

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE
Periodico della Società Geologica Italiana
n. 15 | novembre 2024

DALLA NATURA AL LABORATORIO: la giunzione tripla dell'Afar

**GLI EFFETTI
DELLE MUTAZIONI CLIMATICHE
SULLA GEOLOGIA URBANA:**
un nuovo approccio alla progettazione delle
infrastrutture ecosistemiche green and blue

**È SEDIMENTARIO,
MIO CARO WATSON!**
Le indagini "geologiche"
di Sherlock Holmes

**STOCCAGGIO DI IDROGENO
NEL SOTTOSUOLO:**
una sfida per le geoscienze
e loro ruolo



SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA

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



Direzione generale
**Educazione, ricerca
e istituti culturali**

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

Sottocontrollo



Foto: CGT - Siena



Sismografo Geode – GEOMETRICS

Atom-3C è il sismografo Geometrics ultra compatto, wireless, in grado adatto per indagini sismiche passive, HVSR, MASW, ReMi, e molto altro.

Strumenti – **anche a noleggio** – per:

monitoraggio sismico

- > strong motion, monitoraggio infrastrutture
- > esplorazione faglie
- > microzonazione sismica

studio del sottosuolo

- > indagini sismiche
- > monitoraggio versanti in frana



Codevintec rappresenta anche:



CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

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



Spettrometria di massa

Migliora la tua esperienza MC-ICP-MS con Thermo Scientific™ Neoma™ (MS/MS) MC-ICP-MS Cookbook™

- Guida analitica passo per passo
- Tuning ottimizzati per flussi di lavoro dedicati
- Descrizione della configurazione hardware
- Panoramica dei dati rappresentativi

Ulteriori informazioni su thermofisher.com/mc-icp-ms
Oppure contattaci: isotopeanalysis-italy@thermofisher.com



GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

CONTRIBUTI

- P. 8** **DALLA NATURA AL LABORATORIO:**
la giunzione tripla dell'Afar
- P. 18** **GLI EFFETTI DELLE MUTAZIONI CLIMATICHE SULLA GEOLOGIA URBANA:**
un nuovo approccio alla progettazione delle infrastrutture ecosistemiche green and blue
- P. 28** **È SEDIMENTARIO, MIO CARO WATSON!**
Le indagini "geologiche" di Sherlock Holmes
- P. 38** **STOCCAGGIO DI IDROGENO NEL SOTTOSUOLO:**
una sfida per le geoscienze e loro ruolo

SEZIONI

- P. 50** *IdroGEOLOGIA*
- P. 51** **GEOLOGIA**
Strutturale
- P. 52** **GEOLOGIA**
Marina
- P. 53** **GEOLOGIA**
Planetaria
- P. 54** **GEOLOGIA**
Ambientale
- P. 55** **GEOsed**
- P. 56** *Storia delle GEOSCIENZE*
- P. 57** **GEOLOGIA**
Himalayana
- P. 58** **GEOETICA**
e Cultura Geologica
- P. 59** **MATERIE PRIME STRATEGICHE**
e valorizzazione dei giacimenti minerali

ASSOCIAZIONI

- P. 60** *Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI*
- P. 62** *Società PALEONTOLOGICA Italiana*
- P. 64** *Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA*
- P. 66** *Associazione Italiana DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA*
- P. 68** *Società GEOCHIMICA Italiana*
- P. 70** *Associazione Italiana PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO*

Rivista quadrimestrale SGI - Società Geologica Italiana | Numero 15 | novembre 2024 | SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA | www.geologicamente.it
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, Patrizia Fumagalli, Giulia Innamorati, Susanna Occhipinti, Domenico Sessa, Marco Chiari, Anna Giamborino, Eugenio Nicotra, Eleonora Regattieri, Orlando Vaselli, Simone Vezzoni e Maurizio Del Monte

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

DIRETTORE RESPONSABILE Alessandro Zuccari

NEWS

P. 72 **IL CONGRESSO
CONGIUNTO
SGI-SIMP**
*Geology for a
sustainable management
of our Planet
(2-5 settembre, 2024)*

P. 74 **LA GEOLOGIA,
un fil rouge che lega
le generazioni**
Premi SGI 2024

P. 76 **IL 37° CONGRESSO
GEOLOGICO
INTERNAZIONALE
A BUSAN**
Corea

P. 78 **GEOHERITAGE SITES,
HERITAGE STONES E
GEOCOLLECTIONS:**
*l'Italia acquisisce
nuovi riconoscimenti
internazionali*



VISITA IL SITO
DELLA RIVISTA



P. 7 EDITORIALE

P. 49 RECENSIONE

P. 81 NUNTIIUM *de Lapidibus*

P. 83 ISCRIZIONE e Rinnovo

P. 84 THE TIME MACHINE PROJECT

P. 85 INCONTRA GLI AUTORI

P. 86 "TERRALAB EXPLORER": *il laboratorio
multimediale dedicato alla Geologia
del Dipartimento di Fisica e
Geologia di UniPG*

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

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

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

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

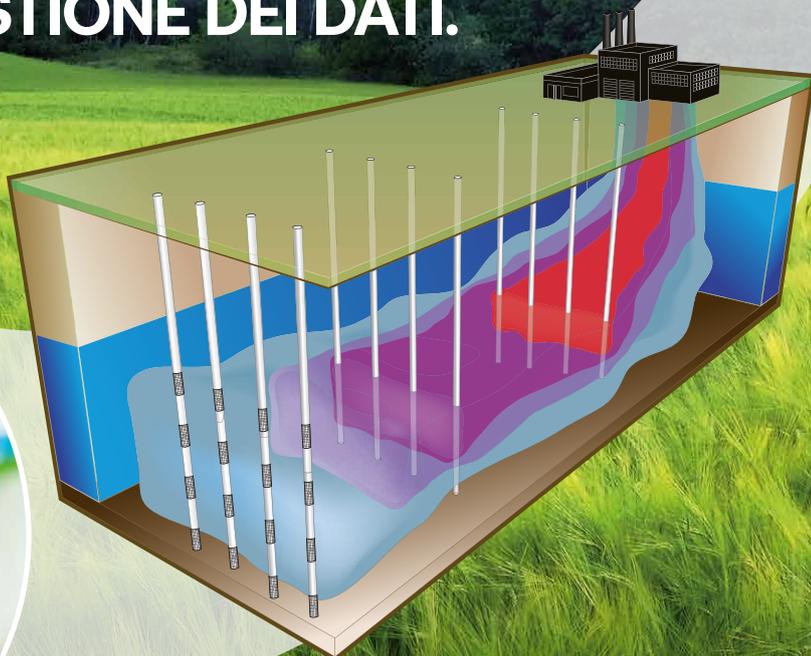
Immagine in copertina: Cammelli che si abbeverano in un *Maar* presso Semerara, Afar (Etiopia) (Illustrazione di Giacomo Corti).

Immagini interne: freepik.com

Chiuso in Redazione: 18 novembre 2024.

GESTIONE
INTEGRATA DATI

DALLA CARATTERIZZAZIONE AL MONITORAGGIO: L'IMPORTANZA DELLA GESTIONE DEI DATI.



Ad una raccolta efficace dei dati sulla qualità delle acque, deve seguire una loro gestione semplice, accurata e tempestiva per poter fornire in tempo reale gli elementi necessari a decisioni predittive. EgeoLab mette a disposizione dei clienti una piattaforma in grado di dialogare con la maggior parte dei sensori ambientali presenti sul mercato, di aggregarne i dati e di renderli fruibili in maniera semplice e immediata da qualsiasi device.

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



MISURE DI LIVELLO



DATALOGGER
E TELEMETRIE



CAMPIONAMENTO
LOW-FLOW



PROFILAZIONE
MULTILIVELLO

Solinst®

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

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

 **EGEO** +lab

WWW.EGEO.LAB.IT

GRUPPO EGEO S.R.L. | VIA OVIDIO, 11 - 20026 NOVATE MILANESE (MI) | TEL. +39 02 36 577 830 | EMAIL: EGEO@EGEO.LAB.IT

EDITORIALE



Rodolfo CAROSI

Presidente SGI - Società Geologica Italiana

Il terzo numero di *Geologicamente* 2024 ospita gli aggiornamenti del 37° Congresso Geologico Internazionale dell'IUGS che si è tenuto a fine agosto a Busan (Corea) e il resoconto del congresso congiunto SGI-SIMP di Bari “*Geology for a sustainable management of our planet*”, che ha avuto un enorme successo in termini di partecipazione e sessioni scientifiche. Ambedue segnali della grande vivacità geologica della nostra comunità.

Durante il 37° IGC di Busan sono stati approvati i secondi 100 IUGS *Geological Heritage Sites* e le prime 55 *Heritage Stones* che vedono ben sette nuovi siti italiani inclusi e ben quattro *Heritage Stones*; una grande soddisfazione per la geodiversità del nostro paese che reclama il suo giusto posto all'interno dei bellissimi libri dedicati.

Desidero rimarcare la risonanza mediatica del congresso congiunto SGI-SIMP ottenuta attraverso un attivissimo

ufficio stampa che ha prodotto oltre quaranta comunicati stampa dai quali sono derivati centinaia di articoli su carta, *online*, interviste radio e tv: una grande e meritata visibilità per la geologia italiana. Le cose belle, interessanti ed estremamente utili che facciamo come geologi vanno fatte conoscere a tutti.

I contributi principali in questo numero ci fanno volare nella giunzione tripla dell'Afar vista attraverso l'uso di modelli analogici e dei più intriganti modelli numerici, ad immaginare città resilienti ai rischi naturali e ai cambiamenti climatici, con i quali dobbiamo fare i conti quasi quotidianamente, a risolvere problemi di estrema attualità come lo stoccaggio dell'idrogeno nel sottosuolo fino a fare un salto alla fine dell'800 per andare a scoprire le indagini geologiche dell'investigatore più famoso e amato della storia, creato da Arthur Conan Doyle: Sherlock Holmes. Anche questo numero di *Geologicamente* ci sorprende per la grande varietà di aspetti che la geologia ci riserva! C'è sempre da imparare qualcosa di nuovo e di interessante da questa meravigliosa disciplina.

Gli aggiornamenti delle Società associate alla SGI e le numerose iniziative delle sezioni completano il quadro delle straordinarie attività della geologia e delle geoscienze.



Enrico CAPEZZUOLI

Direttore Editoriale *Geologicamente*

Nella calma di un caffè, nella pausa di lavoro o semplicemente a sedere sul divano di casa nostra, le notizie che arrivano da giornali e televisioni non sono proprio incoraggianti e rassicuranti. Guerre, tensioni, catastrofi climatiche (le immagini ed i numeri dell'alluvione di Valencia sono enormi!!!) non contribuiscono a godere di quei momenti. Specialmente se ci rendiamo conto che potrebbero capitare anche a noi!!!

Risorse energetiche, tutela del territorio, cambiamenti climatici... gli argomenti alla base di queste cattive notizie sono sempre le stesse, ci coinvolgono direttamente... e purtroppo personalmente non vedo nessun impegno nel volerle mitigare o anticipare. E non voglio parlare a livello globale (che sarebbe sicuramente fondamentale!), ma penso semplicemente al livello del nostro paese, dove

quotidianamente viviamo e dove vogliamo vivere. Ci sarà chi dice che “senza un impegno comune, è inutile farlo”, oppure che “i sacrifici di noi e basta non servono a nulla”, ma francamente spero di non trovarmi, come molti italiani si sono già trovati, con tutte le loro quotidianità (caffè, lavoro, casa...) distrutte e pensare che “forse avrei potuto fare di più”. E questo potrebbe essere semplicemente prendere coscienza del possibile problema e pretendere che chi gestisce la nostra sicurezza se ne occupi realmente (e non con tante chiacchiere che vengono puntualmente disattese). Lamentarsi con le istituzioni dopo che è successo non serve a niente!

Incredibilmente, tutti gli argomenti alla base delle cattive notizie hanno come denominatore la Geologia. Conoscere le nostre risorse, tutelare il nostro territorio, mitigare gli effetti del cambiamento climatico (perché questo c'è già)... e ne possiamo aggiungere quanti volete! La Geologia è sempre lì. Speriamo che i nuovi inquilini di questo paese (e di questo pianeta) si rendano conto che possono essere loro gli artefici del loro futuro, e non essere un semplice stelo sballottato dall'incedere degli eventi.

Per aspera ad astra e ... *Mente et malleo!!!*

DALLA NATURA AL LABORATORIO:

la giunzione tripla dell'Afar

a cura di Daniele Maestrelli

La giunzione tripla dell'Afar è il luogo in cui le placche tettoniche Araba, Somala ed Africana divergono tra loro, e rappresenta un *unicum* sul nostro pianeta, essendo l'unica giunzione di questo tipo non ancora totalmente sommersa dal mare. Nonostante la sua accessibilità, l'enorme scala geometrica ed i tempi geologici della sua evoluzione fanno sì che il processo responsabile della sua attuale configurazione sia difficile da comprendere ed investigare. A questo scopo, la modellizzazione analogica ci consente di "ridurre" a scale geometriche e temporali più convenienti (quelle del laboratorio) tale processo, e di studiarlo quindi in maniera efficace. Grazie a questa tecnica è possibile comprendere come la dinamica della giunzione tripla dell'Afar sia in gran parte controllata dalla differenza di velocità tra le tre placche in gioco, e come il movimento di queste risulti nella coesistenza di due campi di sforzi principali ed opposti, in grado di spiegare le geometrie peculiari delle faglie e delle intrusioni magmatiche osservabili in natura.



Maar presso la località di Semera Afar (Etiopia) (foto cortesia di Giacomo Corti).



Keywords

- ▶ Giunzioni triple
- ▶ Modellizzazione analogica
- ▶ Afar
- ▶ Rifting

LE GIUNZIONE TRIPLE E LA REGIONE DELL'AFAR

Le giunzioni triple sono il luogo in cui tre placche tettoniche entrano in contatto tra loro, dando origine a complesse situazioni geodinamiche. Tali placche, infatti, seguendo le loro traiettorie di spostamento, possono collidere, divergere o “svincolarsi lateralmente”, dando origine a differenti e variamente complicate configurazioni. Tra le numerose tipologie di giunzione, la giunzione tripla denominata R-R-R, corrisponde alla situazione in cui tre placche tettoniche tendono a divergere rispettivamente l'una dall'altra (McKenzie & Morgan, 1969). Nel caso in cui si tratti di placche oceaniche, tale giunzione verrà indicata come *Ridge-Ridge-Ridge* (in riferimento alla dorsali oceaniche che vengono a formarsi; in inglese appunto *Ridge*). Qualora si parli invece di placche continentali, la giunzione tripla assumerà il nome di *Rift-Rift-Rift*, in riferimento alla zona di rottura continentale (indicata appunto con il termine *Rift*). Quest'ultimo caso,

seppur teoricamente possibile, è difficilmente osservabile sul nostro pianeta, e trova l'unico riscontro nella giunzione tripla dell'Afar, in Etiopia, all'incrocio tra il Mar Rosso, il Golfo di Aden e la *Rift Valley* Etiopica (anche detta *Main Ethiopian Rift*, MER), diretto risultato dell'allontanamento delle placche Araba, Africana e Somala (Hayward & Ebinger, 1996) (Fig. 1). Questo unicum, risulta essere la sola giunzione tripla R-R-R ancora parzialmente in fase di rottura continentale e direttamente accessibile, poiché non ancora sommersa al di sotto delle acque marine (Varet, 2018). Sebbene infatti il Mar Rosso ed il Golfo di Aden possano essere indicati come *Ridge* (essendo già in fase di oceanizzazione), nella *Main Ethiopian Rift* persiste ancora la fase di rottura continentale, risultato della separazione tra placche Africana e Somala, responsabile dell'inizio di quel lungo processo che presumibilmente, in alcuni milioni di anni, porterà alla formazione di un nuovo

oceano. La giunzione tripla dell'Afar rappresenta quindi il luogo ideale, e perciò di estremo interesse, per lo studio della dinamica delle placche divergenti. La configurazione attuale della giunzione (Fig. 1) vede la Placca Araba allontanarsi dalla Placca Africana e Somala in direzione NE, alla velocità di circa 20mm/anno (McClusky et al., 2010). Queste ultime due invece tendono a divergere l'una dall'altra con velocità media di circa 5 mm/anno, seguendo una traiettoria all'incirca ONO-ESE (Stamps et al., 2021). Mentre la Placca Araba ha iniziato la sua “migrazione” verso NE in un intervallo di tempo compreso tra i 34 ed i 26 milioni di anni, la divergenza tra le placche Africana e Somala risulta essere più recente, risalendo a non più di 16 milioni di anni fa (DeMets, e Merkouriev, 2021; Wolfenden et al., 2004). In questo percorso di allontanamento, molteplici variabili hanno influenzato lo sviluppo e l'architettura attuale della giunzione tripla, che risulta essere un complesso contesto strutturale, costituito da faglie normali variamente

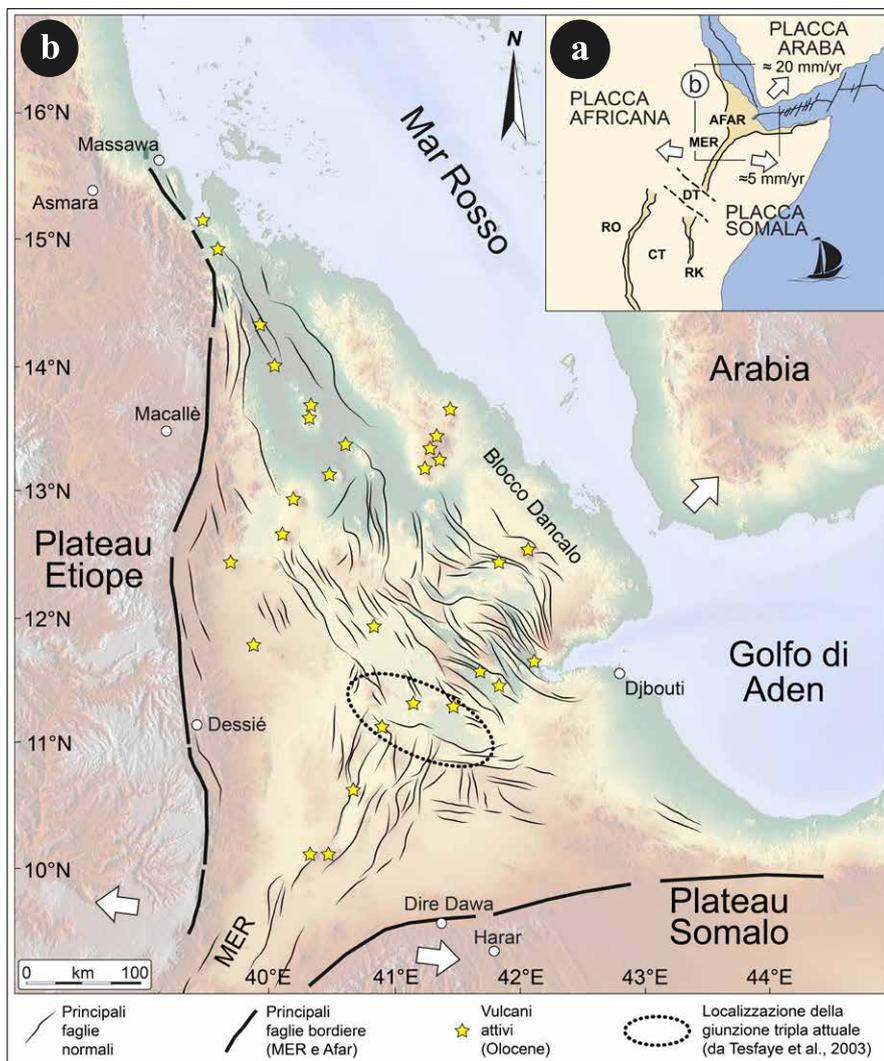


Fig. 1 - La giunzione tripla dell'Afar, risultato dell'allontanamento delle placche Araba, Somala e Africana (a), con la sua complessa architettura di faglie normali (b). MER: *Main Ethiopian Rift*, DT: *Depressione del Turkana*, RK: *Rift del Kenia*, CT: *Cratone della Tanzania*, RO: *Rift Occidentale*. Modificato da Maestrelli et al. (2022).

