ 2016 - 10th edition - Japan, Contact: Kenichiro Hisada
- ▶ 2017 - 11th edition - Cote d'Azur, France
- ▶ 2018 - 12th edition - Thailand
- ▶ 2019 - 3th edition - Republic of Korea
- ▶ 2020 - Cancelled due to Covid-19
- ▶ 2021 - 14th edition Online (NTFI excellent presentations)
- ▶ 2022 - 15th edition Italy Online



Anche quest'anno le prove cercheranno di valutare le competenze degli studenti partecipanti, non solo le conoscenze che in percorsi scolastici diversi, nelle diverse nazioni ed età variabili tra i 15 e i 19 sono difficilmente confrontabili; verranno proposti dei *Data Mining Test*, un tipo di *test* dove gli studenti dovevano ricavare informazioni da un insieme di dati non organizzato, su temi vari e di contesti diversi che richiedono di mettere in gioco diverse competenze attraverso quesiti da risolvere utilizzando risorse digitali, elaborando dati e ragionando su carte e grafici. Gli studenti saranno impegnati in altre prove, individuali e di squadra, della stessa nazione o di nazionalità diverse: l'*Earth Science project*, il *National Team Field Investigation*, l'*Earth science pledge* e *Art and science*.

La particolarità delle IESO, rispetto ad altre Olimpiadi scientifiche è proprio questa varietà di prove, che mettono in gioco competenze diverse, dal *problem solving* al rispetto delle scadenze, il lavoro in *team*, le capacità comunicative, *soft skills* richieste nella scuola e nel mondo del lavoro.

L'Italia sarà quindi impegnata nella realizzazione delle prove, in particolare il DTM e l'*Earth science project*, e nell'organizzazione pratica, digitale e operativa di tutte le attività.

Sono organizzatori e partner l'ANISN - Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali, la Società Geologica Italiana, la Regione Valle d'Aosta, altri patrocini sono stati richiesti e, come ogni collaborazione, particolarmente benvenuti ed apprezzati.

Le associazioni e gli enti che sono interessati a patrocinare l'evento o singoli disponibili a collaborare possono contattare l'organizzazione agli indirizzi

✉ s.occhipinti@mail.scuole.vda.it

✉ info@IESO2022.com

🌐 www.ieso2022.com

NUNTIUM DE LAPIDIBUS

II International Workshop on Heritage Stones

Lo scorso ottobre si è tenuto a Torino, nella splendida cornice del Castel del Valentino, il *II International Workshop on Heritage Stones*, organizzato dal Politecnico di Torino e dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino. Questo *Workshop* segue quello di Salamanca dell'ottobre 2018 ed è sostenuto dallo IUGS, Sottocommissione *Heritage Stone*.

Si è trattato di tre intensi giorni di seminari, tavole rotonde e visite sul campo con il fine di promuovere le pietre del patrimonio culturale della nostra tradizione e la loro corretta conservazione; il *Workshop*, tenuto in modalità duale in presenza e via *web*, ha visto l'attenta

partecipazione di ricercatori, esperti e giovani studiosi.

I lavori sono stati aperti da una nota di Lazzarini sul Porfido Rosso Antico, il cui uso era riservato all'Imperatore e quindi è chiamato anche Porfido Imperiale, gli Imperatori nascevano in una sala rivestita di Porfido Rosso Antico, da cui Porfirigenito. Il Porfido Rosso Antico (**Fig. 1**) fu cavato occasionalmente in epoca Faraonica e Tolemaica, e poi intensamente dai Romani dal I al IV secolo d.C., da allora le sue cave, poste nel mezzo del Deserto Orientale Egiziano a Mons Porphyrites, non sono mai più state sfruttate. Tutti gli usi successivi sono dovuti a riuso e spolio di edifici o monumenti romani. Il Porfido Rosso Antico è unico al mondo e consiste in un metaporfido in facies di scisti verdi da trachibasalti, trachiandesiti basaltiche e trachiandesiti, con minerali primari oligoclasio-andesina, orneblenda-ossiorneblenda e con accessori piemontite, magnetite e apatite.

La prima sessione dello *Workshop* è stata dedicata alle Pietre Storiche Europee, con comunicazioni sulla Pietra di Itria in Puglia, abitualmente usata per i Trulli, sui Marmi scuri storicamente usati in Europa, sul Verde Prato, usato nella dicromia toscana del XII-XVI secolo, sulle pietre in opera ad Eporedia (l'Ivrea romana), sulle proprietà termomeccaniche delle pietre in uso a Brusno (Polonia), ed infine con una nota sull'uso architettonico di serpentiniti ed oficalciti nell'architettura della Liguria orientale e Toscana.

La seconda sessione era su Cave Storiche: utilizzi, tutele, limiti normativi, risorse; le comunicazioni hanno riguardato pietre norvegesi, portoghesi, spagnole, rumene e tedesche.

Ha concluso la prima giornata una presentazione di Coli sul Papiro delle Miniere e le risorse naturali dello Wadi Hammamat in Egitto. Questo in quanto nella mattina del secondo giorno era in programma una visita guidata al Museo Egizio di Torino, il più



Fig. 1 - San Giovanni in Laterano, colonne monolitiche di Porfido Rosso Antico nel Battistero.

importante al mondo dopo quello del Cairo. I materiali lapidei del Museo Egizio sono stati studiati dal DST-Unito e messi on line su "Stone. Pietre Egizie", app scaricabile gratuitamente su *Apple Store* e *Google Play*. Nel Museo Egizio è conservato il famoso Papiro delle Miniere, ritrovato a Deir el-Medina (Egitto) attorno al 1824 da Bernardino Drovetti, proconsole di Napoleone. Il Papiro fu realizzato per scopi minerari da Amennakhte, intorno al 1150 a.C., durante una delle spedizioni di approvvigionamento di pietre ornamentali inviate al Wadi Hammamat dal faraone Ramses IV (1156-1150 a.C.), XX dinastia del Nuovo Regno. Il Papiro riporta un tratto dello Wadi Hammamat con la confluenza con wadi Atallah e wadi el-Sid, le colline circostanti, le cave di Pietra di Bekhen (*Lapis Basanites*), di Breccia dello Cento Pietre (*Lapis Hecatantolitos* - **Fig. 2**), le miniere d'oro e l'insediamenti di Bir Umm Fawakhir. Il Papiro riporta anche numerose annotazioni che identificano le caratteristiche mostrate sulla mappa: tipo di rocce, destinazioni dei percorsi lungo i wadi, distanza di cave e miniere, posizione dei giacimenti auriferi nelle colline, dimensioni dei



Fig. 2 - Breccia delle cento pietre (*Lapis Hecatantolitos*).