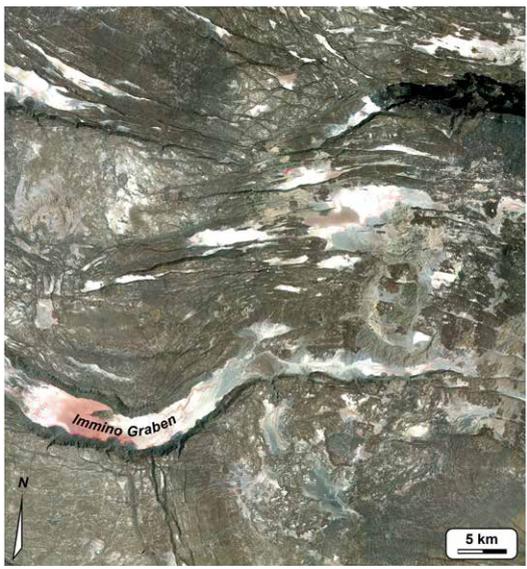


Fig. 2 - Il complesso sistema di faglie a N della giunzione tripla dell'Afar osservato dal satellite ASTER (immagine satellitare cortesia di ASA/METI/AIST/Japan Space Systems e U.S./Japan ASTER Science Team).



Fig. 3 - Faglie, colate laviche e distese aride costituiscono il panorama tipico della regione dell'Afar. Nell'immagine, il *graben* di Dobi, uno dei tanti bacini tettonici bordati da grandi faglie normali (foto cortesia di Giacomo Corti).

(ma sistematicamente) orientate (**Fig. 1 e 2**), da intrusioni magmatiche (dicchi) e punti di emissione magmatici (vulcani e caldere) (**Fig. 3 e 4**). Data la durata di tale processo, e la scala geometrica che lo contraddistingue, studiare l'evoluzione di una giunzione tripla come quella dell'Afar non è affatto semplice. Risulta infatti complicato comprendere le relazioni che intercorrono tra l'evoluzione dell'architettura delle faglie ed i sistemi magmatici a queste associati ed è difficile identificare quali parametri (ed in che modo) abbiano controllato tale evoluzione (Rime et al., 2023). Ciò considerato, la modellizzazione analogica risulta essere di notevole aiuto, consentendoci di riprodurre in laboratorio le condizioni deformative della giunzione tripla dell'Afar,

e, tramite un'analisi sistematica di queste e delle loro interrelazioni, comprendere come la giunzione si sia evoluta nel tempo. La modellizzazione analogica infatti consente di riprodurre un determinato processo geologico in laboratorio, a scale temporale e geometriche convenienti, monitorandone quindi l'evoluzione dal principio alla fine e isolando alcuni parametri di interesse che ne influenzano l'evoluzione. Come vedremo, in questo complesso sistema geodinamico, la modellizzazione analogica ci consentirà di comprendere come le direttrici, e ancor più le velocità relative di movimento delle placche abbiano giocato un ruolo chiave nella strutturazione della giunzione tripla.

Fig. 4 - Il vulcano Borawli, vicino alla località di Asaita, rappresenta uno dei tanti punti di emissione magmatica nella regione dell'Afar (foto cortesia di Giacomo Corti).



DALLA NATURA AL LABORATORIO: LA MODELLIZZAZIONE ANALOGICA

La modellizzazione analogica è una metodologia sperimentale che, avvalendosi di cosiddetti “materiali analogici” (ovvero adatti a simulare in laboratorio il comportamento delle rocce in natura) quali ad esempio sabbie e siliceni, consente di riprodurre, alla scala ridotta del laboratorio, quei processi geologici che in natura avvengono potenzialmente in milioni di anni ed a scale geometriche di migliaia di chilometri (si pensi appunto ai processi geodinamici che portano alla formazione di una giunzione tripla). Questa tecnica, nelle sue forme primordiali, nasce a cavallo tra XVIII e XIX secolo sulle orme dei padri della geologia stessa, divenendo un potente strumento di studio dei processi geologici. Fu infatti James Hall, giovane collega di James Hutton (considerato il padre della geologia moderna) e da questo fortemente influenzato, a comprendere che quelle che Hutton identificava come “forze giganti” agenti all’interno della Terra, capaci di comprimere e piegare gli strati rocciosi, potessero essere simulate, alla scala ridotta del laboratorio, utilizzando materiali che simulassero le rocce. Fu proprio Hall, forte di questa convinzione, a costruire e presentare, durante una riunione della *Royal Society* di Edimburgo nel 1815, il primo apparato deformativo (Fig. 5a, b) atto a simulare i processi di piegamento osservati in natura, segnando l’avvento della modellizzazione analogica. Nei decenni successivi, sempre più scienziati si avvalsero di tale tecnica sperimentale (Fig. 5 c-e), migliorando i materiali analogici (sempre più adatti a simulare il comportamento meccanico delle rocce in natura) e implementando nuove tecniche di modellizzazione. Ad oggi, costruendo in laboratorio un setup di modellizzazione che simuli il sistema naturale (o prototipo), ad esempio “impilando” vari materiali analogici a ricostruire la stratigrafia meccanica della crosta terrestre, e successivamente deformandolo, è possibile riprodurre in maniera controllata ed in breve tempo il processo geologico. La grande differenza, rispetto ai primordi di questa tecnica, risiede nell’utilizzo di

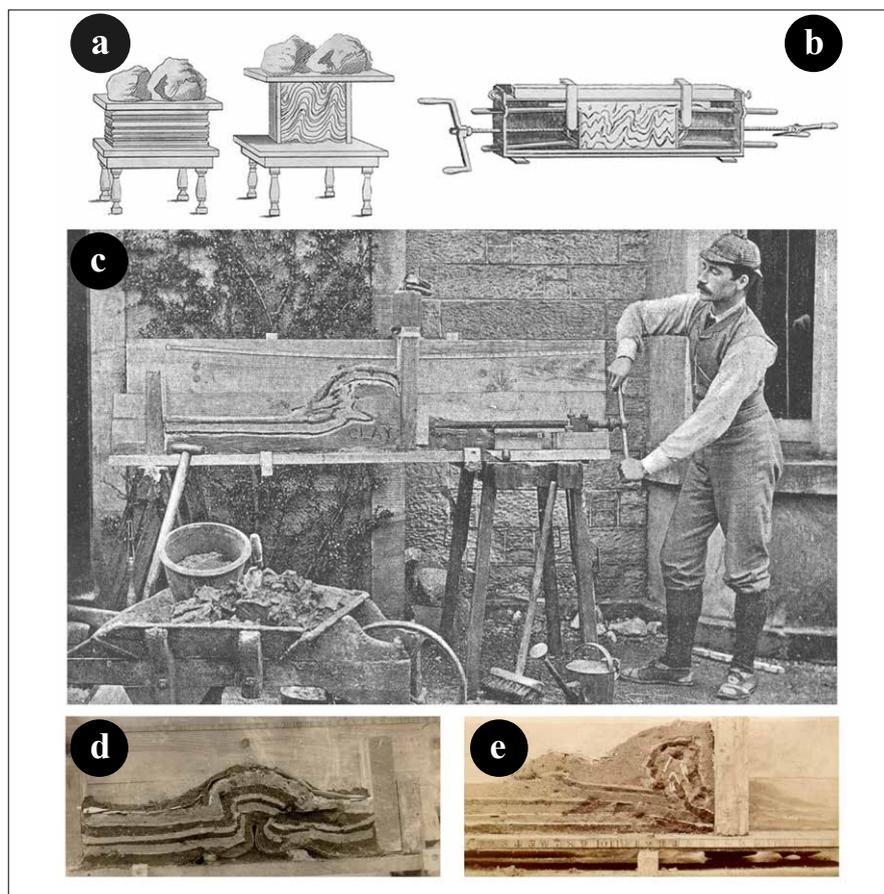


Fig. 5 - a, b) I primi apparati di deformazione di James Hall, e (c-e) Henry Cadell nel 1889, con i suoi “più recenti” modelli analogici realizzati per spiegare l’origine delle catene orogeniche (Cadell, 1896).

materiali analogici sempre più raffinati e di apparati deformativi avanzati (ad esempio, sistemi deformativi computerizzati e centrifughe di grande capacità). Le moderne metodologie di analisi (ad esempio la fotogrammetria, la *particle image velocimetry* o la tomografia computerizzata), unitamente alla teoria dello *scaling* (che fa sì che il modello rappresenti una replica realistica del processo naturale; si veda l’**Approfondimento 1**) ci consentono poi di studiare il modello analogico in maniera quantitativa.

Nel caso specifico delle giunzioni triple di tipo R-R-R, il nostro *setup* di modellizzazione è rappresentato da tre placche mobili, separate da zone di giunzione orientate a 120° l’una dall’altra e connesse da una membrana elastica (Fig. 6). Al di sopra di questo sistema viene posto un livello

viscoso (mistura di silicone e sabbia di corindone) atto a riprodurre la reologia duttile della crosta terrestre inferiore, al di sopra del quale è simulata la crosta terrestre superiore, utilizzando una mistura di materiali granulari (sabbie quarzose e feldspatiche in precise proporzioni) a comportamento fragile. Le placche mobili, collegate a motori a controllo elettronico, vengono quindi trascinate con velocità definite e direzioni di movimento ben precise, in modo tale da indurre deformazione estensionale nell’area di giunzione tra le placche stesse, in analogia a ciò che avviene alla giunzione tripla dell’Afar. L’utilizzo di un *setup* di questo tipo consente di variare le velocità e le direzioni di movimento delle placche, investigando l’influenza di questi parametri sull’architettura delle faglie della giunzione.

ANALOGICO O NUMERICO? L'APPROCCIO MIGLIORE

La modellizzazione analogica non è certamente l'unico strumento adatto a riprodurre, in scale convenienti, i processi geologici. Uno strumento estremamente potente, oggi sempre più utilizzato, è rappresentato dalla modellizzazione numerica. Questa metodologia, sviluppata grazie ai sempre più potenti processori e strumenti di calcolo informatico, trova largo impiego nello studio dei processi geodinamici (e geologici, più in generale, ad es. Brune et al., 2014), fornendo innumerevoli vantaggi per l'analisi quantitativa di questi complicati processi. È indubbio infatti che i modelli numerici, siano in grado di simulare alcune condizioni difficilmente riproducibili o controllabili tramite la modellizzazione analogica (ad es., Schellart et al., 2016); per fare un esempio, tornando alle giunzioni triple, l'effetto della temperatura nell'indebolimento della litosfera terrestre. Tuttavia, come ogni approccio modellistico presenta delle limitazioni, per esempio riproduce più difficilmente le condizioni di deformazione puramente fragile associate alle porzioni più superficiali della crosta continentale, ben riproducibili invece negli esperimenti analogici. Come scegliere quindi quale metodologia risulti più affidabile, quale dei due approcci utilizzare? Sebbene questa domanda trovi risposta analizzando caso per caso, in funzione del processo e delle variabili da investigare, l'*optimum* "che ogni modellista sogna" è poterle applicare entrambe, massimizzando i pro e minimizzando i contro di entrambe le metodologie, e disponendo così di due strumenti complementari per confrontare e validare i risultati ottenuti. Nel caso specifico dello studio delle giunzioni triple, l'utilizzo accoppiato di modellizzazione analogica e numerica ha permesso di confrontare e validare i risultati, ottenendo, con i due approcci, risultati sorprendentemente simili (Fig. 7, Maestrelli et al., 2024).

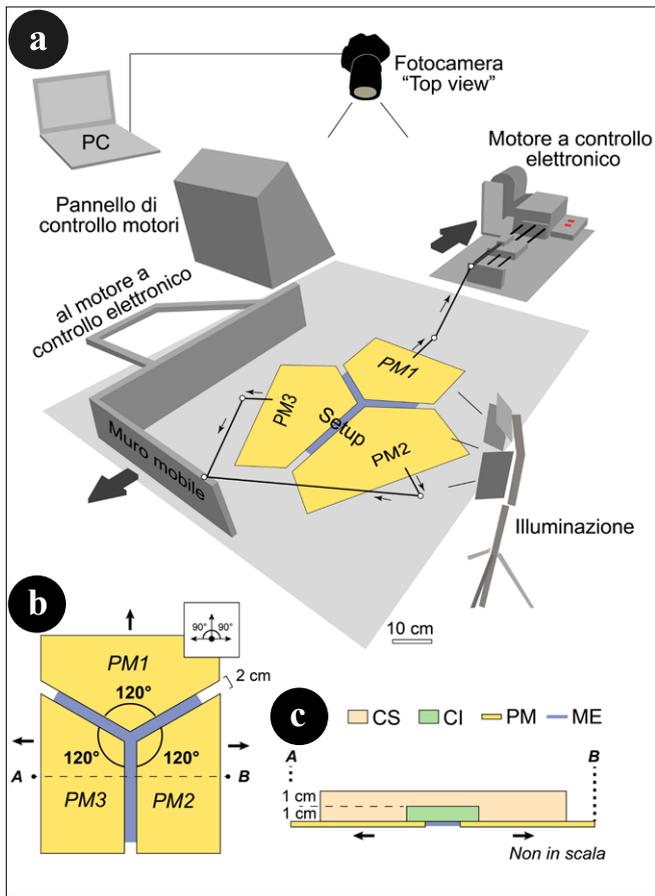


Fig. 6 - Setup di modellizzazione analogica. a) Tre placche mobili (PM) sono messe in movimento da motori, secondo specifiche direzioni (b); c) "stratigrafia meccanica" del modello analogico. CS: crosta superiore, CI: crosta inferiore, ME: membrana elastica. Modificato da Maestrelli et al. (2024).

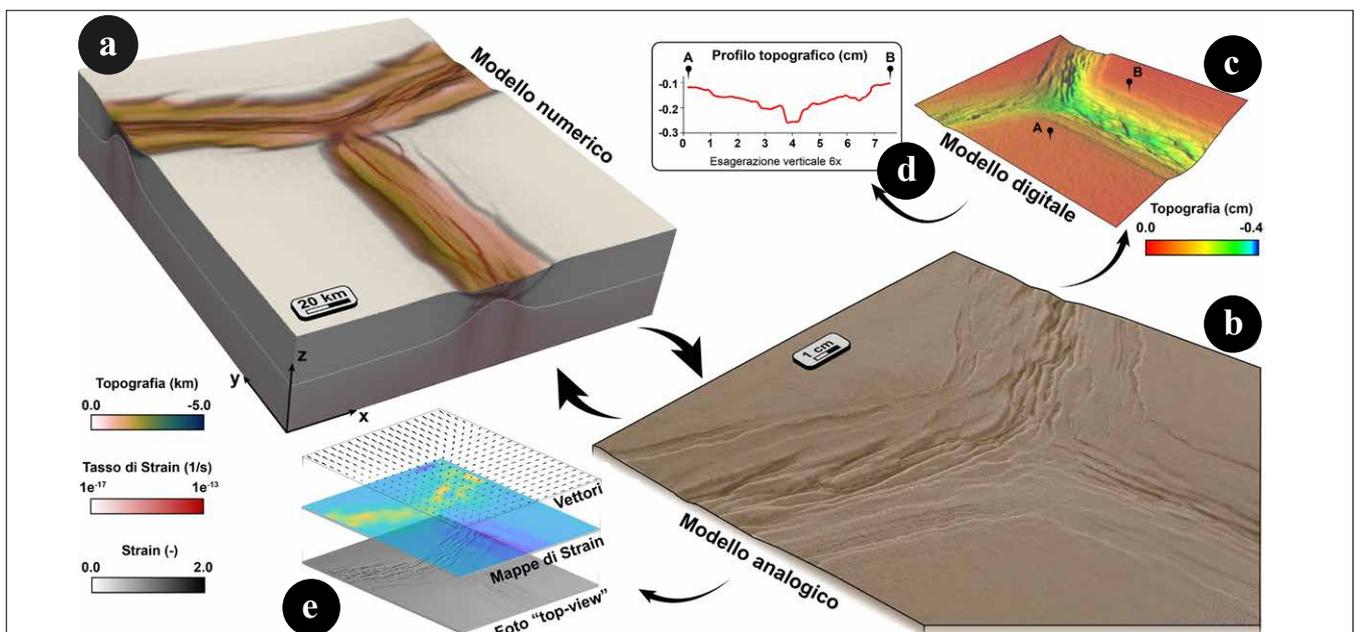


Fig. 7 - Confronto tra modello numerico (a) e modello analogico (b). L'utilizzo congiunto consente di minimizzare i contro e massimizzare i pro di entrambe le metodologie, estraendo da entrambi informazioni quantitative (a, c, d, e).