Fig. 3 - Sacra di San Michele, la facciata ed il portale della chiesa in conci serrati di prasinite e calcescisto con stretti ricorsi di malta ed il muro laterale in muratura mista a malta e pezzame di prasinite e calcescisto.

blocchi di pietra estratti. Il Papiro di Torino rappresenta di fatto il primo sistema di informazione geografica conosciuto (GIS). A fine del primo giorno è stata effettuata una escursione per le vie di Torino per conoscere le Pietre Storiche in opera; questo studio, sempre del DST-Unito, è liberamente fruibile tramite *smartphone* e *tablet* da: https://frida.unito.it/wn_pages/contenuti.php/612_terra-e-oceani/206_tourinstones-unapp-sulle-pietre-ornamentali-di-torino/.

Il secondo giorno del *Workshop* è stato dedicato alle Pietre Storiche del mondo ed ha visto una interessante nota di Gurmeet Kaur che ha spiegato come procedere per la designazione come heritage stone delle pietre storiche locali, a cui ha seguito una comunicazione sulle pietre indiane, due su pietre brasiliane: la sodalite blu di Bahia e lo gneiss Leptinito della vecchia città di Rio De Janeiro, e quindi una comunicazione sulle pietre di Bogotà (Columbia). Altre comunicazioni hanno riguardato la pietra come elemento per costruire strumenti musicali a percussione e la scultura in pietra in epoca preistorica; è seguita

una ricca e variata sessione *poster*.

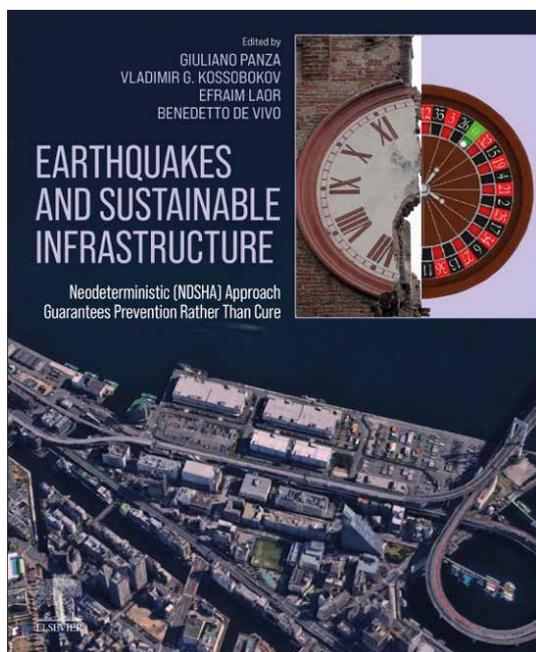
Il terzo giorno è stato dedicato all'escursione a Sacra di San Michele, Archo di Augusto a Susa e cave in zona. La Sacra di San Michele fu prima castrum Romano e poi roccaforte Longobarda, la costruzione del complesso ecclesiale vero e proprio avvenne a fine X secolo. La Sacra di San Michele si erge a 960 m s.l.m. sulla cima del monte Pirchiriano, a 40 km da Torino, sulla via Francigena ed a controllo della Val di Susa; all'interno della Chiesa principale della Sacra, risalente al XII secolo, sono sepolti membri della famiglia reale di Casa Savoia.

L'intero complesso della Sacra di San Michele è stato realizzato usando, in un contesto di scava ed usa, le locali prasinito e calcescisti (www.youtube.com/watch?v=GOD8gxSTySw), secondo un sapere antico che si è tramandato dall'epoca romana fino al XX secolo (**Fig. 3**).

Credits: tutte le foto sono di Massimo Coli

EARTHQUAKES AND SUSTAINABLE INFRASTRUCTURE

Neo-Deterministic (NDSHA) Approach Guarantees Prevention Rather Than Cure



Autori

Giuliano F. Panza, Vladimir G. Kossobokov,
Efraim Laor e Benedetto De Vivo

Pubblicato da

Elsevier

pp. 676

ISBN

9780128235034

eBook ISBN

9780128235416

Il volume è una raccolta di trenta contributi che illustrano, dalla teoria ai casi di studio, vent'anni di applicazioni in tutto il mondo (Europa, India, Africa, Cina, Stati Uniti, Indonesia, Pakistan e Iran) di un nuovo paradigma nella stima della pericolosità sismica: il metodo Neo-deterministico NDSHA. Questo nuovo approccio è spiegato, nel suo impianto NON PROBABILISTICO, a partire dalla prefazione in tutti i contributi presentati in ordine utile a comprendere i vari aspetti del metodo di lavoro proposto.

Il dichiarato intento dei quattro curatori del volume è quello di promuovere un metodo affidabile di stima della pericolosità sismica basato su aggiornate conoscenze scientifiche e sul concetto di Massimo Input Sismico Credibile. Tale nuovo approccio è orientato alla prevenzione sismica e ad ispirare le misure di riduzione della vulnerabilità delle strutture progettate in aree a rischio sismico.

Vladimir Kossobokov, nel **Capitolo 1** ricorda che l'uso improprio dei metodi statistici può portare ad inferenze errate anche se gradite dagli utenti. Infatti, lo studio della sismicità e le sue variazioni nel tempo basate sui cataloghi sismici (in Italia, copre circa mille anni) e sulle misure dei terremoti osservati (un centinaio d'anni) coprono intervalli di tempo decisamente più corti di quelli propri dei processi tettonici che controllano la sismicità (milioni di anni). Pertanto, le occorrenze temporali riconosciute solo con l'uso di questi cataloghi possono, deduce l'autore, essere sbagliate se estrapolate per intervalli di tempo molto più lunghi. Il metodo NDSHA è ispirato a questa consapevolezza.