DAL LABORATORIO ALLA NATURA: QUELLO CHE I MODELLI CI DICONO

La giunzione tripla dell'Afar è un sistema in cui interagiscono tre placche tettoniche con differenti velocità di movimento, seguendo direttrici differenti, in un succedersi di varie fasi tettoniche. L'approccio sicuramente più appropriato allo studio di questo complesso sistema è quindi quello parametrico, in cui i suddetti parametri di modellizzazione vengono sistematicamente variati uno alla volta, in maniera tale da poterne valutare l'influenza. In quella che viene definita una "serie sperimentale", abbiamo quindi variato, modello per modello, la direzione delle placche e la loro velocità di movimento, nonché il numero delle fasi tettoniche (o deformative). Nello specifico, tenendo come riferimento la placca PM1 (analoga alla Placca Araba in natura; **Figg. 6 e 8**) abbiamo variato le direzioni di movimento delle altre due placche, nonché le velocità di queste rispetto alla prima, definendo il parametro R, ovvero il rapporto di velocità tra la placca di riferimento PM1 e le altre due, PM2 e PM3. R è stato variato nei diversi esperimenti entro un intervallo di valori compreso tra 1 e 4, cosicché con un valore di R=1

tutte le placche si muovessero alla stessa velocità, e con un valore R=4 le placche PM2 e PM3 si muovessero ad $\frac{1}{4}$ della velocità della placca PM1. Combinando le variazioni di questi parametri in 16 distinti esperimenti costituenti la serie sperimentale, abbiamo potuto valutare quale modello rappresentasse il *best-fit*, ovvero quale riproducesse al meglio le geometrie e i *pattern* di faglie naturali nella giunzione tripla dell'Afar. Tale modello è risultato derivare dalla combinazione di un movimento ortogonale delle placche PM2 e PM3 (**Fig. 6b**), proprio come avviene in natura per la placche Africana e Somala, un rapporto di velocità R=4, indicante che la placca PM1 si muove 4 volte più rapidamente delle altre due (in analogia alla Placca Araba in natura) e due fasi tettoniche distinte, con una prima fase che vede il movimento singolo della placca PM1 (simulante la Placca Araba) e una seconda fase in cui tutte le placche si muovono contemporaneamente. Osservando la geometria delle faglie risultante da tale modello (**Fig. 8**), è possibile notare la notevole somiglianza con il *pattern* strutturale della giunzione tripla naturale (**Fig. 9 a-c**): entrambi mostrano una netta bimodalità nell'orientazione delle faglie (**Fig. 9b, e**), con la tendenza a formare intersezioni ad alto angolo (**Fig. 9 c, f**). Tale geometria marca la netta prevalenza del campo di

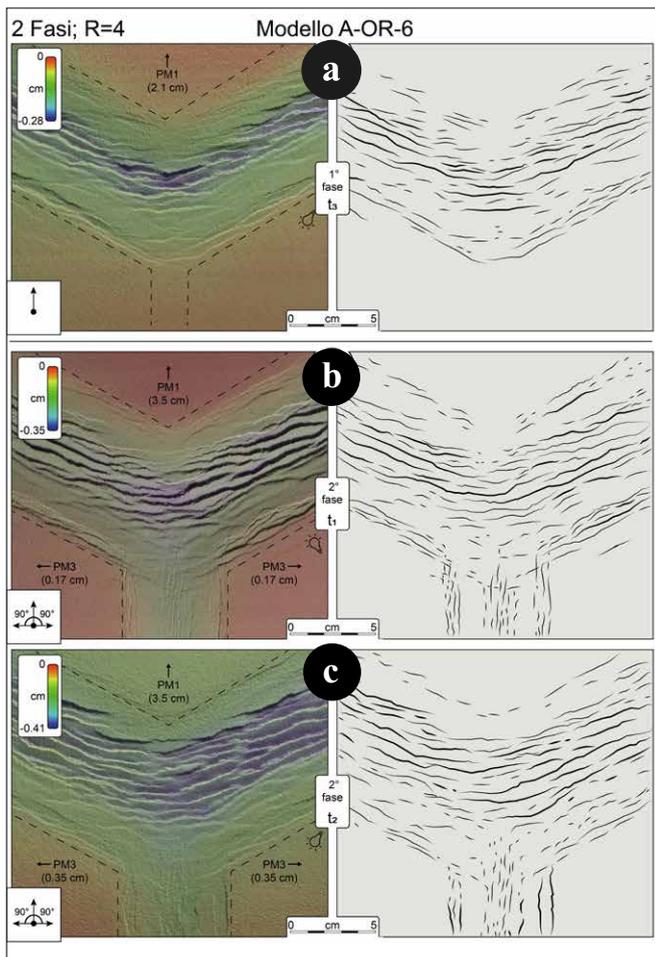


Fig. 8 - Modello analogico di *best-fit*, simulante 2 fasi tettoniche ed estensione ortogonale, con un rapporto di velocità R elevato (R=4). A sinistra, il modello di elevazione digitale (DEM); a destra l'interpretazione strutturale.

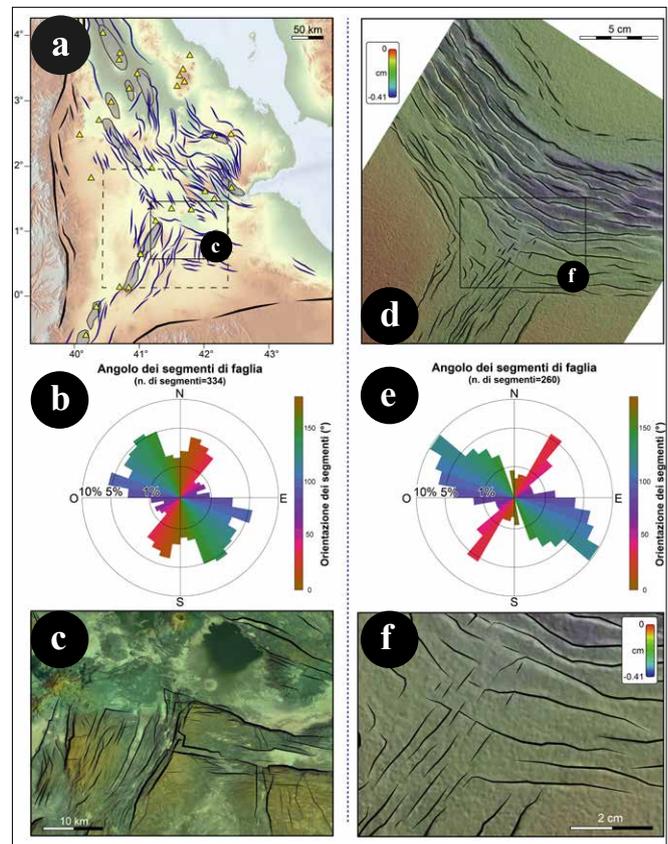


Fig. 9 - Confronto tra l'architettura delle faglie alla giunzione tripla dell'Afar (**a-c**) e quella del modello analogico (**d-f**). Si noti la somiglianza nell'orientazione delle strutture (**b, e**) e nella geometria, con interazioni ortogonali tra queste (**c, f**).

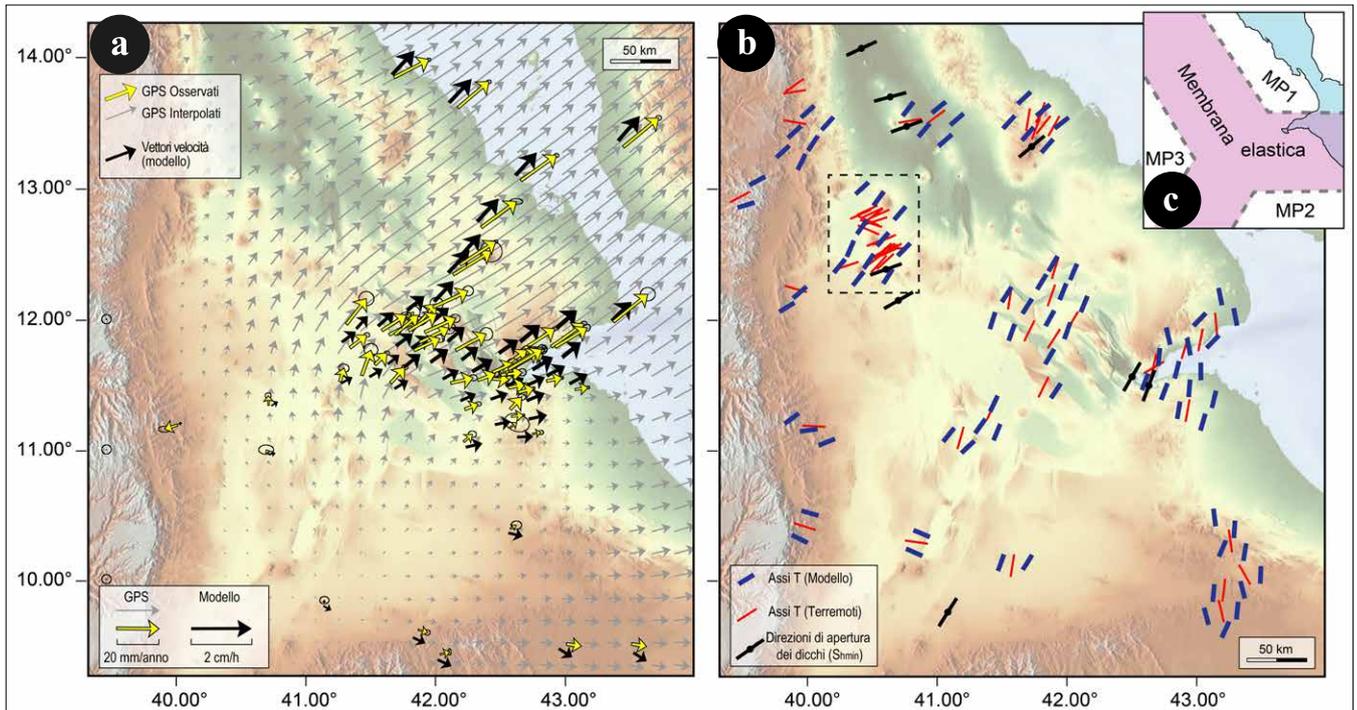


Fig. 10 - a) Confronto tra direzioni GPS per la giunzione tripla dell'Afar, e vettori di movimento computati nel modello (tramite PIV, *Particle Image Velocimetry*). **b)** Confronto tra direzioni degli assi T nel modello, assi T (ricavati dai terremoti) e direzione di apertura dei dicchi magmatici in natura. Shmin: *Stress* orizzontale minimo. **c)** Sovrapposizione tra *setup* e caso naturale. Modificato da Maestrelli et al. (2024).

sforzi (o *stress*) associati al movimento della Placca Araba, con le strutture derivanti dal campo di *stress* associato al movimento delle placche Africana e Somala (e quindi legate all'estensione della *Main Ethiopian Rift*), subordinate alle prime. La comparazione del modello di *best-fit* con gli altri della serie sperimentale (qui non mostrati) evidenzia come il parametro che più efficacemente controlla la geometria delle faglie e la sua similarità con il prototipo naturale è il rapporto di velocità *R*. Un'elevata differenza tra velocità della Placca Araba e le altre due, sembra infatti influenzare la geometria delle strutture, risultando in *pattern* di faglie ortogonali. Al contrario, valori di *R* più bassi (ovvero velocità delle placche simili) portano ad un *pattern* di faglie simmetrico, privo delle suddette interazioni ad alto angolo osservabili alla giunzione tripla dell'Afar (Maestrelli et al., 2022). La serie sperimentale sembra inoltre suggerire una storia deformativa in due fasi tettoniche, con la corrispondenza tra modello e natura confermata dal confronto tra vettori GPS (*Global Positioning System*) alla giunzione tripla dell'Afar ed il campo di deformazione ricavato dall'analisi del modello analogico, effettuato tramite tracciamento (la cosiddetta analisi PIV, o "*Particle Image Velocimetry*") delle particelle di sabbia, in grado di ricostruire lo spostamento di ogni singolo punto sulla superficie del modello (Fig. 10a). Tuttavia, sebbene i vettori spostamento varino in orientazione e modulo in maniera graduale sia nel modello che in natura, l'architettura

del *pattern* di faglie con interazioni "ortogonali" suggerisce la dominanza netta di due direttrici di *stress* principali (NE-SO e ca. ONO-ESE), agenti indipendentemente e tuttavia contemporaneamente alla giunzione tripla. Tale coesistenza spiega efficacemente la presenza di alcune anomalie nei trend di faglie e dei dicchi magmatici in natura, che sembrano orientarsi secondo il campo di *stress* imposto dal movimento della Placca Araba, ma si localizzano di fatto a latitudini in cui dovrebbero invece essere controllati dal campo di *stress* generato dal movimento delle placche Somala ed Africana (Fig. 10 b) (Maestrelli et al., 2024).

In estrema sintesi, la modellizzazione analogica, ci ha permesso di comprendere come la giunzione tripla dell'Afar si sia evoluta in più fasi tettoniche, in condizioni di velocità differenziale tra le placche in gioco estremamente elevata; condizioni che hanno generato campi di *stress* opposti ma coevi, risultando quindi in architetture di faglie peculiari ed in alcuni casi (solo apparentemente) anomale. L'implementazione di nuove serie sperimentali potrà in futuro gettare nuova luce su questa ed altre giunzioni triple del nostro pianeta. Va tuttavia sottolineato come i modelli (sia analogici e numerici, senza distinzione) in quanto semplificazione delle realtà, presentino oggettive ed inevitabili limitazione d'interpretazione. Nonostante ciò, come sosteneva lo statistico e modellista George E. P. Box, in fondo "...tutti i modelli sono sbagliati, ma qualcuno risulta utile...".

APPROFONDIMENTO 1 - Il processo di *scaling*

Il processo di *scaling*, o più semplicemente *scaling*, è ciò che conferisce ai modelli analogici validità scientifica. Agli albori della sua storia infatti, questa metodologia sperimentale, mancando di una base fisico-matematica, non permetteva ai suoi utilizzatori la possibilità di “valutare” se le caratteristiche dei materiali utilizzati, le forze in gioco nei modelli e tutti i parametri di modellizzazione fossero appropriatamente “scalati” (cioè ridotti) rispetto a quelli naturali. Soltanto nel 1937, King Hubbert comprese che “poiché i modelli sono più piccoli in termini di tempo, dimensione e forze rispetto alla natura, allora anche le proprietà dei materiali devono essere ridotte di conseguenza” (Hubbert, 1937). Formulando questo concetto, Hubbert pose le basi per un approccio quantitativo allo studio dei modelli analogici e ad una corretta comparazione di questi con i processi naturali che essi mirano a riprodurre. Da questo momento, fu quindi possibile, utilizzando specifici rapporti di *scaling*, calcolare i fattori di riduzione di un determinato parametro. Ad esempio, considerando le forze in gioco (ovvero i cosiddetti *stress*) sarà possibile calcolare il

rapporto di *scaling* (generalmente indicato da un asterisco) come segue:

$$\sigma^* = \sigma_m / \sigma_n$$

dove σ_m rappresenta gli *stress* nel modello, e σ_n gli *stress* in natura. Analogamente sarà possibile calcolare i rapporti di *scaling* per tutti gli altri parametri in gioco (es, densità, viscosità, tempo, forza di gravità, coesione ecc.). Infine, tramite apposite equazioni matematiche (sulle quali qui sorvoleremo) è possibile assicurarsi che i nostri modelli analogici siano rappresentativi del processo naturale, rispettando una corretta distribuzione delle forze e della reologia; risultando quindi geometricamente, dinamicamente, cinematicamente e reologicamente scalati (Ramberg, 1981). All’atto pratico quindi, una corretta procedura di *scaling* influenzerà la scelta dei materiali analogici nonché le condizioni di modellizzazione (dimensioni, parametri a contorno) che decideremo di adottare per i nostri modelli, garantendoci in cambio l’affidabilità nel confronto modello/natura.



Sorgente calda presso la località di Tendaho (foto cortesia di Giacomo Corti).

APPROFONDIMENTO 2 - Idee per la didattica

Nelle sue forme più semplici la modellizzazione analogica è uno strumento versatile ed estremamente utile ai fini didattici, adatto a spiegare e “visualizzare”, riproducendo in maniera qualitativa (se si sorvola su una adesione stringente ai principi di *scaling*, presupposto per analisi quantitative più avanzate) numerosi processi geologici. Alcuni semplici *setup* di modellizzazione possono infatti essere realizzati in classe, con pochi strumenti, ed utilizzati per esperienze didattiche a tema geologico. In sintesi, alcuni esempi estremamente semplici:

1. Processi orogenici, o in altre parole la formazione di catene montuose. Oggetto di forze tettoniche generalmente compressive, in natura le catene orogeniche sono il diretto risultato della collisione di due o più placche tettoniche. Ponendo alcuni strati di materiali granulari con colori diversificati (ad esempio sabbia, farina, polvere di caffè o simili) all'interno di una piccola scatola in *plexiglas* e comprimendo da un lato con l'ausilio di una tavoletta (sempre in *plexiglass* o in altro materiale), sarà possibile simulare le forze orizzontali compressive necessarie per lo sviluppo delle cosiddette faglie inverse (*thrust*) ed osservare la propagazione delle “scaglie tettoniche” responsabili della strutturazione delle catene orogeniche.
2. Bacini tettonici, legati a forze tettoniche estensionali. Analogamente all'esperienza precedente, estendendo il

setup nella direzione opposta, sarà possibile simulare le condizioni di tettonica estensionale responsabili della formazione delle cosiddette faglie normali, riproducendo così le condizioni che portano ad esempio alla rottura continentale e la genesi delle cosiddette *rift valleys*.

3. Processi vulcanici. Inserendo un palloncino di lattice all'interno di materiale granulare con sufficiente coesione (ad esempio farina o polvere di gesso) e gonfiandolo con l'ausilio di una pompa a mano, sarà possibile riprodurre quei processi di deformazione associati alla messa in posto di una camera magmatica (in questo caso simulata dal palloncino), in analogia a quanto sta recentemente accadendo (con le dovute semplificazioni), nel sistema vulcanico dei Campi Flegrei. Al contrario, sgonfiando il palloncino, è possibile simulare la deformazione associata a processi di collasso calderico.

Alcuni *link* utili a supporto delle esperienze descritte:

Processi orogenici

<https://youtu.be/KTlbRLGvEQ?si=SDmQYoiTbU9wqZIV>

Tettonica estensionale

<https://youtu.be/E3ApcYTCEX?si=1p8hjEpEvuo4RjHu>

Processi vulcanici

<https://youtu.be/BBGmXsZHInw?si=7yinVJcf3zB9tdEf>

BIBLIOGRAFIA

Brune S., Heine C., Pérez-Gussinyé M. & Sobolev S. V. (2014). *Rift migration explains continental margin asymmetry and crustal hyper-extension*. *Nature communications*, 5(1), 4014. <https://doi.org/10.1038/ncomms5014>

Cadell H.M. (1896). *The Geology and Scenery of Sutherland*. D Douglas, Edinburgh. 2nd edition. 108pp.