Jens-Uwe Klugel nel **Capitolo 2** prende in considerazione la natura dei forti terremoti quali fenomeni naturali estremi che i metodi probabilistici tradizionali di stima della pericolosità non riescono a prevedere perché **1)** corrispondono a probabilità di occorrenza molto basse e **2)** caratterizzati da intensità molto elevate rispetto ai livelli di sollecitazioni di progetto delle strutture di ingegneria civile. Bisogna, secondo l'autore, cercare un nuovo metodo su cui fondare una progettazione strutturale "Resiliente ai Disastri"! Nel **Capitolo 3** Paolo Rugarli fa il punto sulla progettazione antisismica delle strutture e delle infrastrutture. Le Normative per le Costruzioni fanno riferimento al concetto di probabilità di occorrenza delle azioni a cui l'opera da progettare deve resistere. Rugarli ribadisce la necessità che nei dettami normativi si torni ad un approccio più facilmente comprensibile dai progettisti: introduce il concetto di "Pericolosità Affidabile" che sostituisca la "Pericolosità Probabile in un certo tempo di ritorno" che peraltro varia nelle diverse edizioni della Normativa.

Nel **Capitolo 6** Alexander Soloviev descrive il modello del blocco-

e-faglia BAFD formulato negli anni ottanta per analizzare la dinamica della litosfera e le caratteristiche sismiche di una regione e che è stato, poi, utilizzato nell'ambito del NDSHA. Soloviev illustra come tale modello riproduce i caratteri salienti della sismicità osservata e misurata, quali la legge di Gutenberg-Richter, l'occorrenza degli eventi in particolari zone della crosta terrestre, l'occorrenza di grandi terremoti nei nodi dove la struttura a blocchi è frammentata o dove i blocchi subiscono rotazioni.

Tutti gli aspetti del metodo Neo-deterministico sono affrontati nei numerosi capitoli del volume: l'uso delle informazioni disponibili sugli eventi sismici e le caratteristiche sismo-tettoniche delle placche, il metodo del pattern recognition nelle aree sismicamente attive, la previsione dei terremoti a medio-termine con differente accuratezza spaziale, l'analisi di pericolosità sismica di scenario (SSHA), il massimo input sismico credibile (MCSI), la legge di scala unificata per i terremoti (USLE) che tiene conto della distribuzione frattale dell'occorrenza degli eventi sismici oltre all'analisi dei Dati Geodetici (GDA) di GPS, GSSN e di altre misure.

Leggendo il testo ci si può appassionare al nuovo approccio per descrivere l'occorrenza temporale degli eventi sismici dichiarato nel metodo NDSHA e metaforicamente

rappresentato dall'immagine dell'orologio della Torre dei Modenesi di Finale Emilia (**Fig. 1**) distrutto dal recente sisma emiliano e ripresa nella copertina del libro: l'indefinito aoristico dell'orologio senza lancette è assimilabile ad un terremoto che potrà avvenire, che forse avverrà, o che è già avvenuto (approccio NDSHA). L'aoristo è uno dei quattro temi temporali fondamentali del verbo greco: esso esprime solo l'aspetto dell'azione, cioè un'azione "puntuale", compiuta, colta nel momento in cui si svolge, circoscritta sull'asse temporale e delimitata da un inizio e da una fine. Questo concetto puntuale degli eventi estremi naturali, tra cui i terremoti, è posto in contrapposizione al concetto della

probabilità dell'occorrenza con una struttura temporale ricorsiva interpretata dal chimerico "tempo di ritorno" (approccio PSHA).

Questo volume corposo appare essere il manifesto collettaneo di una "rivoluzione copernicana" negli studi di pericolosità sismica: si propone l'uso del NDSHA (*neo-deterministic seismic hazard assessment*) in contrapposizione al PSHA (*probabilistic seismic hazard assessment*) sulla base della denunciata inadeguatezza delle previsioni dei forti eventi sismici a scala globale prodotta dal progetto GSHAP (*Global Seismic hazard Assessment Project*) basato sul metodo PSHA (Irwandi Irwandi nel **Capitolo 30**).

In Italia, il luttuoso evento sismico di San Giuliano di Puglia del 2002 ha accelerato l'approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (NTC-2008, ora NTC-2018), che hanno

recepito formalmente e sostanzialmente il paradigma PSHA attraverso la Mappa della Pericolosità Sismica Italiana, nota come MPS04 (Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006) e sue ss.mm.ii. L'unica eccezione è enunciata al punto 3.2.3.6. di NTC-2008 e NTC-2018: si dà la possibilità al progettista di utilizzare accelerogrammi sintetici ottenuti mediante l'applicazione di metodi alternativi al metodo probabilistico quali

NDSHA, purché il loro spettro di risposta elastico non sia troppo diverso (inferiore) rispetto a quello probabilistico.

La lettura di questo testo offrirà, quindi, spunti di riflessione al ricercatore, al tecnico e all'appassionato perché coniuga la rigorosa ricerca scientifica di settore con le sue applicazioni negli ambienti umani soffermandosi a discutere concetti come probabilità, rischio e affidabilità che sono tanto usati quanto poco spiegati.

Questo volume costituirà per tutti i lettori geologi, ingegneri o semplici appassionati una opportunità unica per conoscere una materia che per sua natura multidisciplinare è nota nei suoi molteplici aspetti solo dagli addetti ai lavori.



Fig. 1 - Orologio della Torre dei Modenesi, costruita nel 1213 a Finale Emilia (MO), danneggiata dalla scossa del 20 maggio 2012 e poi distrutta dalla seconda del 29 Maggio 2012.

PanGEA È TORNATA e, finalmente, è ufficiale!

Il 2022 si apre con una piacevole novità. Ci eravamo lasciati nel n. 4 di Geologicamente, annunciando la allora costruenda nuova Divisione della Società Geologica Italiana dedicata alle tematiche della Diversità, Equità e Inclusione. È giusto quindi presentare il gruppo di lavoro composto da: Paola Vannucchi (Coordinatrice, Univ. Firenze) e da Sveva Corrado (Univ. RomaTre), Chiara Amadori (Univ. Pavia), Daniela Di Bucci (Protezione Civile), Alessandra Biserna (Ordine Nazionale dei Geologi), Ilaria Mazzini (IGAG - CNR), Fabrizio Berra (Univ. Milano), Luigi De Filippis (Liceo Spallanzani) e Raffaele Sardella (Univ. Roma Sapienza). Questo è un gruppo

volutamente eterogeneo sotto tanti punti di vista, ma accomunato da una esperienza che conferma, purtroppo, la presenza dello squilibrio di genere nei diversi ambiti delle Geoscienze.

Grazie al supporto della SGI, possiamo dare ufficialmente inizio ai lavori - che in realtà non si sono mai interrotti dall'organizzazione del primo workshop tematico del 23 ottobre 2020.

Attualmente due sono i progetti in cantiere, uno a breve e l'altro più a lungo termine.

Il primo riguarda la giornata dell'11 Febbraio, dedicata dalle Nazioni Unite alle Donne e Ragazze nella Scienza, per la quale è stato organizzato, non solo un *network* di iniziative locali raccolte in un unico documento, fruibile a tutti, ma anche un evento in presenza. Il secondo riguarda la raccolta e l'analisi statistica (con particolare attenzione al bilancio di genere) degli immatricolati e dei laureati in Scienze Geologiche. In particolare vogliamo comparare questi dati con il numero di chi effettivamente lavora in campo geologico anche dopo la laurea (insegnamento incluso).

Più in generale, anche il 2021, nonostante la continua emergenza sanitaria, non si è concluso senza piccoli passi avanti nelle questioni delle pari opportunità. A dicembre 2021 è entrata in vigore la legge (n. 162 del 5 novembre www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2021/11/18/21G00175/sg) sull'Equilibrio di Genere negli organi delle società pubbliche. Questa legge di fatto vuole incidere più concretamente sulle seguenti azioni, già individuate dal Codice delle pari opportunità tra uomo e donna (DL n. 198/2006):

1. il monitoraggio nazionale per le pari opportunità con un rapporto biennale da presentare direttamente in sede parlamentare;

2. la Certificazione della parità di genere, da parte dei datori di lavoro, per attestare le misure concrete da loro adottate per ridurre il divario di genere in relazione alle opportunità di crescita in azienda (ad esempio, la parità salariale e la tutela della maternità);
3. la premialità verso azioni virtuose ed efficaci nelle politiche delle pari opportunità.

Incrociamo le dita, quindi, per un nuovo anno ricco di novità ancora più positive verso il raggiungimento di una comunità inclusiva che rispecchi la diversità che caratterizza la società civile e che tratti i suoi membri con equità.

Invitiamo sempre le Geologhe e i Geologi interessati a far parte di questo nuovo gruppo ad iscriversi alla *mailing list* di PanGEA, inviando una *email* all'indirizzo

 pangeasenzafrontiere@gmail.com



Mappa semplificata delle attività svolte in Italia in occasione dell'11 Febbraio 2021, giorno in cui è stata fatta un'uscita dedicata sul sito della SGI (www.socgeol.it/N3236/pangea-geoscienze-senza-frontiere-eventi-organizzati-per-la-giornata-internazionale-delle-donne-e-delle-ragazze-nella-scienza.html).

LA DIDATTICA DIGITALE DELLE SCIENZE DELLA TERRA: *potenzialità e limiti*



Fig. 1 - Laboratorio di scansione per la riproduzione 3D di reperti geologici, descritto da Poli e Erba, 2021.

Le Scienze della Terra per loro natura necessitano di un approccio didattico misto costituito dall'insieme di didattica frontale, attività laboratoriale e di campo. Alla base della formazione di un geologo c'è infatti lo sviluppo della capacità di descrivere,

rappresentare e interpretare gli elementi geologici osservabili sul terreno. La crisi sanitaria COVID-19 a partire da marzo 2020 ha avuto un forte impatto sulla modalità di erogazione degli insegnamenti costringendoci, in breve tempo, a modificare il consueto approccio all'insegnamento ma esigendo allo stesso tempo tutela e garanzia di una formazione di elevata qualità. Di questo si è parlato nel convegno dal titolo: "Prospettive per il miglioramento della didattica universitaria dopo l'esperienza della pandemia", organizzato da *con.Sienze* (Conferenza Nazionale dei Presidenti e dei Direttori delle Strutture Universitarie di Scienze e Tecnologie) il 24 settembre 2021. Il programma ha previsto interventi sul tema "Strumenti, opportunità e percezione della DAD", sessioni delle diverse aree scientifiche e una sessione di confronto al termine dei lavori. Il materiale del convegno è a disposizione all'indirizzo [www.conscienze.it/convegni .asp](http://www.conscienze.it/convegni.asp). L'impossibilità di recarsi in campo o nei laboratori didattici ha reso necessario ricorrere a supporti multimediali. All'Università di Milano (Poli e Erba, 2021), punti di osservazione chiave delle uscite previste per l'insegnamento di "Introduzione alla Geologia" e alcuni campioni distintivi di rocce e fossili (**Fig. 1**) sono stati ripresi utilizzando tecnologie video differenti: riprese tradizionali, riprese con videocamera 360°, rilievi fotogrammetrici e ricostruzioni 3D di affioramenti. I video realizzati sono stati quindi messi a disposizione degli studenti tramite la piattaforma *YouTube*, mentre i modelli 3D sono stati resi fruibili in *Sketchfab*. Un uso innovativo di *Google Earth* per la didattica è stato esplorato all'Università di Napoli (Iannace, 2021), in cui studenti hanno condotto una campagna di rilevamento geologico al confine tra Iran e Iraq (**Fig. 2**) accedendo a dati stratigrafici e immagini geolocalizzate raccolte in un precedente progetto di ricerca. Un approccio immersivo per attività di campo è stato presentato

“Prospettive per il miglioramento della didattica universitaria dopo l'esperienza della pandemia”, convegno organizzato da *con.Sienze* il 24 settembre 2021



Fig. 2 - Area al confine tra Iran e Iraq, utilizzata per il rilevamento geologico attraverso *Google Earth* (Iannace, 2021).