DeMets C. & Merkouriev S. (2021). *Detailed reconstructions of India–Somalia Plate motion, 60 Ma to present: Implications for Somalia Plate absolute motion and India–Eurasia Plate motion*. *Geophysical Journal International*, 227(3), 1730-1767. <https://doi.org/10.1093/gji/ggab295>

Hayward N.J. & Ebinger C.J. (1996). *Variations in the along-axis segmentation of the Afar Rift system*. *Tectonics*, 15(2), 244-257. <https://doi.org/10.1029/95TC02292>

Hubbert M.K. (1937). *Theory of scale models as applied to the study of geologic structures*. *Bulletin of the Geological Society of America*, 48, 1459-1520.

Maestrelli D., Brune S., Corti G., Keir D., Muluneh A.A. & Sani F. (2022). *Analog and Numerical Modeling of Rift-Rift-Rift Triple Junctions*. *Tectonics*, 41(10), e2022TC007491. <https://doi.org/10.1029/2022TC007491>

Maestrelli D., Sani F., Keir D., Pagli C., Rosa A.L., Muluneh A.A., Brune S. & Corti G. (2024). *Reconciling plate motion and faulting at a rift-rift-rift triple junction*. *Geology*, 52(5), 362-366. <https://doi.org/10.1130/G51909.1>

McClusky S., Reilinger R., Ogubazghi G., Amleson A., Healeb B., Vernant P., Sholan J., Fisseha S., Asfaw L., Bendick R. & Kogan L. (2010). *Kinematics of the southern Red Sea–Afar Triple Junction and implications for plate dynamics*. *Geophysical Research Letters*, 37(5). <https://doi.org/10.1029/2009GL041127>

McKenzie D.P. & Morgan W.J. (1969). *Evolution of triple junctions*. *Nature*, 224(5215), 125-133. <https://doi.org/10.1038/224125a0>

Ramberg H. (1981). *Gravity, Deformation and the Earth's Crust*. Academic Press, London, 2nd. Edition, 452 pp.

Rime V., Foubert A., Ruch J. & Kidane T. (2023). *Tectonostratigraphic evolution and significance of the Afar Depression*. *Earth-Science Reviews*, v. 244. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104519>

Schellart W.P. & Strak V. (2016). *A review of analogue modelling of geodynamic processes: Approaches, scaling, materials and quantification, with an application to subduction experiments*. *Journal of Geodynamics*, 100, 7-32. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2016.03.009>

Stamps D.S., Kreemer C., Fernandes R., Rajaonarison T.A. & Rambolamanana G. (2021). *Redefining east African rift system kinematics*. *Geology*, 49(2), 150-155. <https://doi.org/10.1130/G47985.1>

Tesfaye S., Harding D.J. & Kusky T.M. (2003). *Early continental breakup boundary and migration of the Afar triple junction, Ethiopia*. *Geological Society of America Bulletin*, 115(9), 1053-1067. <https://doi.org/10.1130/B25149.1>

Varet J. (2018). *Geology of Afar (East Africa)*. Springer, 336 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60865-5>

Wolfenden E., Ebinger C., Yirgu G., Deino A. & Ayalew D. (2004). *Evolution of the northern Main Ethiopian Rift: Birth of a triple junction*. *Earth and Planetary Science Letters*, 224(1-2), 213-228. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.04.022>

GLI EFFETTI DELLE MUTAZIONI CLIMATICHE SULLA GEOLOGIA URBANA:

*un nuovo approccio
alla progettazione delle
infrastrutture ecosistemiche
green and blue*

a cura di Arianna Tollis, Ani Tola e Petrit Zorba

La modellizzazione e progettazione di infrastrutture adattive ecosistemiche BGI (*Blue-Green Infrastructure*) in area mediterranea e sulla misurazione degli effetti geologici che queste potrebbero avere nelle città diventano fondamentali di fronte alle mutazioni climatiche in corso. Le nuove condizioni climatiche stanno generando rilevanti trasformazioni geologiche. Viene analizzato un nuovo ruolo delle infrastrutture ecosistemiche *green e blue* (GBI), non solo per i benefici microclimatici, ma soprattutto per il loro impatto a livello locale e geologico. La ricerca mira a sviluppare modelli progettuali adattabili al contesto mediterraneo, generando indicatori di progetto e monitoraggio per valutare e migliorare continuamente queste soluzioni.





Keywords

- ▶ BNG
- ▶ Mutazioni climatiche
- ▶ Adattamento
- ▶ Resilienza

Ani Tola

Università Politecnico di Tirana.

Petrit Zorba

Politecnico di Tirana.

Il Rapporto più recente *Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC, 2023)* documenta un incremento continuo delle temperature globali (il periodo 2001-2020 è superiore di circa 1°C rispetto al periodo 1850-1900), confermando un aumento persistente e irreversibile delle concentrazioni di gas serra atmosferici, e sottolineando la necessità imperativa di contenere il riscaldamento globale entro i 2°C rispetto ai livelli preindustriali.

Tale fenomeno viene attribuito dalla IPCC anche all'antropizzazione e alle sue conseguenze sull'aumento delle concentrazioni di gas serra, imputabile quasi completamente alle città, ritenute responsabili del 70% delle emissioni globali di anidride carbonica, consumatrici di due terzi delle risorse globali, generatrici del 50% dei rifiuti ed epicentro di problemi legati a traffico, inquinamento atmosferico e consumo di suolo (UN, 2020) (Fig.1 e 2).

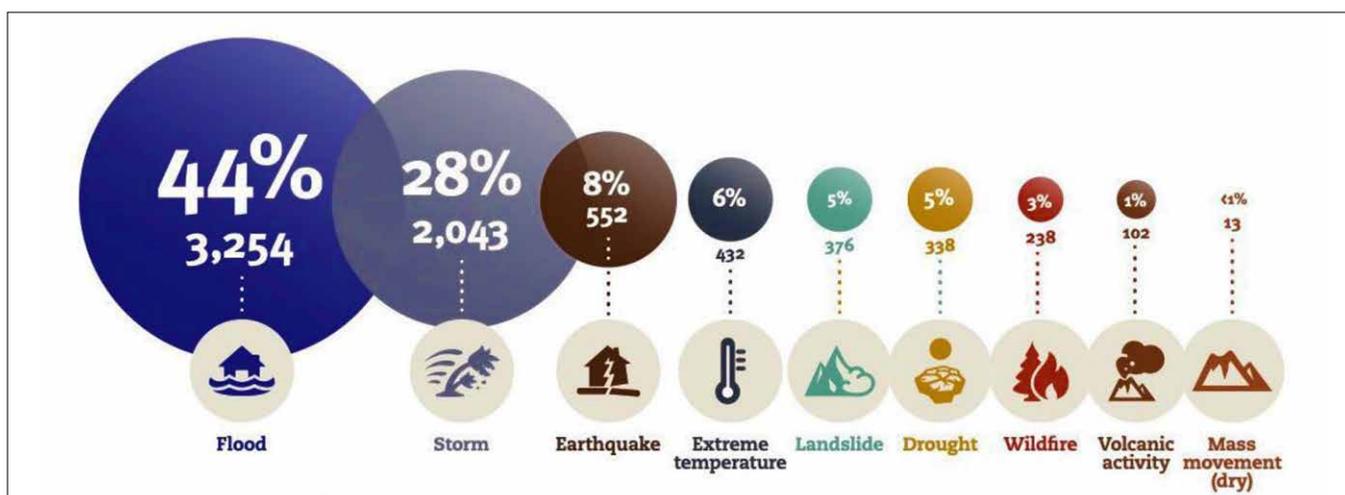
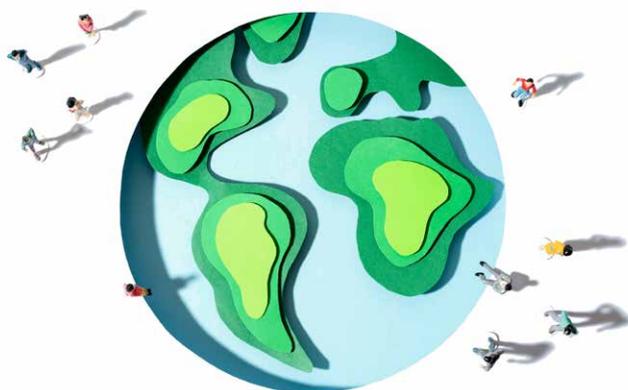


Fig. 1 - Gli effetti dell'aumento del gas serra: Percentuale di eventi di catastrofi per tipo di catastrofe dal 2000 al 2019 (Source: UNDRR, 2020). Nell'immagine, sono riportate le percentuali di eventi per le alluvioni (flood), tempeste (storm), terremoto (earthquake), temperature estreme (extreme temperature), frana (landslide), siccità (drought), incendio (wildfire), eruzioni (volcanic activity) e movimento di terreno (mass movement).

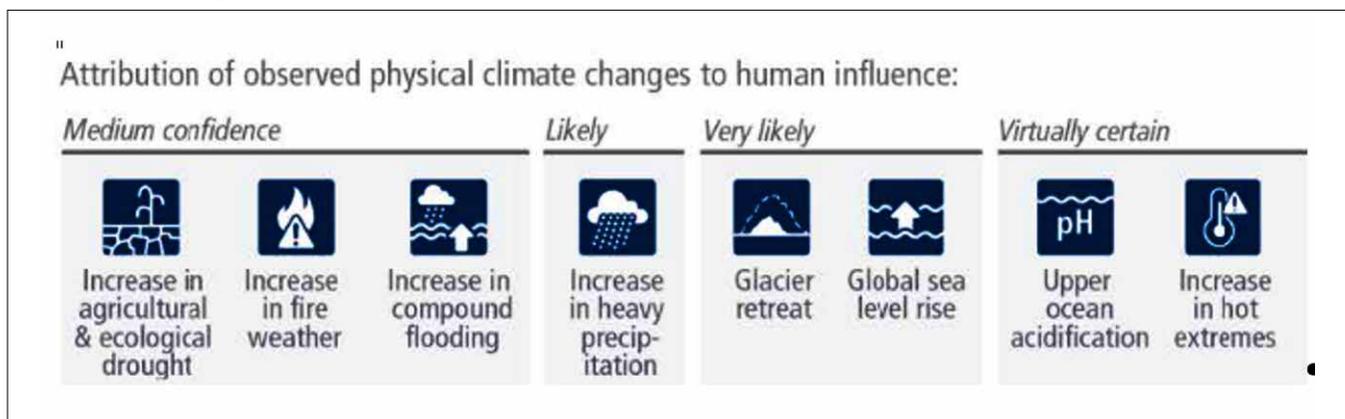


Fig. 2 - I diversi effetti delle mutazioni climatiche derivanti dall'impatto dell'uomo e dall'aumento del gas serra. In figura sono riportati gli effetti a MEDIA PROBABILITÀ (aumento della siccità agricola ed ecologica, aumento degli incendi, aumento dei fenomeni allagamento), PROBABILI (Aumento delle precipitazioni estreme), MOLTO PROBABILI (Scioglimento dei ghiacciai, Innalzamento globale del livello del mare) e CERTI (Acidificazione superficiale degli oceani, Aumento del caldo estremo).

GLI EFFETTI DELLE MUTAZIONI CLIMATICHE SULLA GEOLOGIA URBANA: un nuovo approccio alla progettazione delle infrastrutture ecosistemiche green and blue

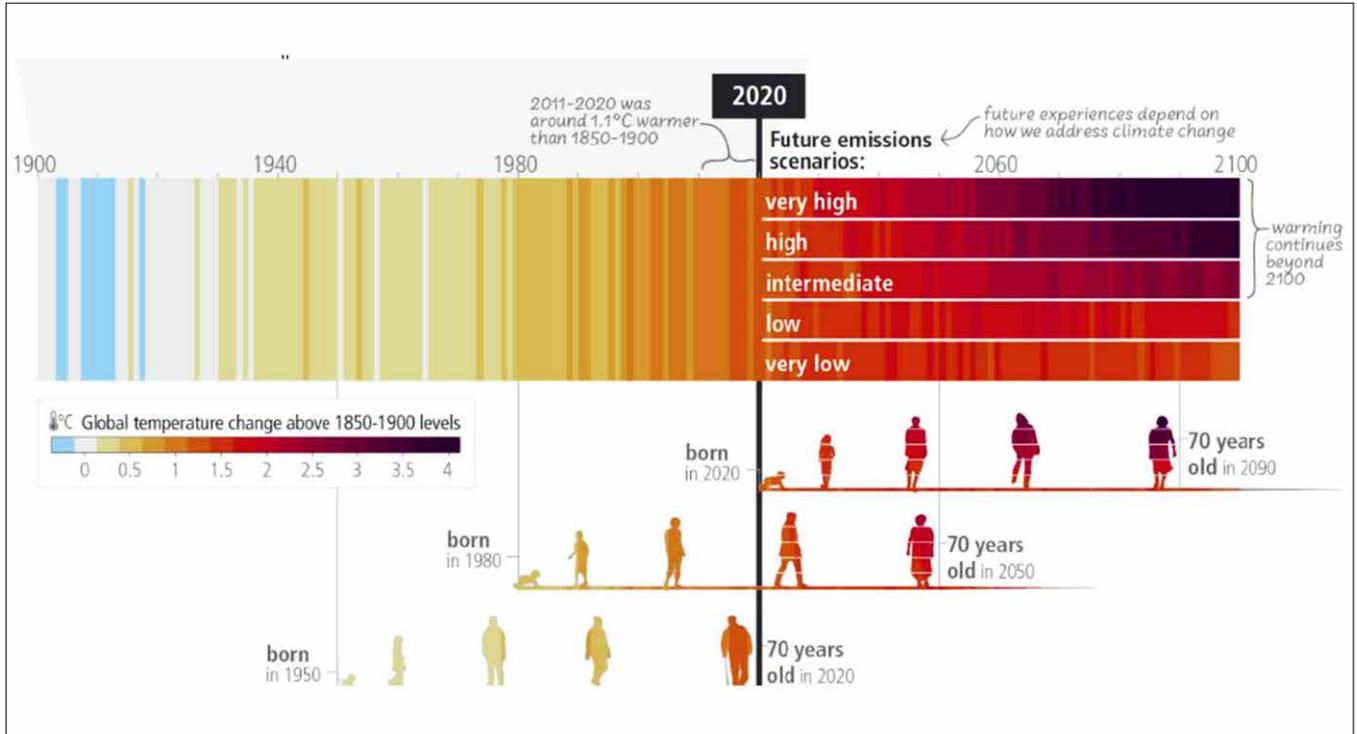


Fig. 3 - Come le scelte attuali influenzeranno il grado in cui le generazioni future sperimenteranno un mondo più caldo e diverso. La temperatura media globale tra il 2011-2020 è aumentata di 1,1°C rispetto al periodo preindustriale (1850-1900). Il grafico riporta nella prima sezione gli aumenti di temperatura verificatisi tra il 1900 e il 2020, e nella seconda sezione fa una proiezione degli incrementi della temperatura fino al 2100 suddividendole in: molto basse, basse, intermedie e alte.

Il secondo diagramma, in basso, mette in relazione gli aumenti di temperatura alle fasce di età della popolazione. I nati nel 1950, che hanno avuto 70 anni nel 2020, hanno vissuto il contesto di aumento delle temperature rispetto ai decenni precedenti; i nati nel 1980 raggiungeranno i 70 anni nel 2050, dovranno affrontare un aumento significativo delle temperature, che potrebbe avere un impatto rilevante sulla qualità della vita. I nati nel 2020 raggiungeranno i 70 anni nel 2090, si ritroveranno a convivere con le conseguenze più estreme del cambiamento climatico, caratterizzate da un innalzamento delle temperature classificato come "molto alto".

Questa rappresentazione ci invita a prendere coscienza del fatto che le decisioni che prenderemo oggi influenzeranno profondamente le esperienze umane future, soprattutto in termini di qualità della vita e capacità di affrontare gli impatti climatici sempre più estremi.

Tuttavia, nonostante un'accentuata consapevolezza delle minacce climatiche, il Rapporto del 2019 del Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) evidenzia che, anche rispettando integralmente gli impegni assunti dai paesi firmatari dell'Accordo di Parigi, la temperatura media globale potrebbe aumentare di circa 3,2°C entro la fine del secolo (**Fig. 3**).

Il rapporto dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) del 19 marzo 2024 evidenzia che il 2023 è stato l'anno più caldo mai registrato, con una temperatura media globale superiore di 1,45 °C rispetto ai livelli preindustriali. Le proiezioni climatiche indicano che le attuali strategie di mitigazione, sebbene necessarie, non saranno sufficienti a contrastare gli effetti del cambiamento climatico a livello locale. In questo scenario le città rappresentano il principale ambito critico, fungendo da habitat predominante per la popolazione umana (Wilby & Perry, 2006). In Europa infatti circa il 75% della popolazione risiede in aree urbane, con una previsione di crescita fino all'80% entro il 2050 (Eurostat, 2016), mentre a livello globale, si stima che entro il 2050 circa il 70% della

popolazione vivrà in aree ad alta densità edilizia (UN, 2020). Tra le sfide climatiche più gravi per la città si prevedono ondate di calore più frequenti e prolungate, precipitazioni intense, venti forti, siccità, incendi, inondazioni e erosione costiera, aggravata dall'innalzamento del livello del mare (IPCC, 2014; IPCC, 2018; EEA, 2020). Questi fenomeni avranno impatti variabili tra le sette regioni biogeografiche del continente: artica, atlantica, montuosa, costiera, boreale, continentale e mediterranea (**Fig. 4**).

La regione mediterranea è tra le più vulnerabili d'Europa, e dovrà affrontare gravi mutazioni climatiche, tra cui scarsità d'acqua, aumento del rischio di frane e alluvioni, degrado del suolo, maggiore rischio di incendi e siccità, perdita di biodiversità e inondazioni costiere aggravate dall'innalzamento del livello del mare.