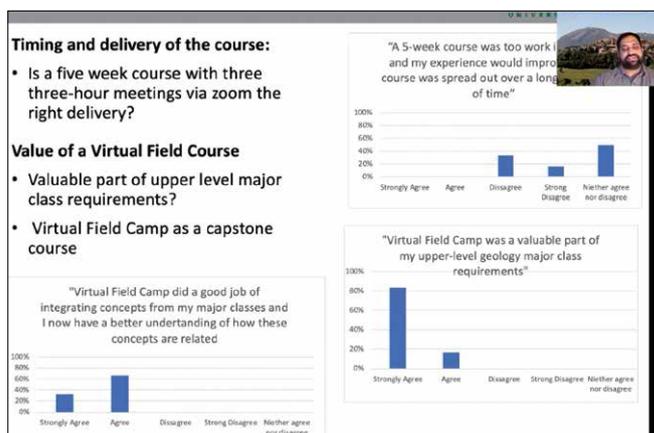


Fig. 3 - Schermata del video presentato da Alan Pitts (2021) con i risultati dei questionari di gradimento degli studenti.

anche dall'Università di Camerino (Pitts, 2021). Contenuti digitali raccolti tramite droni, modelli di affioramento virtuale e immagini *Gigapan* ad alta risoluzione di panorami sono stati alla base delle attività di rilevamento sui Monti Sibillini. Gli studenti (**Fig. 3**) hanno visitato affioramenti reali su modelli 3D digitali georeferenziati e hanno estratto i dati relativi alle strutture geologiche. L'impossibilità di accedere ai laboratori di microscopia ottica ha spinto l'Università di Bari (Liotta, 2020) a ricorrere a microscopi ottici virtuali disponibili in rete (ad esempio, *rockPTX*, *UK Virtual Microscope*, *Minerva Union College*) e fondamentale è stato l'approccio didattico basato sulla integrazione di materiale *on-line*

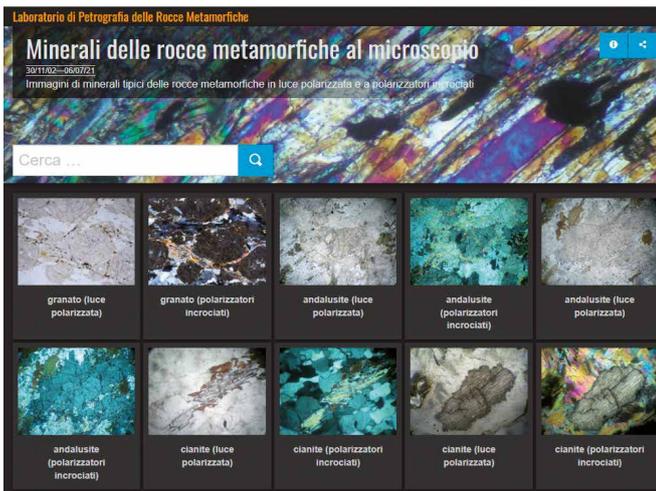


Fig. 4 - Pagina web per l'osservazione di sezioni sottili (www.geo.uniba.it/caggianelli-didattica-programmi/appunti-di-petrografia.html), citata in Liotta, 2021).

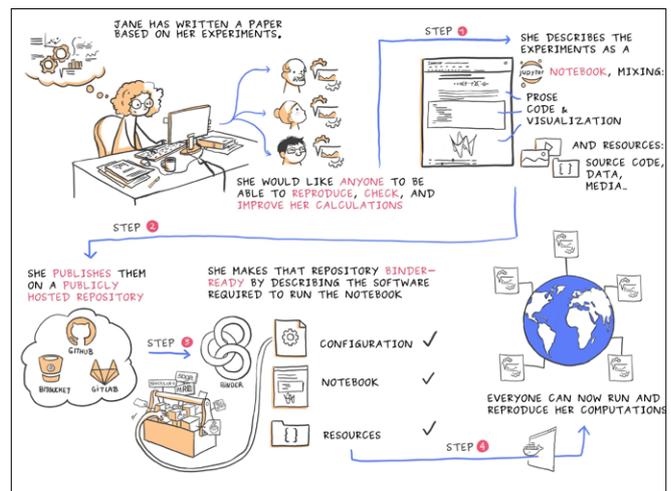


Fig. 5 - Processo di produzione e condivisione del codice prodotto con Jupyter su Binder, presentato da Piana Agostinetti, 2021 (cartoon di Juliette Taka, licenza Creative Commons).



Fig. 6 - Immagine tratta dal video di presentazione del progetto WUT, Water Underground Talks, presentato da Re, 2021.

e materiale foto-video ad alta risoluzione preparato da docenti a partire dalle collezioni didattiche presenti in dipartimento (Fig. 4). Lo studio della Geofisica è stato, invece, affrontato presso l'Università di Milano Bicocca attraverso l'utilizzo dei *notebook* Jupyter (Piana Agostinetti, 2021) che sono stati caricati dal docente su *GitLab* e *Binder* (Fig. 5), per essere eseguiti in remoto o scaricati sul proprio *PC/laptop*. Grazie alla facilità di reperimento di codici *python* già sviluppati da integrare nei *notebook*, gli studenti stessi hanno potuto impostare e portare a termine (piccole) ricerche specifiche sui temi oggetto del corso.

Infine, l'ampia diffusione dei software di videoconferenze ha permesso di offrire agli studenti opportunità uniche di internazionalizzazione con l'incontro, sebbene a distanza, di ricercatori e scienziati da ogni parte del mondo. All'Università di Pisa (Re, 2021) i colleghi hanno realizzato una serie di video in cui esperti di connessione tra acque sotterranee, clima, cibo e persone hanno condiviso le loro ricerche (Fig. 6). Si è trattato di un primo

tentativo di utilizzo sistemico della tecnologia per promuovere una parità reale tra generi, paesi, comunità etniche e minoranze spesso sottorappresentate. L'iniziativa ha avuto l'adesione di varie organizzazioni internazionali, tra cui IGRAC, UNESCO-IHP, IAH, GRIPP e GIWS.

Dal confronto tra le diverse esperienze possiamo tentare un primo bilancio. A fronte di un significativo costo in tempo e mezzi per la realizzazione di materiale digitale, il suo utilizzo sincrono tra docente e studenti ha permesso l'apprendimento anche in una situazione oggettivamente difficile e può rappresentare anche in futuro un valido supporto per lo studio individuale. L'esperienza della didattica a distanza ha aperto, dunque, nuove prospettive per la didattica universitaria. I supporti immersivi prodotti potrebbero essere utilizzati in modo strutturale in futuro come materiale introduttivo ma anche in quei casi in cui le attività pratiche debbano essere limitate per altre cause: si pensi ad esempio al caso degli studenti lavoratori o con disabilità.

INCONTRA gli Autori

1. GIOVANNI VEZZOLI

L'attività di ricerca del Prof. Giovanni Vezzoli riguarda lo studio dei sedimenti trasportati dai principali fiumi della Terra (Rio delle Amazzoni, Nilo, Po, Gange, Fiume Azzurro) con l'obiettivo di creare nuovi modelli di provenienza da applicare all'interpretazione, dal punto di vista paleotettonico e paleoclimatico, delle mode detritiche di antiche successioni terrigene deposte all'interno dei bacini sedimentari. L'attività di ricerca comprende poi lo studio della dinamica dei processi erosivi presenti all'interno dei bacini idrografici con lo scopo di quantificare il trasporto solido dei fiumi e il budget sedimentario. La ricerca si è sviluppata attraverso diversi anni di esperienza sia in laboratorio che sul campo, attraverso spedizioni nelle Alpi, in Himalaya e sulle Ande.



2. GILDA RISICA

Gilda Risica ha conseguito la Laurea Triennale in Scienze Geologiche presso l'Università di Palermo, la Laurea Magistrale in Geologia per il Territorio e le Risorse presso l'Università degli Studi di RomaTre, e ha recentemente ottenuto il titolo di Dottore di Ricerca in Scienze della Terra presso l'Università degli Studi di Firenze, in collaborazione con l'INGV e l'Università di Pisa, sull'applicazione del Paleomagnetismo in Vulcanologia.



3. FABIO SPERANZA

Fabio Speranza ha conseguito la laurea in Geologia presso l'Università La Sapienza nel 1990 ed in seguito il PhD in Scienze della Terra presso l'Université Paris VI. Dal 1995 lavora presso l'INGV dove attualmente dirige la Sezione di Roma2. Si occupa da circa 30 anni di paleomagnetismo applicato alla tettonica ed alla vulcanologia con studi nel Mediterraneo, sulle Ande, nelle isole dell'Atlantico, ed in Tibet-Indocina.



4. RODOLFO CAROSI

Il Prof. Carosi si occupa di geologia strutturale, cartografia geologica e tettonica continentale, con particolare attenzione all'evoluzione delle catene collisionali antiche e recenti. Le aree di indagine spaziano dall'Himalaya, Antartide, Catena Varisca sud-europea, Cina meridionale fino alle Alpi e all'Appennino settentrionale. Lo scopo delle ricerche riguarda la comprensione della crescita e del collasso degli orogeni, della tettonica traspressiva continentale, della deformazione, metamorfismo ed esumazione delle rocce più profonde e, infine, dello strain, cinematica e geocronologia delle zone di taglio. Il Prof. Carosi studia da quasi trenta anni l'evoluzione tettono-metamorfica dell'Himalaya e ha organizzato/partecipato oltre venti spedizioni sul campo.



5. ERICA LUZZI

Erica Luzzi si è laureata con lode in Geologia presso l'Università di Roma La Sapienza. Per scrivere la tesi magistrale ha vinto una borsa per tesi all'estero, entrando così per la prima volta alla Jacobs University Bremen (Germania), sotto la guida del prof. Angelo Pio Rossi. Qui ha successivamente conseguito il dottorato di ricerca specializzandosi in Geologia Planetaria e collaborando con l'ESA e gli astronauti Luca Parmitano e Matthias Maurer. Nel 2020 ha vinto il premio di eccellenza offerto da Zonta International e dedicato all'aviatrice Amelia Earhart, destinato a giovani e promettenti ricercatrici nelle Scienze Planetarie. Nel 2021 ha vinto il premio offerto dalla Società Geologica Italiana per la miglior pubblicazione di Geologia Planetaria tra giovani ricercatori.



6. DANIEL ZOBOLI

Laureato in Scienze della Terra e in Scienze e Tecnologie Geologiche presso l'Università degli Studi di Cagliari ha conseguito il dottorato di ricerca nello stesso ateneo con tesi sui vertebrati fossili della Sardegna. È attualmente ricercatore presso il Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche ed è titolare del corso di Museologia nella Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente. Collabora attivamente come consulente scientifico con diversi musei della Sardegna tra i quali il Museo PAS-E.A. Martel di Carbonia e il Museo D. Lovisato di Cagliari. Autore di articoli scientifici e divulgativi, attualmente si occupa di ricerca, tutela e valorizzazione del patrimonio geo-paleontologico della Sardegna e di divulgazione scientifica.



6. GIAN LUIGI PILLOLA

Laureato in Scienze Geologiche all'Università di Cagliari nel 1982, ha ottenuto il titolo di Dottore di Ricerca all'Università di Rennes I (Francia) con una tesi riguardante la stratigrafia e i trilobiti del Cambriano inferiore della Sardegna. Tuttora è responsabile scientifico del Museo PAS-E.A. Martel, del Centro Italiano della Cultura del Carbone (CICC) e coordinatore scientifico dei musei e collezioni dell'Ateneo cagliaritano (CIMCAS). Ricopre i corsi di Paleontologia nella Facoltà di Scienze e in quella di Biologia e Farmacia dello stesso Ateneo, collabora presso le scuole di ogni ordine e grado al fine della diffusione della cultura geologica e con diverse amministrazioni comunali con l'obiettivo di promuovere la salvaguardia e a fruizione dei geositi di maggior interesse.