Tali andamenti climatici che emergono dai rapporti dei diversi enti scientifici e istituzioni coinvolte a livello europeo (EEA, JRC, EUMETSAT, ECMWF, C3S, ESA) e nazionale in Italia (ISPRA, CNR, ENEA, CMCC, ARPA, SNPA, RSE)-risultano coerenti anche con i risultati misurati annualmente

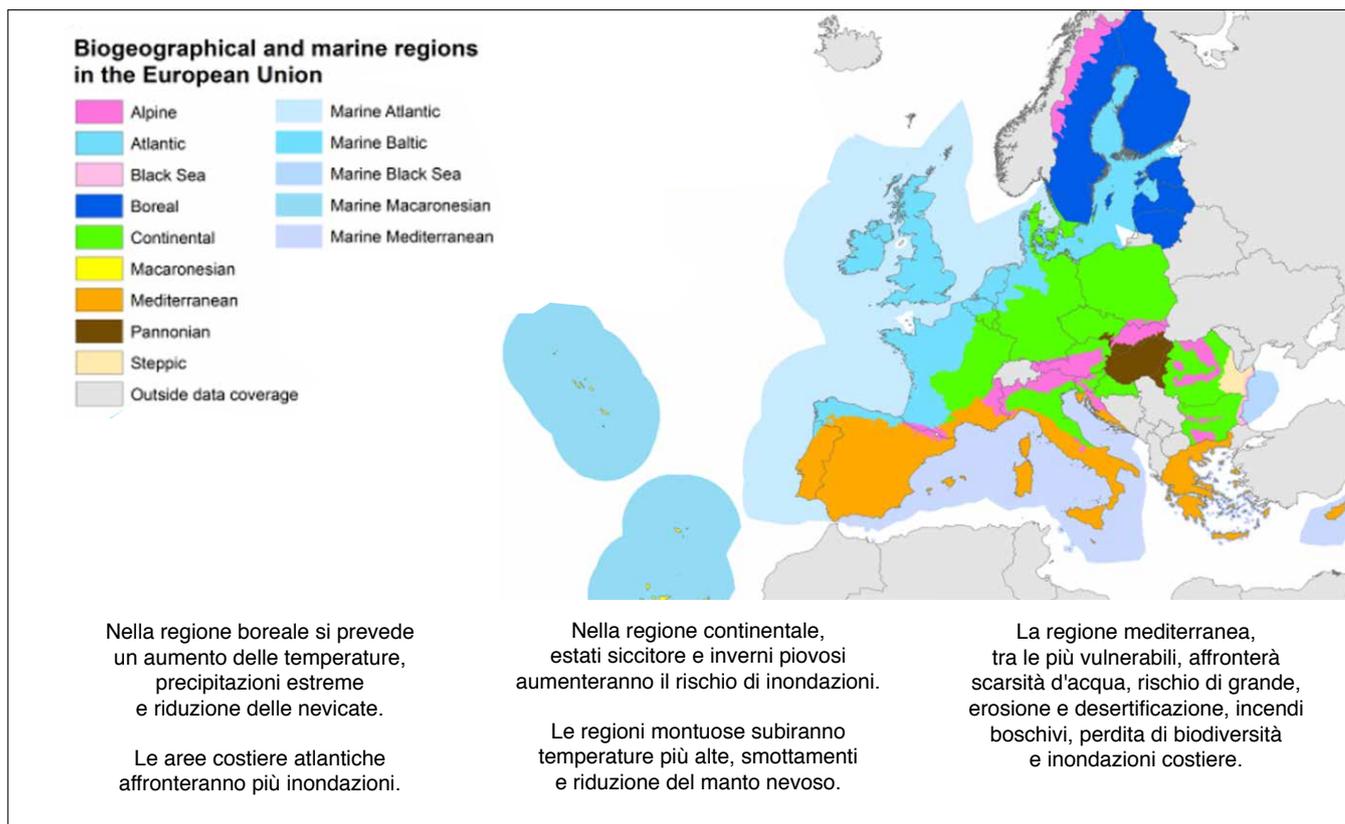


Fig. 4 - Previsioni climatiche nelle diverse regioni biogeografiche europee.

in aree extra europee come l'Albania (INCA, AEE), dove è sostanziale il supporto scientifico del Dipartimento di Meteorologia - Unità di Ricerca di base dell'Istituto di Geoscienze presso l'Università Politecnica di Tirana - che mantiene e migliora continuamente in quantità e qualità un moderno Sistema Nazionale di Monitoraggio Meteorologico, in conformità con gli standard internazionali, e divulgati con la redazione del "Bollettino mensile sul clima" che analizza i dati meteorologici del Sistema Nazionale di Monitoraggio Meteorologico dell'Albania utilizzando siti di misurazione e apparecchiature professionali per monitorare e calibrare i dati mensili, evidenziando deviazioni rispetto ai valori climatici normali e identificando tendenze meteorologiche.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) individua nove rischi climatici ricorrenti nelle regioni biogeografiche europee, che variano in intensità e frequenza e influenzano geologicamente il suolo, le formazioni rocciose e le falde acquifere, compromettendo la stabilità delle infrastrutture e alterando il territorio, con impatti significativi sulla sicurezza e qualità della vita urbana. In risposta agli eventi climatici estremi, le politiche climatiche europee, come il Green Deal Europeo e la Strategia di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, hanno assunto un'importanza strategica.

L'Italia ha avviato il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) nel 2022, seguendo la Strategia Nazionale e focalizzandosi su azioni specifiche per mitigare e adattarsi alle mutazioni climatiche (Fig. 5).

Settore	Micro-settore
Risorse idriche (quantità e qualità)	
Desertificazione, degrado del territorio e siccità	
Dissesto idrogeologico	
Biodiversità ed ecosistemi	Ecosistemi terrestri
	Ecosistemi marini
	Ecosistemi di acque interne e di transizione
Foreste	Agricoltura e produzione alimentare
	Pesca marittima
	Acquacoltura
Agricoltura, acquacoltura e pesca	
Zone costiere	
Turismo	
Salute (rischi e impatti dei cambiamenti climatici, determinanti ambientali e meteo-climatici)	
Insedimenti urbani	
Infrastruttura critica	Patrimonio culturale
	Trasporti e infrastrutture
	Industrie pericolose
Energia (produzione e consumo)	
Casi speciali	Area alpina e appenninica (aree montane)
	Distretto idrografico del fiume Po

Fig. 5 - Settori e micro-settori d'azione per l'adattamento in Italia (FONTE: SNAC).

IL RUOLO DEL GEOLOGO NELLA PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE DI BGI A MISURA DI CITTÀ

L'articolo proposto si ispira alla ricerca attualmente condotta con il Dipartimento INGEO dell'Università di Chieti-Pescara (UNICH) e con il Politecnico di Tirana, focalizzata sulla "Modellizzazione di BGI e misurazione degli effetti geologici nelle città resilienti alle mutazioni climatiche".

Il *focus* è che il clima sta inducendo trasformazioni geologiche dei territori che richiedono una revisione sostanziale degli approcci alla pianificazione e alla progettazione urbana (Mather, 2020; Crozier, 2010), con un'attenzione all'interazione tra fattori climatici e geologici nella progettazione di infrastrutture ecosistemiche BGI (*Blue-Green Infrastructure*) sia a scala regionale che locale (Fig. 6).

Poiché tra le diverse lacune della ricerca scientifica nazionale che devono essere affrontate rispetto al tema dell'adattamento climatico, si annovera anche la creazione di proiezioni di variabili non climatiche per usi locali, si intende apportare un contributo rispetto

alla "variabile geologica" intesa come variabile non climatica all'interno del sistema urbano.

Ricalcando i principi consolidati e maturati in altri Paesi europei nell'ambito delle rispettive strategie nazionali (In particolare Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Regno Unito, Spagna, Svizzera) la SNAC stabilisce in linea generale un approccio urbano basato sulla conoscenza e sulla consapevolezza quale preconditione essenziale per attuare un'appropriata strategia di adattamento climatico, proponendo azioni in linea con il principio di precauzione di fronte alle incertezze scientifiche, evidenziando che i danni prodotti dalla "non azione" potrebbero essere più elevati dei costi stessi delle azioni (come dimostrato nel rapporto IPCC-AR5-WGII del 2014 e nel rapporto Stern del 2006).

In questa sfida fondata sulla *multilevel governance*, e sul raccordo con il mondo della ricerca e dell'innovazione, determinante nel sistema urbano è

agire secondo un approccio flessibile che permetta di adattare le politiche e le azioni alle specificità territoriali a livello regionale e locale.

La pianificazione svolge un ruolo centrale, pertanto deve essere allineata con esigenze e opportunità dei territori, considerandone problemi e potenzialità ambientali, socioeconomiche, tecnologiche, culturali e politiche. Per migliorare la resilienza urbana, è necessario integrare diverse misure di adattamento: dalle "misure grigie o strutturali" che includono soluzioni tecnologiche e ingegneristiche; alle "misure verdi o ecosistemiche" che prevedono approcci basati sugli ecosistemi; alle "misure soft o leggere" che implicano approcci gestionali, giuridici e politici (Rosenzweig et al., 2011).

I moderni strumenti di pianificazione, sempre più orientati alla rigenerazione e alla mitigazione, mirano a preservare il capitale naturale e migliorare i Servizi Ecosistemiche, rispettando il consumo

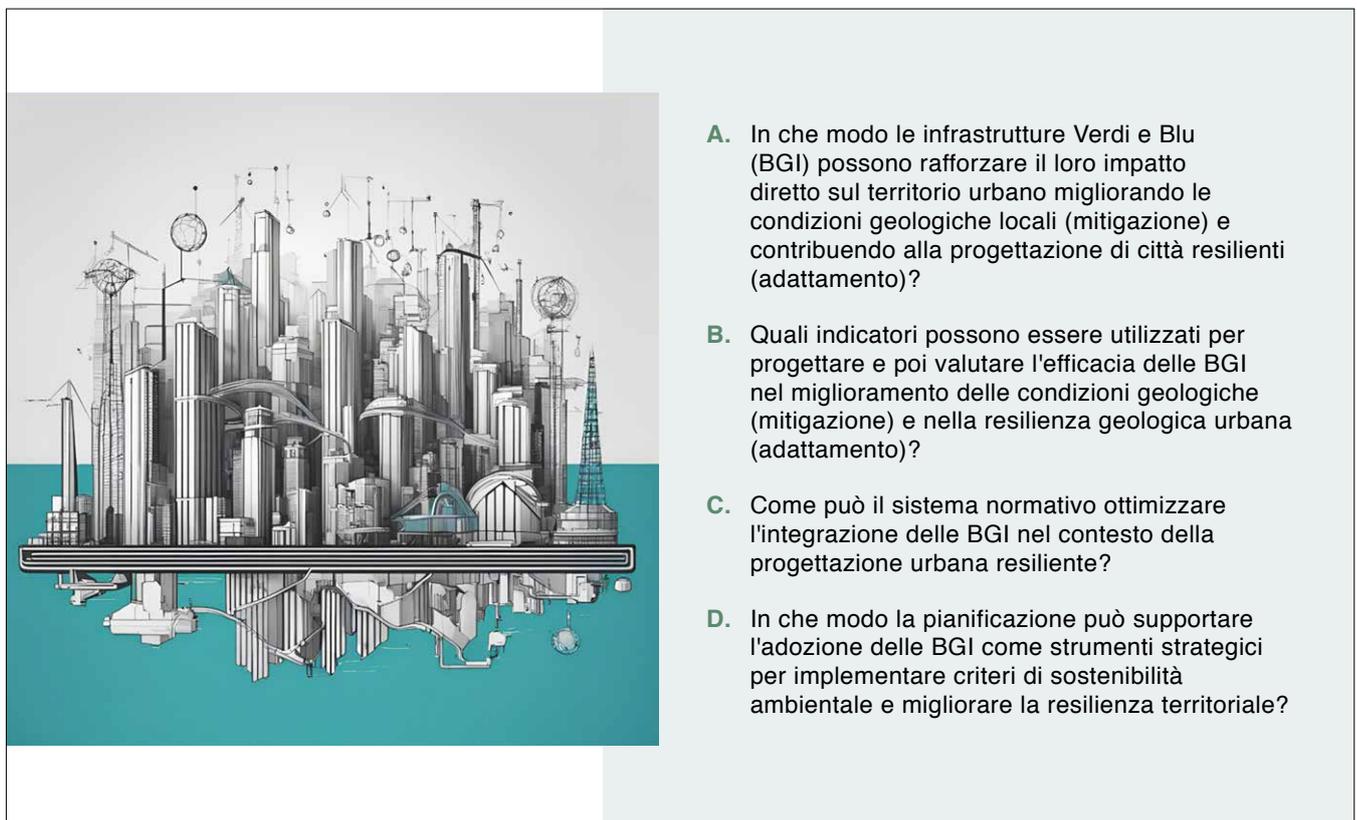


Fig. 6 - Le domande che delineano i principali argomenti dibattuti nella ricerca in corso con l'Università degli studi G. D'Annunzio (INGEO) e il Politecnico di Tirana (Immagine A. Tollis).

di suolo (SE) (IPCC, 2019). Ma per un'efficace pianificazione adattiva, è essenziale integrare nuove competenze specialistiche nel processo progettuale, colmando il divario tra capacità scientifiche e necessità urbane. Il ruolo del geologo diventa centrale, poiché chiamato a un'integrazione interdisciplinare avanzata con architetti e ingegneri, per affrontare le sfide climatiche e geologiche che garantirebbero la sostenibilità e l'equità intergenerazionale (Bell, 2016). In tal senso le BGI dovrebbero essere

considerate non solo come strumenti per proteggere i servizi ecosistemici, ma anche come soluzioni geotecniche innovative che migliorando la gestione delle risorse naturali, rafforzano i suoli e prevengono i dissesti idrogeologici. Devono essere inoltre di beneficio per tutti (soluzione *Win-Win*), per i vantaggi anche in altri ambiti come la mitigazione climatica, e senza controindicazioni (*no-regret*) per gli ulteriori benefici. Poiché le conseguenze urbane degli impatti climatici hanno tempi e scale spaziali differenti, l'urbanistica e la

geologia hanno il compito di lavorare sinergicamente sul riequilibrio della "variabilità" a scala regionale, poiché amplificare le differenze in termini di qualità e disponibilità delle risorse naturali potrebbe esacerbarne i conflitti negli usi.

In tal senso diventa centrale un approccio integrato ed intersettoriale, che prevenga i conflitti obiettivi/usi, e promuova la localizzazione di BGI pensate a scala regionale ed inter-regionale.

LA MODELLIZZAZIONE DI BGI

La BGI (*Blue-Green Infrastructure*) può essere definita come una rete integrata di elementi naturali e progettati che include corpi idrici come fiumi, torrenti e laghi, insieme a spazi verdi come parchi e zone umide, che, integrandosi nella pianificazione spaziale, contribuiscono a fornire ES (servizi ecosistemici) fondamentali (Commissione Europea, 2013).

Sono interventi urbani basati su soluzioni NBS (*Nature-Based Solutions*) che mirano a incrementare la qualità e la quantità delle aree naturali in ambito urbano (Kabisch et al., 2017).

Tra le principali tipologie di attuazione si includono parchi urbani multifunzionali, fiumi rinaturalizzati, reti ciclabili verdi, *boulevards* alberati, bacini di laminazione, cinture verdi periurbane, superfici stradali permeabili, aree di esondazione controllata, orti urbani, canyon urbani verdi, corridoi ecologici, laghi e bacini di ritenzione, piazze permeabili, giardini pluviali, foreste urbane, infrastrutture verdi per la depurazione delle acque, parchi lineari fluviali e rinaturalizzazioni costiere (Fig. 7).

Il loro impatto va oltre la semplice fornitura di servizi ecologici, giocando un ruolo essenziale nell'offrire anche una serie di funzioni vitali, tra cui la conservazione dell'acqua per l'irrigazione e l'uso industriale, la gestione delle inondazioni, la creazione di *habitat* per la fauna selvatica, la fornitura di aree ricreative e il miglioramento delle condizioni geologiche locali. Questi benefici rendono l'infrastruttura blu-verde una soluzione naturale essenziale per affrontare le sfide del cambiamento climatico nelle aree urbane (Ghofrani et al., 2017; Govindarajulu, 2014).

Le ricerche sulle BGI hanno finora posto un'attenzione particolare ai loro importanti benefici nella mitigazione dell'effetto isola di calore urbana (UHI) e nel miglioramento del *comfort* termico urbano. L'aumento dell'urbanizzazione ha trasformato profondamente l'ambiente, aggravando il fenomeno UHI, che influisce negativamente sul benessere termico e sulla salute dei cittadini attraverso la riduzione dell'albedo e l'aumento delle superfici che assorbono calore. Il riscaldamento globale amplifica questo disagio, ma le BGI possono fungere da "fonti di raffreddamento" attraverso

meccanismi come l'ombreggiatura e l'evapotraspirazione, migliorando così la temperatura e l'umidità dell'aria. Per massimizzare questi benefici, è fondamentale adottare un approccio integrato nella progettazione considerando i vari fattori che influenzano il raffreddamento urbano.

La ricerca mira a dimostrare come le BGI, tramite modelli progettuali adattabili ai territori specifici, possa migliorare la struttura geologica urbana, aumentando la stabilità del suolo, riducendo l'erosione e mitigando i rischi geologici.

Attraverso casi studio, si evidenzierà l'importanza della complementarità tra azioni di adattamento e mitigazione, sottolineando l'importanza della localizzazione e programmazione coordinata per una strategia adattiva efficace. La comprensione delle criticità geologiche urbane e delle dimensioni ambientali, socio-economiche e culturali è fondamentale per progettare soluzioni resilienti.

Le infrastrutture verdi e blu, come parchi e tetti verdi, possono quindi avere un impatto positivo sulla geologia urbana, contribuendo alla stabilità del suolo e prevenendo instabilità geologica.

Lo scopo ultimo della ricerca sarà redigere un abaco di modelli BGI, ovvero soluzioni tecnologiche replicabili in area mediterranea costruiti con il supporto degli indicatori di progettazione, le cui implementazioni progettuali dovranno essere adattate alle specificità/dinamiche geologiche territoriali, in collaborazione con geologi e meteorologi.

Il metodo programmato per la modellizzazione delle soluzioni prevede come punto di partenza l'analisi di progetti sperimentali in aree urbane mediterranee particolarmente vulnerabili, che hanno dimostrato capacità di incidere direttamente sugli aspetti geologici del sito.

L'analisi dovrà focalizzarsi su tre aspetti chiave per progettare un modello efficace.