Autori Daniel Zoboli e Gian Luigi Pillola

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università degli Studi di Cagliari

IL MUSEO PAS-E.A. MARTEL DI CARBONIA

tra i fossili più antichi d'Italia e piccoli mammut

Immagine sfondo - Fig.4 - Copia dello scheletro di *Tyrannosaurus rex*, dinosauro teropode nordamericano.



Museo Pas-E.A.

[✉ museicarbonia@gmail.com](mailto:museicarbonia@gmail.com)

[f Museo PAS-Martel Carbonia](#)

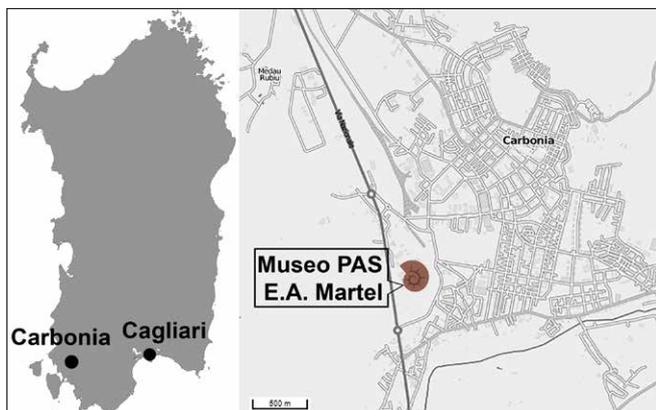


Fig. 1 - Localizzazione del Museo PAS - E.A. Martel.

Il Museo dei Paleambienti Sulcitani Edouard Alfred Martel (Museo PAS - E.A. Martel) è situato nell'area della Grande Miniera di Serbariu, presso Carbonia, nella regione storica del Sulcis-Iglesiente (Sardegna sud-occidentale) (Fig. 1). Il nucleo originale del museo si deve all'infaticabile attività di ricerca di alcuni dei membri del Gruppo Ricerche Speleologiche E.A. Martel di Carbonia che a partire dagli anni '70 ha raccolto campioni di rocce e fossili nel Sulcis-Iglesiente e in altre aree della Sardegna. L'attuale museo nasce come recente estensione del precedente Museo Civico di Paleontologia e Speleologia E.A. Martel. Il punto di svolta è avvenuto in occasione di una prima piccola mostra tenutasi a Carbonia nel 1972 e nella quale vennero esposti alcuni dei resti fossili raccolti dai membri del gruppo speleologico. Nel tempo il numero di fossili del Museo è aumentato progressivamente soprattutto grazie al generoso e fondamentale contributo di ricercatori universitari, insegnanti e soprattutto di amatori locali che hanno fatto dono di singoli

reperti o piccole collezioni. Nel 1985 all'interno del Museo è stata organizzata una mostra di fossili della Sardegna che ha avuto una grande visibilità a livello regionale attirando più di 8000 visitatori in sole due settimane di programmazione. Questo importante evento ha permesso al piccolo museo di diventare museo civico e di avvalersi di fondi che hanno aiutato in maniera decisiva al suo miglioramento e alla sua valorizzazione. Tra la fine degli anni '80 e i primi anni '90 il fondamentale contributo dell'allora Amministrazione comunale ha permesso al Museo di avvalersi di nuovi arredi e vetrine più funzionali che hanno dato modo di migliorare considerevolmente l'assetto espositivo dei reperti.

Nel 2008 il Museo E.A. Martel si è trasformato nell'attuale Museo dei Paleambienti Sulcitani - E.A. Martel, trovando nuova sede nei più adeguati e ampi locali del padiglione delle ex Officine meccaniche della Grande Miniera di Serbariu che sono stati convertiti attraverso un opportuno restauro. L'attuale Museo si estende su una superficie di circa 1740 m², di cui circa 1050 m² sono adibiti al percorso espositivo e alle attività didattiche. L'attuale esposizione conta oltre 600 reperti, tra rocce e fossili, conservati sia in teche chiuse che in tavoli che permettono al pubblico di toccare con mano parte dei materiali (es. tavolo tattile dedicato alle rocce, Fig. 2). L'esposizione del Museo si articola in due distinti percorsi. Nel primo, localizzato nel piano terra, vengono affrontati temi quali i geoeventi e i bioeventi registrati nelle rocce affioranti nel Sulcis-Iglesiente. I reperti esposti in questo primo percorso sono organizzati cronostatigraficamente e raccontano la storia geologica di questa parte dell'Isola a partire dal Cambriano inferiore. Le vetrine sono inoltre accompagnate da ricostruzioni paleoambientali e carte paleogeografiche che permettono di avere un quadro di insieme per ogni periodo geologico (Zoboli e Pillola, 2020).

La storia geologica raccontata dalle rocce del Sulcis-Iglesiente è la più antica d'Italia, con litologie e fossili risalenti a più di mezzo miliardo di anni fa. Tra i reperti di maggiore interesse del Cambriano vi sono gli archeociti e i trilobiti, tra questi ultimi spiccano per bellezza alcuni esemplari di *Dolerolenus*. Le vetrine dedicate all'Ordoviciano sorprendono per la varietà di forme di vita marina. Le rocce di questo periodo testimoniano inoltre importanti eventi paleogeografici locali e paleoambientali di scala planetaria come la prima emersione dell'area, testimoniata dalla "puddinga ordoviciano", o la glaciazione ordoviciano, attestata da depositi glaciomarini.

Il Paleozoico si chiude con i fossili del Carbonifero e del Permiano. Tra questi vi sono quelli moscoviani di piante, animali e tracce della successione fluvio-lacustre di San Giorgio (Iglesias). Tra i resti di artropodi abbiamo quelli di un blattoide, di un aracnide (*Anthracomartus voelkelianus*) e del millepiedi gigante *Arthropleura armata* (Pillola e Zoboli, 2021), mentre tra gli icnofossili abbiamo le tracce di anfibi



più antiche d'Italia (Marchetti et al., 2020).