In primo luogo, andranno esaminati gli impatti geologici positivi delle BGI (*key point 1*) per valutare come possano migliorare la stabilità del suolo e contribuire alla salute geologica urbana. In secondo luogo per comprenderne l'efficacia, andranno monitorate le modifiche geologiche

GLI EFFETTI DELLE MUTAZIONI CLIMATICHE SULLA GEOLOGIA URBANA: un nuovo approccio alla progettazione delle infrastrutture ecosistemiche green and blue



TRA LE PIÙ FREQUENTI TIPOLOGIE DI ATTUAZIONE RICORDIAMO:

- ▶ Parchi urbani multifunzionali (Parco Dora a Torino).
- ▶ Fiumi urbani rinaturalizzati (Progetto Renaturalizzazione del Po a Torino).
- ▶ Reti ciclabili verdi (Rete Ciclabile di Bolzano).
- ▶ Boulevardy alberati (Viale delle Piagge a Pisa).
- ▶ Bacini di laminazione (Parco delle Cave a Milano).
- ▶ Cinture verdi periurbane (Cintura Verde di Milano).
- ▶ Aree di esondazione controllata (Pianura Padana - Lamina dell'Arno).
- ▶ Orti urbani (Orti Urbani Garbatella a Roma).
- ▶ Canyon urbani verdi (Viale Piave a Milano).
- ▶ Corridoi ecologici urbani (Progetto "Rotaie Verdi" a Milano).
- ▶ Laghi e bacini di ritenzione (Parco delle Valli a Roma).
- ▶ Piazze permeabili (Piazza Sant'Ambrogio a Milano).
- ▶ Giardini pluviali (Giardino Pluviale di Via Broletto a Milano).
- ▶ Foreste urbane (Bosco Verticale a Milano).
- ▶ Infrastrutture verdi per la depurazione delle acque (Progetto Life+ AQUA a Firenze).
- ▶ Parchi lineari fluviali (Parco Fluviale del Po a Torino).
- ▶ Rinaturalizzazioni costiere (Progetto LIFE REWETLAND a Orbetello).



Fig. 7 - Studio delle tipologie di attuazione di infrastrutture ecosistemiche BGI in Italia (Immagine A. Tollis).

che queste infrastrutture inducono, misurando indicatori come la variazione della qualità del suolo, la riduzione del rischio di erosione e frane, e il miglioramento della capacità di infiltrazione dell'acqua (*key point 2*). Infine, andranno identificati i fattori che influenzano il successo delle BGI nel migliorare la qualità del suolo urbano, valutando come la loro configurazione e gestione possano impattare positivamente (*key point 3*).

Le prime conclusioni della ricerca in corso indicano che tre sono i fattori principali che condizionano l'efficacia delle BGI: la "configurazione spaziale" delle aree verdi e blu e le tipologie di vegetazione presenti, che influenzano la stabilità del suolo e riducono il rischio di frane; i "modelli paesaggistici", che includendo densità e diversità delle specie vegetali

e gestione di superfici permeabili e acque superficiali, possono potenziare l'efficacia delle BGI nella prevenzione dell'erosione e nel miglioramento della ritenzione idrica; il "contesto urbano" che gioca un ruolo significativo poiché un'alta densità edificatoria può diminuire l'efficacia delle BGI, mentre una gestione inadeguata delle acque superficiali può aumentare il rischio di erosione.

I principali fattori di progetto individuati includono la stabilità e permeabilità del suolo, la gestione delle acque meteoriche, la mitigazione del rischio idrogeologico, la riqualificazione dei suoli degradati, l'integrazione con la vegetazione locale, la stabilità strutturale e il controllo dell'erosione. Tra le soluzioni *Win-Win* e *no-regret* figurano l'intercettazione del carbonio, la gestione delle invasioni biologiche, il ripristino



FATTORI DI PROGETTO

1. Stabilità del Suolo: piante con radici profonde e tecniche di rinforzo per prevenire l'erosione.
2. Permeabilità del suolo: materiali permeabili per migliorare l'infiltrazione dell'acqua.
3. Gestione delle Acque Meteoriche: sistemi per raccolta e gestione delle acque piovane.
4. Mitigazione del Rischio Idrogeologico: barriere verdi e muri vegetali per ridurre frane.
5. Riqualificazione dei Suoli Degradati: fitodepurazione e miglioramento della qualità del terreno.
6. Integrazione con la Vegetazione Locale: piante autoctone per aumentare la resilienza del suolo.
7. Stabilità Strutturale Elementi naturali per prevenire cedimenti.
8. Rafforzamento del Suolo: geotessili e altre tecniche per migliorare la stabilità.
9. Controllo dell'Erosione: soluzioni vegetali e ingegneristiche per prevenire l'erosione.
10. Supporto alla Stabilità dei Pendii: rinverdimento e consolidamento per stabilizzare i pendii.
11. Riduzione del Carico sul Suolo: distribuzione del carico per prevenire cedimenti.



FATTORI WIN-WIN E NO-REGREAT

1. Intercettazione del Carbonio: assorbimento di CO2 tramite piante e suoli.
2. Gestione delle Invasioni Biologiche: controllo delle specie invasive.
3. Ripristino del Circolo Naturale: reintegrazione di processi naturali come il circolo dell'acqua.
4. Accesso Ecologico: miglioramento dell'accessibilità per fauna e flora.
5. Supporto alla Biodiversità: creazione di habitat per diverse specie.
6. Efficienza Energetica: soluzioni verdi per ottimizzare l'uso dell'energia.
7. Integrazione Comunitaria: coinvolgimento delle comunità della gestione delle infrastrutture verdi.



Fig. 8 - I più rilevanti fattori di progetto individuati a seguito delle prime analisi svolte con la ricerca in corso (immagine A. Tollis).

GLI EFFETTI DELLE MUTAZIONI CLIMATICHE SULLA GEOLOGIA URBANA: un nuovo approccio alla progettazione delle infrastrutture ecosistemiche green and blue

del ciclo naturale, il supporto alla biodiversità, l'efficienza energetica e l'integrazione comunitaria (Fig. 8).

I modelli di progetto sono pensati per essere costantemente ottimizzati e per massimizzare i benefici di adattamento, con un approccio capace di garantire una comprensione completa dei rischi e delle dinamiche in gioco a lungo/medio termine e quindi di restituire una progettualità adattiva e resiliente.

Essenziale sarà monitorare e valutare l'efficacia delle BGI e il loro impatto macro geologico attraverso indicatori di risultato. I principali includono: stabilità, permeabilità, contenuto di umidità, erosione, resilienza alle inondazioni, qualità e infiltrazione delle acque, qualità della vegetazione, densità radicale, efficienza dei sistemi di drenaggio, capacità di assorbimento delle acque, riduzione del cedimento del

suolo, rafforzamento delle strutture, rigenerazione del suolo, protezione delle aree sensibili, sostenibilità dei materiali e monitoraggio delle microfessure.

Gli indicatori di risultato sono fondamentali per misurare l'efficacia degli interventi e garantire la flessibilità del processo di adattamento, consentendo l'integrazione di nuove scoperte scientifiche e dati climatici. Per interventi urbani efficaci, è sostanziale adottare criteri di progettazione e misure tecnologiche che considerino le variazioni climatiche e geologiche durante tutto il ciclo di vita dell'opera (Delgado-Ramos, 2015), guidando sia la progettazione che la localizzazione degli interventi, e sviluppando scenari complessi per realizzare città resilienti.

BIBLIOGRAFIA

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

Bell F.G. (2016). *Engineering Geology.* Butterworth-Heinemann.

Crozier M.J. (2010). *The Climate in Urban Areas: A Study of Climatic Changes and Their Effects on the Urban Environment.* Springer.

Delgado-Ramos G.C. (2015). *Climate Change and Cities: A Global Perspective.* Springer.

Eurostat (2016). *Urban population projections.* Retrieved from Eurostat website.

European Commission (EC) (2019). *The European Green Deal.* COM (2019) 640 final. Brussels: European Commission.

European Commission (EC) (2021). *EU Strategy on Adaptation to Climate Change.* COM (2021) 82 final. Brussels: European Commission.

Kabisch N., Korn H., Stadler J. & Bonn A. (2017). *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice.* Springer.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018). *Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways.* Geneva: IPCC.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). *Sixth Assessment Report: The Physical Science Basis.* Geneva.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023). *Sixth Assessment Report: Mitigation of Climate Change.* Geneva.

Mather J.R. (2020). *The Influence of Climate Change on Urban Planning.* Routledge.

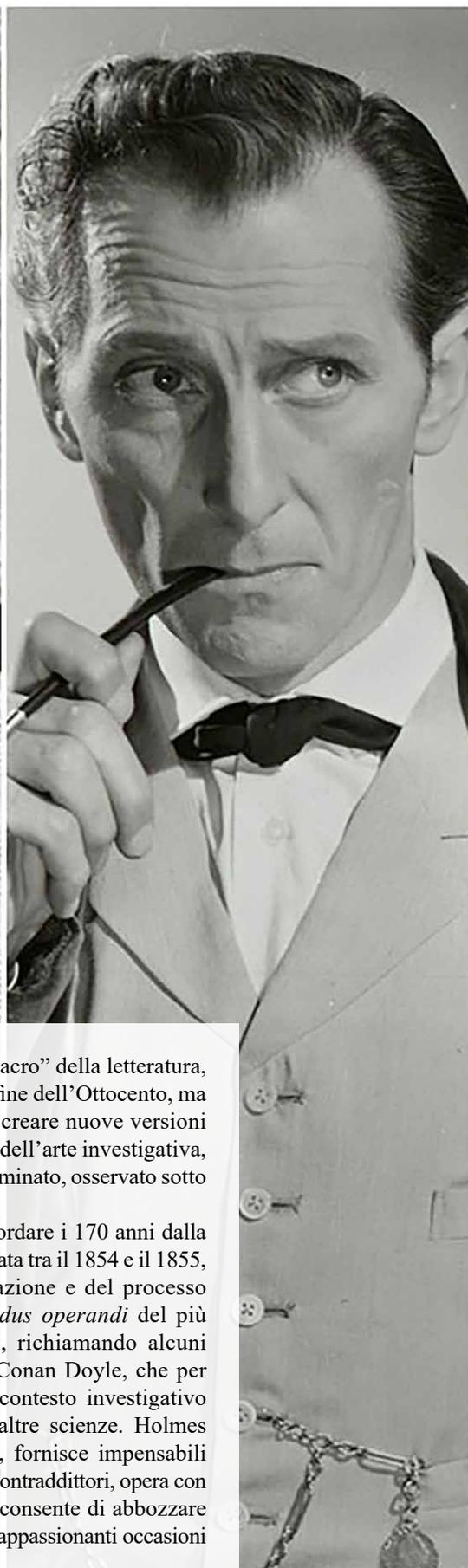
Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) (2022). *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).* Roma: MASE.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) (2015). *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC).* Roma: MATTM.

Rosenzweig C., Solecki W.D., Hammer S.A. & Mehrotra S. (Eds.) (2011). *Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network.* Cambridge University Press.

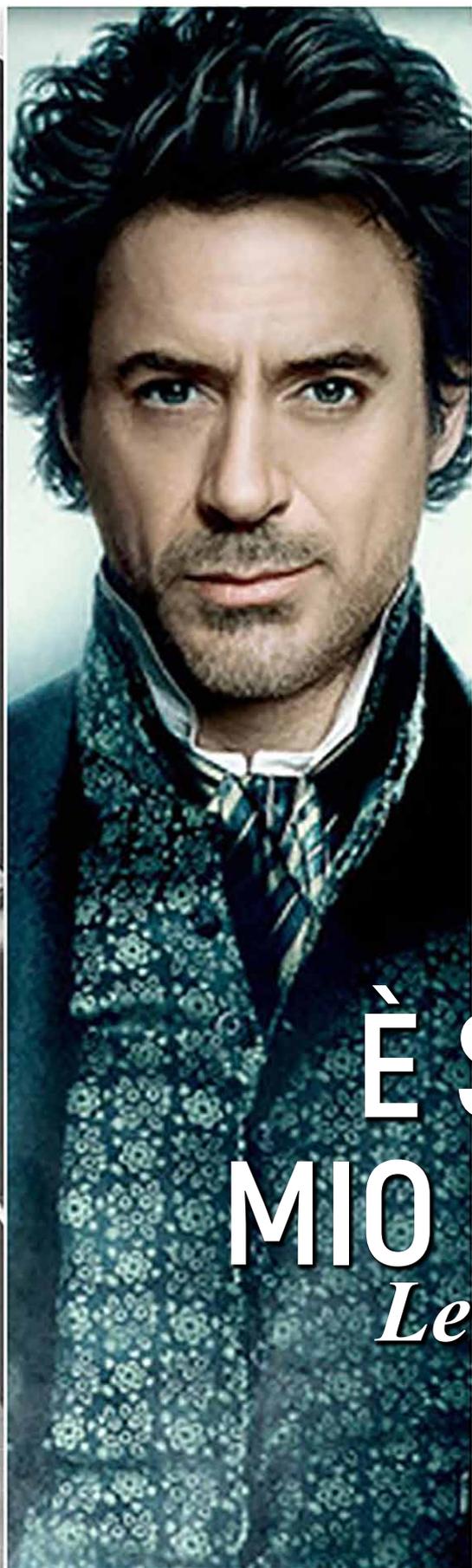
Wilby R.L. & Perry G.L.W. (2006). *Climate Change and Urban Areas: Impacts, Implications and Responses.* Routledge.





Sherlock Holmes è un “mostro sacro” della letteratura, un personaggio concepito alla fine dell’Ottocento, ma che continua ad affascinare, a creare nuove versioni del suo mito. È la quintessenza dell’arte investigativa, per questo merita di essere indagato, esaminato, osservato sotto la lente d’ingrandimento.

Il contributo scientifico, scritto per ricordare i 170 anni dalla nascita di Holmes, tradizionalmente fissata tra il 1854 e il 1855, intende illustrare l’arte dell’indagine e del processo abducente attraverso l’acutissimo *modus operandi* del più grande investigatore di tutti i tempi, richiamando alcuni racconti del suo creatore, Sir Arthur Conan Doyle, che per primo ha considerato applicabili nel contesto investigativo le Scienze della Terra, al pari delle altre scienze. Holmes raccoglie indizi, le più piccole tracce, fornisce impensabili interpretazioni, scarta gli eventi tra loro contraddittori, opera con quel geniale paradigma indiziario che consente di abbozzare ricostruzioni che spesso sono oggetto di appassionanti occasioni di approfondimento.



È SEDIMENTARIO, MIO CARO WATSON!

*Le indagini "geologiche"
di Sherlock Holmes*

a cura di Roberto Franco



Keywords

- ▶ Sherlock Holmes
- ▶ Metodo scientifico
- ▶ Abduzione
- ▶ Geoscienze forensi

INTRODUZIONE

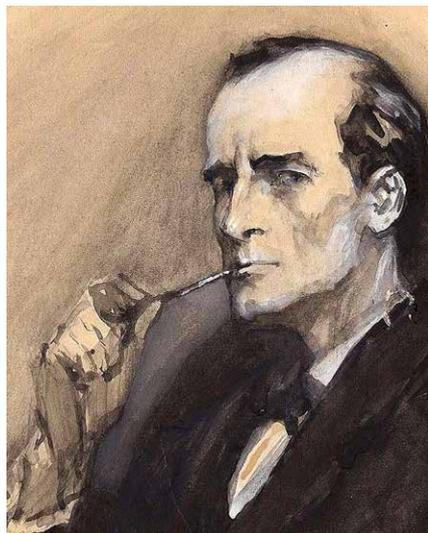


Fig. 1 - Ritratto di Sherlock Holmes dell'illustratore britannico Sydney E. Paget, 1904.

Sherlock Holmes (Fig. 1), probabilmente, è il più anziano fra tutte le figure "mitologiche" partorite dalla letteratura popolare e poi fagocitate dall'universo delle comunicazioni di massa, trasformate in eroi cinematografici, in fumetti, in campagne pubblicitarie, in *gadget* e in *cartoons*. Pronunciando il suo nome, affiora senz'altro in mente un caleidoscopio d'immagini: la pipa *calabash*, il *deerstalker* in testa, la mantellina *inverness*, il suo prezioso violino *Stradivarius*, il profilo aguzzo; forse William Gillette (che coniò la famosa e apocrifia esclamazione "Elementare Watson"), Basil Rathbone, Jeremy Brett, Michael Caine o una delle tante "stelle" del grande schermo che, nel corso degli anni, hanno vestito i panni di Holmes, incluse le interpretazioni più recenti di Robert Downey Junior, Benedict Cumberbatch e Ian McKellen.

A Holmes, e soprattutto ai suoi modi, si sono ispirate decine e decine di personaggi reali, da Isaac Asimov al presidente degli Stati Uniti Franklin D. Roosevelt, oppure inventati, dagli investigatori d'ogni genere al

protagonista de *Il nome della rosa* di Umberto Eco, fino all'ineffabile Dr. House della popolare serie televisiva.

Il *detective* londinese compare per la prima volta, assieme all'inseparabile amico, il dottor John H. Watson, nel romanzo *Uno studio in rosso* (Fig. 2), pubblicato nel 1887 dalla rivista *Beeton's Christmas Annual*, che aprì la saga dell'arguto inquilino di *Baker Street*, iniziando una fortunatissima serie di romanzi brevi e racconti che in seguito furono ribattezzati dagli specialisti sherlockiani come "Canone holmesiano", cioè quella serie di "sacri testi", cui sono devoti migliaia di aderenti ad associazioni sorte in nome di Holmes, in cui Arthur Conan Doyle (1859-1930) (Fig. 3) diede vita all'investigatore che vive al numero 221B di *Baker Street* e le cui storie sono narrate dal "buon Watson", come usa rivolgersi spesso Holmes. Nei primi racconti, quest'ultimo è descritto come un uomo di circa 35 anni. Ne *L'ultimo saluto. Un epilogo*, ambientato nel 1914, Sherlock ha sessant'anni, quindi potrebbe essere nato tra il 1854 e il 1855. Christopher Morley, studioso

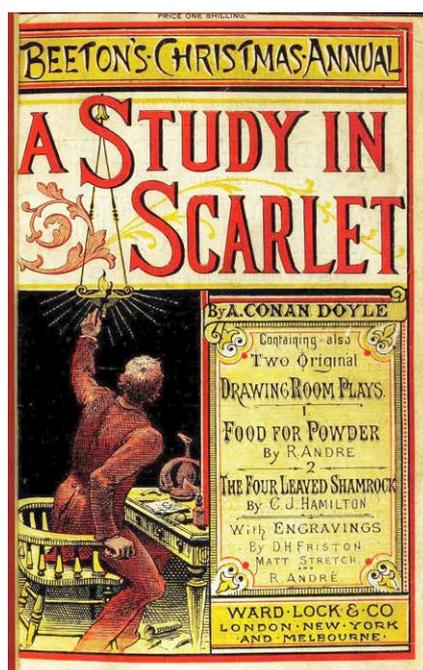


Fig. 2 - Prima edizione di *A Study in Scarlet* in copertina annuale, 1887.

dell'investigatore londinese, basandosi su alcuni dettagli del romanzo *La valle della paura*, ha addirittura immaginato che il *detective* potesse essere nato il 6 gennaio, come ricorda Leslie Klinger (2005), autore di una versione annotata delle storie. Nel film *Sherlock Holmes - Gioco di ombre*, in una targa commemorativa, apposta dopo la sua presunta morte, si legge che Holmes è nato nel 1854; così s'intuisce anche nel film *Mr. Holmes - Il mistero del caso irrisolto*, adattamento cinematografico del libro di Mitch Cullin, *A Slight Trick of the Mind*, un romanzo di eccezionale grazia e sensibilità letteraria, una brillante interpretazione del nostro più grande *detective* e una straordinaria indagine sui misteri della connessione umana. Siamo nel 1947 e Sherlock Holmes, in pensione da tempo, ha novantatré anni. Sul fascino intenso delle sue storie è stato scritto moltissimo, forse dovuto al contrasto che si genera fra l'eccitazione emotiva dell'avventura selvaggia e il rassicurante controllo intellettuale incarnato dall'investigatore londinese. Holmes è sì frutto d'invenzione, ma quello che impariamo da lui è assolutamente reale. Ci dice che la scienza non fornisce risposte semplicistiche, ma un metodo rigoroso di formulare domande che possono condurre a delle risposte, perché,

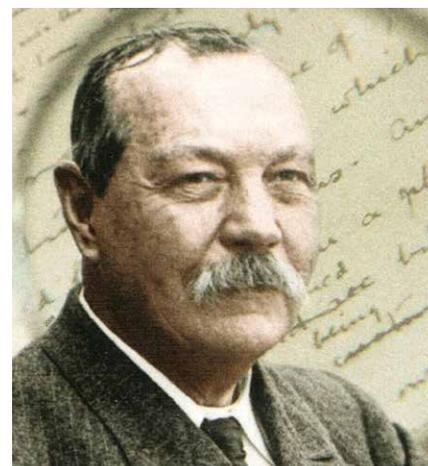


Fig. 3 - Ritratto di Arthur Conan Doyle (1859-1930), scrittore e creatore di Sherlock Holmes, su un francobollo britannico, 2009.