Grande risalto si dà alle rocce e ai fossili dell'Eocene, epoca ben rappresentata nel Sulcis e a cui risale il bacino lignitifero che ha gettato le basi per la nascita di Carbonia. Le vetrine dedicate al Quaternario occupano l'ultima sezione dedicata alla storia geologica del Sulcis-Iglesiente e ospitano rocce e fossili sia di ambiente marino che continentale. Tra le prime vi sono le arenarie di spiaggia e i fossili di molluschi del Tirreniano. Le faune continentali sono invece rappresentate dai resti di mammiferi endemici. Tra i fossili di questi vi sono quelli della bertuccia *Macaca majori*, alcuni scheletri compositi dell'ocotonide *Prolagus sardus*, le vertebre e i frammenti di palco del cervo *Praemegaceros cazioti* e i resti del mammut nano *Mammuthus lamarmorai* (Fig. 3) (Zoboli et al., 2016, 2018). Tra i reperti del Pleistocene non mancano le tracce fossili lasciate da cervidi, canidi e proboscidiati (Pillola e Zoboli, 2017; Zoboli e Pillola, 2018).

Nel piano terra è presente la sezione dedicata alle estinzioni di massa e ai dinosauri, temi di grande interesse per il pubblico. A questa è legata la riproduzione a grandezza naturale dello scheletro di *Tyrannosaurus rex* (Fig. 4). Il secondo percorso è dedicato alla paleobiodiversità e rappresenta il nucleo originario del Museo. Questo inizia con i fossili di organismi unicellulari e termina con l'evoluzione dell'uomo.

I nuovi spazi hanno dato modo di far crescere l'offerta didattica dedicata a ragazzi e bambini. Ogni attività ha l'obiettivo di avvicinare i giovani al mondo della paleontologia attraverso il gioco e l'intrattenimento ma mantenendo un adeguato rigore scientifico. Nel 2019 è stato inaugurato il "Jurassic Camp", uno scavo paleontologico simulato all'aperto nel quale i bambini riportano alla luce una riproduzione dello scheletro di un dinosauro.

Negli ultimi anni i musei geo-paleontologici sardi hanno dato un fondamentale contributo nella diffusione della "cultura geologica" nell'Isola, specialmente in ambito scolastico. L'idea di museo come semplice luogo di conservazione ed esposizione di reperti ha ormai lasciato il posto a quella che vede per essi un ruolo più dinamico e attivo nella diffusione del sapere. Nonostante le difficoltà legate alla sua gestione il Museo di Carbonia sta cercando di percorrere questa strada migliorando la propria offerta in ambito divulgativo.

RINGRAZIAMENTI

La presente contributo è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca finanziato con le risorse del P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2014-2020 - Asse III "Istruzione e Formazione, Obiettivo Tematico: 10, Obiettivo Specifico: 10.5, Azione dell'accordo di Partenariato: 10.5.12 "Avviso di chiamata per il finanziamento di Progetti di ricerca - Anno 2017".

BIBLIOGRAFIA

Marchetti L., Muscio G., Petti F.M., Pillola G.L. & Zoboli D. (2020). *The Carboniferous tetrapod ichnoassociation from Italy*. In Romano M. & Citton P. (eds), *Tetrapod ichnology in Italy: the state of the art*. Journal of Mediterranean Earth Sciences, 12, 29-37.

Pillola G.L. & Zoboli D. (2017). *Dwarf mammoth footprints from the Pleistocene of Gonnese (southwestern Sardinia, Italy)*. Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 56, 57-64.

Pillola G.L. & Zoboli D. (2021). *First occurrence of Arthropleura armata (Myriapoda) in the Moscovian (Carboniferous) of SW Sardinia (Italy)*. Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 60, 49-54.

Zoboli D. & Pillola G.L. (2018). *New evidences of mammal tracks from the Pleistocene of Gonnese area (southwestern Sardinia, Italy)*. Journal of Mediterranean Earth Sciences, 10, 173-175.

Zoboli D. & Pillola G.L. (2020). *Il Museo dei Palaeoambienti Sulcitani "E.A. Martel" di Carbonia (Sardegna)*. Museologia Scientifica - Nuova serie, 14, 7-11.

Zoboli D., Pillola G.L. & Palombo M.R. (2018). *The remains of Mammuthus lamarmorai (Major, 1883) housed in the Naturhistorisches Museum of Basel (Switzerland) and the complete "Skeleton-Puzzle"*. Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 57, 45-57.

Zoboli D., Pillola G.L. & Rook L. (2016). *New remains of Macaca majori Azzaroli, 1946 (Primates, Cercopithecoidea) from Is Oleris (Fluminimaggiore, southwestern Sardinia)*. Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 55, 227-230.



Fig. 2 - Tavolo tattile dedicato alle rocce.



Fig. 3 - I calchi delle ossa del mammut nano *Mammuthus lamarmorai* ritrovato nell'area di Gonnese.



CTD Logger multiparametrico (conducibilità, temperatura, pressione)

- Precisione / scala di conducibilità del sensore:
 $\pm 1\%$ max. / 0,2...200 mS/cm
- Precisione / sensore Pt1000 per monitorare la temperatura:
 $\pm 0,1\text{ }^\circ\text{C}$ / -10...40 $^\circ\text{C}$
- Precisione / campo di pressione (profondità):
 $\pm 0,02\%$ FS max. / 5...200 m
- Applicazioni:
monitoraggio della qualità dell'acqua e del livello



Competenza nella idrologia

Unità di trasmissione dati a distanza GSM

- Logger multiparametrico
- Trasmissione dei dati via e-mail, FTP oppure SMS
- Multifunzionale
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Facilità d'installazione
- Software incluso

Logger di pressione e temperatura

- Autonomo
- Di facile uso
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Applicazioni:
 - Acqua dolce
 - Acqua salata
 - Acqua sporca
- Ottenibile in acciaio Inox, Hastelloy oppure in Titanio