Fig. 4 - “Holmes stava lavorando duramente a un’indagine chimica”. Illustrazione di Sydney E. Paget, 1893.

utilizzando il famoso “assioma” evocato spesso nel “Canone holmesiano”, «una volta eliminato tutto ciò che è impossibile, quello che rimane, per improbabile che sia, dev’essere la verità» (Doyle, 2005). Si tratta nientemeno che del classico, galileiano, procedimento sperimentale in cui si analizzano, si comparano e si scartano le diverse variabili e ipotesi in gioco, al fine di corroborare una teoria (scientifica e investigativa) eliminando le false piste. Holmes esalta il valore della teoria come strumento basilare per dare sostanza all’indagine investigativa, lasciando così tracce concrete del suo *modus operandi* che ci giunge attraverso le memorie di Watson.

A ben vedere, Sherlock Holmes, quasi disumano, senza cuore, ma dotato di una magnifica intelligenza logica, porta a definire l’indagine come una “scienza esatta”, priva di emozioni e romanticismi fuorvianti e del tutto distaccata dall’anarchismo operativo privo di regole. Considera la scienza come un ragionamento analitico che dagli effetti risale alle cause e risolve l’enigma (Fig. 4). Il cliente, dice Holmes scandalizzando Watson, è solo un numero, un fattore in un’equazione. L’indagine è un’arte che richiede intuito, ma anche tante conoscenze, capacità di osservazione e deduzione, propensione a calarsi nei panni dei criminali. Sherlock pone in rilievo la necessità di non lasciarsi ingannare dalle “innaturali” ovvietà e nello stesso tempo non dimenticare l’importanza delle “inezie”, spesso ignorate dalla narrativa poliziesca coeva e divenute un *leitmotiv* nella letteratura gialla più recente risentendo dei più evoluti metodi

della polizia scientifica moderna.

Spesso ci si chiede quale sia la vera importanza del personaggio Sherlock Holmes e quale sia il motivo di questo suo successo. È parere unanime che essi risiedano nel modello sherlockiano (forse doyleiano) capace di raccogliere indizi, piccole tracce, di fornire impensabili interpretazioni, di scartare gli eventi tra loro contraddittori, insomma di operare con quel “paradigma indiziario” che al tempo di Doyle era patrimonio solo del patologo e che doveva divenire strumento dello storico dell’arte, del criminologo, del biologo, del matematico, dello storico. Raccogliendo frammenti, tracce e indizi, il paradigma indiziario consente di abbozzare delle ricostruzioni che in alcuni casi non sono prive di appassionanti occasioni di approfondimento.

La capacità straordinaria di risolvere i “casi”, basata sull’occhio clinico di chi s’incarica di riconoscere i fenomeni direttamente sul campo, ricomponendone gli elementi, è frutto del giusto equilibrio di quattro forze: cultura, esperienza, flessibilità ragionata e fantasia. Sono necessarie tutte le componenti per coniugare la conoscenza scientifica a quella umanistica, all’interno di una traiettoria logica dotata di un suo sapere, che sul piano teorico non si contraddice mai. L’incoerenza è in qualche caso evidente sul piano pratico, quando Holmes di fatto opera sul campo con metodi e atteggiamenti che potrebbero sembrare in opposizione con le tesi enunciate.

Holmes ricorda ripetutamente a Watson che il mestiere

del *detective*, se fatto bene, consiste semplicemente nel dedurre da determinate cause determinati effetti, perché, da Aristotele in poi, la deduzione – il sillogismo deduttivo – è quel ragionamento che ricava con necessità logica le conseguenze dalle cause, le conclusioni dalle premesse. Benché Holmes insista continuamente sul fatto che il suo metodo sia quello logico-deduttivo, così facendo finisce col raccontare una mezza bugia (Eco & Sebeok, 1983). Perché il nostro investigatore non procede per deduzioni, adotta il metodo che Carl Hempel (1972) avrebbe chiamato poi ipotetico-deduttivo e che Charles S. Peirce, padre della semiotica, chiamava abduttivo o semplicemente abduzione (Bonfantini, 2004).

L'abduzione, affermò Peirce, è quel metodo o ragionamento secondo il quale taluno assume una teoria o una regola che, se fosse vera, spiegherebbe perfettamente il misterioso fenomeno o caso che si vuole indagare. L'abduzione, poiché invenzione d'ipotesi esplicative, espande il sapere, a differenza della deduzione e persino della stessa induzione.

L'investigatore londinese esegue le sue indagini avvalendosi della conoscenza di cui ha maggiore padronanza, che secondo Watson sono la letteratura scandalistica, la chimica, l'anatomia, la botanica, la geologia.

In particolare, come il geologo o il paleontologo, il nostro *detective* spiega un fatto o un evento collocandolo all'interno di una serie cronologica. Poi lo trasforma, attraverso una formulazione abduttiva, in una catena di cause ed effetti, a ritroso nel tempo riportandolo a un preciso momento originario. Per Sherlock Holmes «la cosa essenziale è di riuscire a ragionare a ritroso», «partire dalla fine per cercare di arrivare al principio» (Doyle, 2005); ugualmente la logica

abduttiva può essere definita con Irving Copi (1964) un «ragionare all'indietro»: «L'ordine di marcia nel porsi della retroduzione, – ha spiegato lo stesso Peirce –, è dall'esperienza all'ipotesi».

Il punto di partenza dell'abduzione è quindi «un fatto sorprendente», che genera il «dubbio», cioè «uno stato d'insoddisfazione», che «ci stimola alla ricerca» e che svanirà solo quando sarà rimpiazzato da una «credenza», da una teoria che dà una spiegazione del fatto inatteso perché «solo il fenomeno contrario alle attese esige spiegazione» (Di Nuoscio, 2004).

Il geologo come il *detective*, in un certo senso, abita un mondo di segni che agli occhi degli altri non è percepibile. Holmes, inoltre, è un buon «geologo pratico». A colpo d'occhio è in grado di riconoscere le diverse tipologie di terreno e mediante la loro consistenza e il loro colore, riesce a individuare da quale parte di Londra provengono. Una sorta di firma geologica come se fosse una vera e propria impronta digitale in grado di consentirgli, addirittura, di risolvere qualche caso giudiziario. Conan Doyle era già pienamente consapevole del valore delle proprietà morfologiche e mineralogiche dei terreni nelle applicazioni forensi. Nonostante molte delle metodologie descritte nei romanzi di Sherlock Holmes siano inapplicabili nella realtà, verosimilmente Doyle abbozzò un approccio da geoscientziato forense che ora costituisce le basi dello studio dei terreni in ambito processuale e rende, ufficialmente, il *detective* più importante al mondo, sebbene (parzialmente) immaginario, il primo geologo forense della storia del crimine.

IL GEOLOGO COME DETECTIVE. LE INDAGINI "GEOLOGICHE" DI SHERLOCK HOLMES

Conan Doyle fu il portavoce della rivoluzione nel pensiero e nella scienza che si era dispiegata nei decenni precedenti e, Sherlock Holmes, a giudizio dello stesso Conan, doveva essere sin dal suo nascere l'incarnazione dello spirito scientifico, un ideale a cui poter aspirare, anche se impossibile da emulare. In *Uno studio in rosso*, Stamford mette in guardia Watson delle molte eccentricità del suo futuro compagno di stanza, fra le quali bastonare i cadaveri destinati alle autopsie per studiare le contusioni *post mortem*, o trafficare frequentemente con i veleni. Nell'*Avventura del piede del diavolo*, Holmes, nella remota Cornovaglia, invita l'amico Watson a sperimentare direttamente sulla loro pelle l'effetto del veleno che secondo lui avrebbe determinato l'atroce morte di alcuni membri della famiglia Tregennis. Addirittura nell'*Avventura del diamante giallo*, lo stesso Holmes dichiara che lui è un cervello e il resto del suo corpo non è che una semplice appendice (Doyle, 2005). Nell'Inghilterra vittoriana, dagli anni Trenta dell'Ottocento, la cultura scientifica conobbe una vera e propria fioritura. Come spesso accade, il lessico è indicativo di una mutata condizione sociologica: il termine *science*, inteso come corpo di conoscenza teoretico e sistematico, cominciò ad assumere il suo significato moderno. La scienza diventò parte

integrante del pensiero inglese e, più in generale, europeo. Influi anche l'infatuazione positivista, la fiducia che la ragione, correttamente impiegata, poteva risolvere o almeno alleviare i mali del mondo.

L'epoca in cui il nostro geniale *detective* visse e operò fu caratterizzata, insomma, da un sentimento forte e contrastante nei confronti della scienza: un misto di fascino e timore, di entusiasmo e indifferenza, di attrazione e repulsione. La scienza intesa come apprendimento razionale del mondo si stava imponendo come base della conoscenza. Tutto ciò che non rientrava in un ordine ragionevolmente spiegabile, veniva relegato nel campo della superstizione, forma deteriorata di un passato da cui le conquiste della tecnologia portavano ad allontanarsi velocemente.

È innegabile che gli studi scientifici contribuirono a lasciare un'impronta molto forte sulla cultura letteraria e popolare della seconda metà dell'Ottocento. Scienziati e autori giunsero a condividere idee e linguaggio in modo diffuso attraverso la convivenza all'interno della stessa cultura. Il pensiero scientifico divenne addirittura fonte d'ispirazione per diversi romanzi.

Conan Doyle, attraverso le varie avventure di Holmes e Watson, trasmise una visione del mondo prevalente del suo tempo,

influenzata anche dalle nuove teorie elaborate da Charles Lyell e Charles Darwin, rispettivamente nei *Principles of Geology* e in *On the Origin of Species*. In realtà, questi non sono per niente gli unici apporti scientifici che possono aiutarci a capire Sherlock Holmes, ma condividono alcune qualità distintive chiave, non ultima un' enfasi metodologica sull'osservazione empirica quotidiana associata al ragionamento abduttivo.

La geologia gli fornì un contributo fondamentale. La sua popolarità in Inghilterra, rappresentò un grande vivaio di scienziati, si collocò, in qualche modo, in un più ampio contesto ideologico, in una visione liberale del progresso e dell'evoluzione, il cui fondamento era costituito dalla società borghese-industriale del XIX secolo, basata sulla concorrenza e sulla capacità produttiva. La geologia iniziò ad affermarsi agli inizi dell'Ottocento prima come scienza completa e indipendente, poi come disciplina riconosciuta giuridicamente.

Il primo volume dei *Principles of Geology*, opera che consacrò Lyell come il più grande geologo del suo tempo, fu pubblicato nel 1830. A questo testo fondamentale seguirono altri due volumi, rispettivamente nel 1832 e 1833. La ragione del successo di questo libro risiedette nel fatto che lo scozzese fu un ottimo scrittore, riuscendo a fare sintesi sullo “stato dell'arte” della geologia. Questo lavoro esercitò un'influenza sostanziale sulle generazioni successive di scienziati. Darwin (1887), nelle sue opere geologiche, citò più volte il suo grande amico: «Mi sento sempre come se i miei libri uscissero per metà dal cervello di Lyell».

Il geologo scozzese si oppose ai catastrofisti, i quali sostenevano che la Terra fosse stata modellata esclusivamente da una serie di violenti eventi catastrofici, le cosiddette “rivoluzioni della superficie del globo” di cui parlava Georges Cuvier. Secondo questa teoria, tali eventi avrebbero potuto rientrare in una sequenza temporale breve e compatibile con la narrazione biblica, descrivendo così un'evoluzione della Terra brutale e di breve durata.

Lyell, invece, elaborò nuove prove a sostegno della precedente teoria dell'attualismo di James Hutton. Quest'ultimo, anch'egli scozzese, terminò il suo trattato *Theory of the Earth* con un'espressione diventata famosissima: «Il risultato della nostra investigazione presente è perciò che non troviamo alcun vestigio di un inizio, né alcun indizio di una fine futura» (Hutton, 1788). Per ricostruire il passato, Lyell decise di partire dall'oggi, da ciò che era presente ed effettivamente in azione, cause e fattori agenti. Senza ipotizzare nulla di eccezionale.

Secondo Lyell, infatti, la somma dei lenti e costanti effetti delle forze naturali aveva prodotto continui cambiamenti nel corso della storia della Terra; dal momento in cui questo processo è sicuramente molto lento (i suoi effetti sono appena visibili nell'arco di una vita), deve avere operato in un periodo di tempo molto lungo. Per Lyell la Terra era immensamente antica, quella che lui definì la scoperta del tempo profondo, il *Deep Time*.

In alcune storie, Watson ricorre, simbolicamente, al linguaggio del tempo profondo. Nello strano e orribile caso de *L'avventura del piede del diavolo*, la salute fisica e mentale di Holmes è compromessa a tal punto che, assieme al fidato amico Watson, decide di partire per la Cornovaglia “per evitare un

collo nervoso”. Il paesaggio, cupo, è una distesa di brughiere dove «si ritrovano tracce di qualche popolo oramai totalmente scomparso che aveva lasciato come unico segno della propria lontana esistenza degli strani monumenti di pietra, cumuli irregolari che contenevano le ceneri arse dei morti, e curiosi terrapieni di fortificazione che parlavano di combattimenti preistorici» (Doyle, 2005). Holmes trova tregua dalle sue occupazioni quotidiane immergendosi nel profondo passato e nell'astruso studio dell'antico idioma della Cornovaglia. Il fascino misterioso di quel luogo sollecita in lui la voglia di valorizzare quella civiltà contro le grandi maree storiche che potrebbero un giorno spazzare via del tutto “le comunità oramai cadute nell'oblio”. Holmes, in questo modo, eleva le sue inclinazioni artistiche nel lavoro e ne trae soddisfazione da improbabili imprese di recupero.

Attraverso il loro Uniformismo, Lyell e Darwin sostennero che il gradualismo attuale delle cause geologiche era valido anche per il passato, così come il graduale passaggio da una specie a un'altra. I grandi cambiamenti geologici che si affermavano erano il risultato della somma costante di piccole modificazioni avvenute in un lungo periodo di tempo e la ricostruzione del passato poteva avere luogo anche attraverso l'osservazione e la raccolta di prove frammentarie.

Conan Doyle ci fornisce una prova di come Holmes riesca facilmente a risalire all'identità di una persona attraverso l'osservazione di elementi incompleti. In *Uno studio in rosso* il *detective* arriva a capire che Watson è stato in Afghanistan. Nel dipanare il ragionamento, l'investigatore elenca i principi che gli consentono d'individuare il luogo del recente soggiorno di Watson. Egli menziona, ad esempio, a dimostrazione del fatto che il medico militare era stato ai tropici, l'abbronzatura, difficile da acquisire a Londra, per via del clima e quindi da attribuire ad altro luogo; il colore non naturale della pelle è inoltre evidenziato dai polsi che presentano una colorazione chiara. Il suo viso, però, è teso e stanco, segno che non si è trattato di una vacanza, ma di qualcosa che l'ha fatto stare male. E, ancora, un braccio innaturalmente rigido, probabilmente dovuto a una ferita (Doyle, 2005). Tropici, malattia, ferita, messi assieme come frammenti di un quadro più grande ed ecco rivelare il nome Afghanistan. Ogni osservazione è inserita in un contesto e messa in relazione alle altre, non come elemento a sé stante, ma come qualcosa che contribuisce all'insieme generale.

È una prova frammentaria in base alla quale Holmes, seguendo il francese Georges Cuvier, può ricostruire non un animale estinto o un'epoca geologica ma le vicende di qualsiasi uomo. In *Cinque semi d'arancio*, Holmes discute la sua visione del “ragionatore ideale”: «Come Cuvier poteva descrivere esattamente un animale osservandone un singolo osso, così un osservatore che ha afferrato pienamente un anello in una serie di incidenti dovrebbe essere in grado di indicarne con precisione tutti gli altri, sia precedenti che successivi» (Doyle, 2005).

Cuvier, nel corso della sua carriera scientifica, gettò le fondamenta della moderna Paleontologia e dell'Anatomia comparata. Una sua affermazione è rimasta famosa: «Cominciando la nostra investigazione mediante un'osservazione accurata di ogni osso considerato a sé, chiunque sia sufficientemente padrone delle leggi della



Fig. 5 - Illustrazione di Sydney E. Paget del 1891 sul *The Strand Magazine*, tratta da *Il mistero di Boscombe Valley*.

struttura organica può, per così dire, ricostruire l'intero animale a cui quell'osso è appartenuto» (Gould, 1983).

Sembra, inoltre, esserci un confronto tra Holmes e il modo di vedere il mondo di Lyell. Entrambi guardano ai paesaggi attuali per tirar fuori tutte le informazioni densamente codificate impresse su di loro. In *Principles of Geology* (1834), Lyell mostra come la sequenza di eventi che ha portato alla formazione di strati geologici si dispiega “come una cronaca scritta”. Per Holmes, l'azione essenziale per risolvere un problema è di riuscire a ragionare a ritroso. In *Uno studio in rosso* afferma: «Una capacità molto utile, e molto facile, ma che in genere non viene messa in pratica. Nei problemi quotidiani della vita è più utile ragionare guardando avanti, e così l'altro sistema viene trascurato. Per una persona capace di un ragionamento analitico, ce ne sono cinquanta capaci di un ragionamento sintetico. [...] La maggior parte delle persone se gli descrivete una successione di eventi, vi diranno quali sono i risultati. Infatti, possono accomunare quegli eventi nella loro mente e, da essi, dedurre che accadrà qualcosa. Esistono però altre persone, poche, che, se gli raccontate un risultato, sono in grado di evolvere dalla propria consapevolezza interiore i vari passi che hanno condotto a quel risultato. Questo è ciò che intendo parlando di ragionamento regressivo o analitico» (Doyle, 2005).

Il *detective*, come il geologo o il paleontologo, spiega un fatto o un evento collocandolo all'interno di una serie cronologica. Poi lo trasforma, attraverso un esame abduittivo, in una catena di cause ed effetti, a ritroso nel tempo riportandolo a un preciso momento originario. Emula l'interpretazione di Cuvier di prove frammentarie.

Ne *Il mastino di Baskerville*, Holmes si riferisce a quello che si può leggere dalla “pagina di ghiaia”. «“Se ci fossi stato anch'io!”, esclamò. “È un caso interessantissimo, che offre possibilità infinite a un esperto. Questa piccola superficie di ghiaia su cui avrei potuto leggere tante cose oramai è stata

da un pezzo lavata dalla pioggia e calpestata dagli zoccoli di contadini curiosi”» (Doyle, 2005). Con questa affermazione Holmes non invoca semplicemente la ghiaia (luogo geologico) come la pagina di un libro, ma allude anche a un aspetto centrale della geologia e della paleontologia che divenne molto importante nelle future azioni investigative della geologia forense. Il morbido sentiero di ghiaia nella brughiera di Yew Alley diventa una pagina da cui possono scomparire tracce rivelatrici; simile, quindi, alla documentazione geologica scritta nel linguaggio vivente della natura, che però conserva un carattere effimero e frammentario.

In *Uno studio in rosso*, Holmes inizia a dimostrare le sue qualità di “geologo pratico”. Affermando che al suo «occhio allenato, ogni segno sulla superficie ha un significato» (Doyle, 2005), egli presta minuziosamente attenzione al terreno sotto i suoi piedi.

In geologia, le argille londinesi appartengono alle formazioni *Bagshot Beds* e *London Clay*. La prima è costituita da una serie di sabbie e argille originatesi in acque poco profonde, sia dolci sia marine. Appartiene alla formazione dell'Eocene superiore dei bacini di Londra e Hampshire e deriva il suo nome da Bagshot Heath nel Surrey. La seconda, invece, è una formazione geologica marina, sempre eocenica, che affiora nel sud-est dell'Inghilterra. L'argilla di Londra è ben nota per il suo contenuto in fossili. Si dice che la London Clay sia molto ricca di fillosilicati a causa della sua formazione marina e della successiva fossilizzazione, un dettaglio geologico descritto da Horace B. Woodward nel suo trattato *The Geology of England and Wales* (Woodward, 1876).

L'argilla che Sherlock Holmes esamina davanti alla casa è apparentemente composta da una miscela di argilla e ghiaia, formata dal ciclo geologico di sedimentazione durante l'Eocene quando l'argilla fu depositata dalle acque del mare e quindi sollevata e intersecata con le formazioni di sabbia e ghiaia. La distribuzione dell'argilla di Londra nei suoli è

perciò irregolare perché i depositi di ghiaia del Pleistocene hanno alterato la composizione omogenea dell'argilla.

Le osservazioni geologiche dei terreni, anticipano l'interesse ricorrente di Sherlock Holmes per impronte, tracce e segni rilevatori (Fig. 5). Sempre in *Uno studio in rosso*, le argille, particolarmente ricettive alle impronte, permettono al detective di trarre le sue deduzioni: «Non esiste branca della scienza investigativa tanto importante e tanto trascurata quanto l'arte di riconoscere le impronte. Per fortuna, mi ci sono dedicato con impegno e la grande pratica l'ha resa per me una seconda natura. Vidi i passi pesanti delle guardie, ma vidi anche le impronte di due uomini che erano passati prima di loro attraverso il cancello. Non era difficile capire che erano precedenti dato che in alcuni punti erano state completamente cancellate dagli altri, sopraggiunti in seguito. Così si formò il secondo anello della mia catena, che mi rivelava come i visitatori notturni fossero stati due, uno di eccezionale statura (come calcolai dalla lunghezza del passo) e l'altro abbigliato con ricercatezza, a giudicare dall'impronta piccola ed elegante lasciata dai suoi stivali» (Doyle, 2005).

La formazione eocenica consente, inoltre, a Holmes d'identificare il tipo di *Hansom cab* parcheggiato di fronte al luogo del crimine la notte precedente: «Vidi chiaramente le impronte di una carrozza che, come accertai informandomi, doveva essere rimasta lì durante la notte. Mi assicurai che si trattava di una vettura di piazza e non di una carrozza privata grazie alla distanza fra le ruote. La comune carrozza da piazza londinese è notevolmente meno ampia di un *brum* privato» (Doyle, 2005). Le impronte delle ruote sull'argilla aiutano a scoprire la presenza della carrozza dell'assassino, Jefferson Hope, arrivato, in effetti, la sera precedente. Su quel terreno, non sorprende che l'abilità di Holmes porti allo svelamento del mistero poiché l'attento esame da parte del protagonista dei dati scientifici rivela la presenza dell'assassino durante la notte del crimine. La conoscenza geologica del *detective* stupisce Watson: «“Confesso che non la seguo”, dissi», e stupisce anche gli specialisti di Scotland Yard, Gregson e Lestrade, che lo osservano con molta curiosità e un certo compatimento (Doyle, 2005).

In *L'avventura dei tre studenti*, Holmes identifica un colpevole che si è intrufolato nelle stanze di un tutor per guardare il contenuto di un prossimo esame. Come descritto da Watson, nella stanza da letto del tutor «Holmes si voltò e, improvvisamente, si chinò sul pavimento. “E questo cos'è?”, disse. Era una piccola piramide di un materiale nero e morbido, identico a quello sul tavolo dello studio». Il signor Gilchrist, lo studente colpevole, si era tradito per la sua abilità atletica. Holmes spiega: «“Il terriccio che imbrattava i chiodi [delle scarpette da ginnastica] era rimasto sul tavolo e in parte era caduto in camera da letto. Posso aggiungere che questa mattina sono andato al campo sportivo, ho visto l'argilla scura e viscosa che si usa nella fossa di salto e ne ho prelevato un campione con quella sottile segatura di cui è cosparsa perché l'atleta non debba scivolare. È così, signor

Gilchrist?” Il giovane si era irrigidito. “Sì, signore, è così”» (Doyle, 2005).

Ne *L'avventura del piede del diavolo*, un misterioso evento di cronaca sconvolge Wallas, un piccolo paesino della Cornovaglia. Un intero gruppo familiare è investito, in circostanze alquanto misteriose, da una sorta di maledizione che, in una sconvolgente notte, causa, nel soggiorno di casa, la morte di una donna e fa letteralmente impazzire i fratelli presenti, lasciando impresso sul loro volto una smorfia di terrore e sofferenza. Un delitto che, secondo il vicario del paese, solo “qualcosa di diabolico” avrebbe potuto commettere. Nessuno può spiegare l'accaduto e la situazione peggiora quando, il giorno dopo, anche l'ultimo dei fratelli Tregennis, è ritrovato morto. Sul davanzale della sua finestra, Holmes ritrova qualche manciata di ghiaia e, da questa osservazione, prendono il via le sue indagini che lo condurranno a trovare lo stesso litotipo nel cottage occupato dal dottor Sterndale, che in seguito confesserà le motivazioni del suo gesto omicida (Doyle, 2005).

Ne *Il segno dei quattro*, Holmes dà un'altra dimostrazione delle sue osservazioni geologiche pratiche. Abbandonandosi con voluttà nella poltrona e sbuffando verso l'alto volute azzurre di fumo, il *detective*, rivolgendosi a Watson, gli fa notare che quella mattina egli era stato all'ufficio postale di *Wigmore Street*. Infatti, osservando i residui di fango rossastro sulle suole delle scarpe del dottore, Holmes afferma: «Proprio di fronte all'Ufficio di *Wigmore Street* hanno scalzato il manto stradale tirando fuori del terriccio e accumulandolo in maniera tale che è difficile entrare nell'Ufficio senza calpestarlo. È un terriccio proprio di quel particolare colore rossastro che, per quanto mi risulta, non si trova in nessun'altra zona dei dintorni» (Doyle, 2005). Lo stesso Watson, nel ritrarre culturalmente Holmes, annota che «rientrando da qualche passeggiata [Holmes] mi ha mostrato delle macchie di fango sui pantaloni e, in base al colore e alla consistenza, mi ha detto in quale parte di Londra se l'era fatte» (Doyle, 2005). *Il segno dei quattro* (così come *Cinque semi d'arancio*) rimanda a un curioso episodio accaduto realmente all'ispiratore di Sherlock Holmes, il dottor Joseph Bell, il quale fatto entrare nel suo studio un paziente, appena lo vide gli disse: «Ve la siete goduta la passeggiata a *West Rings*? [...] Come faccio a saperlo? Semplice. C'è della terra rossa sulle vostre scarpe e quella è l'unica zona dei dintorni in cui c'è quel tipo di suolo» (Stinker, 2019).

In *Cinque semi d'arancio*, lo stesso Holmes, osservando la punta delle scarpe di un suo cliente, ne individua la zona di provenienza. Infatti, fornendo la prova di conoscere la geologia di Horsham, afferma dicendo: «Quell'impasto di argilla e gesso che vedo sulla punta delle sue scarpe è indicativo e particolare» (Doyle, 2005). Questa asserzione geologica genera, peraltro, una lunga nota in *The Annotated Sherlock Holmes. The Four Novels and the Fifty-Six Short Stories Complete* da parte del curatore William S. Baring-Gould (1975).

CONCLUSIONI

Uno degli aspetti principali che ha fatto innamorare milioni di lettori in tutto il mondo di Sherlock Holmes non è tanto la sua innata capacità di risolvere casi, quanto la sua applicazione del metodo scientifico. Ovviamente uno che non conosce i suoi metodi rimane esterrefatto, come accadeva puntualmente ai suoi clienti, ed è proprio questo che cattura il lettore, provocandogli una specie d'incredulità e facendolo rimanere di sasso. Holmes è il *detective* che ha elevato l'arte dell'investigazione a vera e propria scienza che si palesa grazie a ciò che Carl Sagan chiama il "senso del meraviglioso". La sua storia ha profondamente influenzato il pensiero scientifico moderno. Sembra incredibile ma, dopo la nascita di questo personaggio, nessuno studioso o scienziato che dir si voglia, consciamente o inconsciamente, ha potuto fare a meno di confrontarsi, almeno una volta nella sua vita, con il metodo del grande investigatore.

Holmes, non è né un dottore né un professore, anzi dalla polizia ufficiale è etichettato come un "*detective dilettante*", ma, nonostante ciò è divenuto uno dei migliori scienziati al mondo. Egli applica il metodo scientifico alla criminologia osservando la realtà circostante, raccogliendo prove d'indizi per poi formulare le sue abduzioni. Oggi è da molti considerato il primo geoscienziato forense.

Leggere le sue avventure apre letteralmente la mente al metodo scientifico e per apprendere il fondamentale principio metodologico, non c'è nulla di meglio che farsi guidare dal celebre investigatore che dimora al 221B di *Baker Street* a Londra.

BIBLIOGRAFIA

Baring-Gould W.S. (1975). *The Annotated Sherlock Holmes. The Four Novels and the Fifty-Six Short Stories Complete.* Vol. 1, C.N. Potter, New York.

Bonfantini M.A. (2004). *La semiosi e l'abduzione.* Bompiani, Milano.

Copi I.M. & Cohen C. (1964). *Introduzione alla logica.* Il Mulino, Bologna.

Cuvier M. (1813). *Essay on the Theory of the Earth.* Tradotto da Robert Kerr, William Blackwood, Edinburgh.

Darwin F. (1887). *The Life and Letters of Charles Darwin.* J. Murray, London.

Di Nuoscio E. (2004). *Tucidide come Einstein? La spiegazione scientifica in storiografia.* Rubbettino, Soveria Mannelli.

Doyle A.C. (2005). *Tutto Sherlock Holmes.* Newton Compton Editori, Roma.

Eco U. & Sebeok T.A. (a cura di, 1983). *Il segno dei tre: Holmes, Dupin, Peirce.* Bompiani, Milano.

Franco R. (2023). *È sedimentario, mio caro Watson! Dalle indagini "geologiche" di Sherlock Holmes alla nascita delle geoscienze forensi.* Plumelia Edizioni, Bagheria.

Gould S.J. (1983). *Quando i cavalli avevano le dita. Misteri e stranezze della natura.* Feltrinelli, Milano.

Hempel C.G. (1972). *Filosofia delle scienze naturali.* Il Mulino, Bologna.

Hutton J. (1788). *Theory of the Earth; or an Investigation of the Laws observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe.* Transactions of the Society of Edinburgh, vol. 1, parte II, printed for J. Dickson, Bookseller to the Royal Society, Edinburgh.

Klinger L.S. (2005). *The New Annotated Sherlock Holmes.* Voll. 1-2, W.W. Norton & Company, New York.

Lyell C. (1834). *Principles of Geology.* Vol. 3, John Murray, third edition, London.

SPUNTI
PER LA DIDATTICA

Susanna Occhipinti

La lettura dell'articolo, e anche del libro, da parte di un docente, appassionato di gialli e fan di Sherlock Holmes o semplicemente incuriosito dal tema, può fornire interessanti spunti per la didattica. Ma diversamente da altri articoli, prettamente disciplinari, che hanno permesso approfondimenti, collegamenti pluridisciplinari, a volte del tutto inaspettati, il titolo ed il contenuto sono chiari: il geologo entra nella "scena del crimine" ambientale, esplorando evidenze, piste, prove, rilievi forensi, alla scoperta di "colpevoli" di attività criminali, per i quali, con le sue competenze, può essere un formidabile supporto. Ma soprattutto investiga, ricerca ed approfondisce, alla scoperta di fatti, di evidenze geologiche, di fossili, di minerali, studiando e interpretando il territorio, la sua storia e le sue trasformazioni: insomma, l'approccio classico e scientifico del geoscienziato nello studio della sua disciplina, sia questa la petrografia, la paleontologia, la geotecnica, l'astrofisica, o la biogeologia...

Infatti, se la terra trovata sotto le scarpe di un sospettato, confrontata con quella rinvenuta sul luogo del rinvenimento di un cadavere, ha permesso di confermare la colpevolezza, lo studio di rocce usate come corpi contundenti o le analisi ambientali che hanno a che fare con tutti quei reati sull'inquinamento ambientale fanno del geologo un esperto forense indispensabile, **sono infiniti i casi in cui la procedura utilizzata da Sherlock Holmes è stata applicata nella ricerca geologica. Perché, se tutta la scienza è basata sulla scoperta e l'investigazione, chi, se non un geologo, può essere paragonato a Sherlock Holmes, perfino con la sua lente di ingrandimento, alla scoperta di potenziali 'colpevoli' nella storia della Terra?**

Pur essendo la geologia forense un campo disciplinare estremamente intrigante, se si pensa al successo che hanno tutte le serie di analisi forense che ci propongono i media, uno spunto per la didattica immediatamente applicabile è la capacità di questa disciplina di sviluppare le competenze investigative che sono proprie dello scienziato: curiosità, investigazione, *problem solving*, utilizzando quindi un approccio "abduzione", in opposizione a quelle "induttivo".

Per approfondire:

- ▶ Il Geologo *detective* delle civiltà antiche

🌐 www.youtube.com/watch?v=BLm_ZnZ-rpM

- ▶ A lavoro con un geologo

🌐 www.youtube.com/watch?v=RA-2E_umLkg

Esploriamo qualche caso, seguendo le tracce di Sherlock Holmes...

Un approccio alla Sherlock Holmes:
qualche protagonista

▶ **William Smith (1769-1839)**, noto come il "padre della stratigrafia" è il realizzatore della prima mappa geologica della Gran Bretagna. Durante i suoi studi sul campo, osservò che le rocce sedimentarie si trovavano in strati distinti e che ogni strato conteneva fossili specifici. Questo lo portò a formulare il principio della successione faunistica.

Il suo metodo investigativo:

Attenzione ai piccoli dettagli: Smith usava i fossili, che altri trascuravano, per risolvere l'enigma della disposizione delle rocce.

Meticolosa raccolta di dati: Smith trascorse anni raccogliendo



campioni e informazioni sul campo, costruendo progressivamente una visione completa della geologia del Regno Unito.

Innovazione deduttiva: Smith applicò il ragionamento deduttivo per sviluppare un sistema che permetteva di “leggere” la storia della Terra attraverso gli strati rocciosi.

Il lavoro di Smith rivoluzionò la geologia. La sua carta geologica del 1815 è considerata una delle più grandi conquiste della scienza, poiché permise agli studiosi di comprendere la disposizione e la storia geologica della Terra su larga scala.

► **Maria Bianca Cita** (1924-2024) esperta in geologia marina, paleontologia e stratigrafia, utilizzò un approccio investigativo e deduttivo per scoprire cosa accadde nel passato geologico del Mediterraneo.



Il suo metodo investigativo:

Raccolta di indizi dal fondo marino: perforando il fondo del Mediterraneo raccolse campioni di sedimenti, che contenevano “indizi” sotto forma di fossili marini, strati di evaporiti e sedimenti, che raccontavano la storia geologica.

Analisi dei campioni e interpretazione dei dati: analizzando i campioni fu in grado di dedurre come e perché il Mediterraneo si fosse quasi prosciugato. La presenza di spessi depositi di sali nelle carote di sedimento dimostrò che l’acqua del mare era evaporata, lasciando enormi laghi salati.

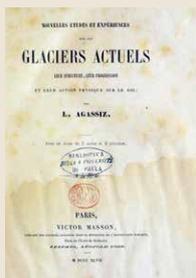
Formulazione di una teoria: Cita dedusse che durante il Messiniano, lo Stretto di Gibilterra si era chiuso, impedendo l’afflusso dell’acqua dall’Oceano Atlantico nel Mediterraneo. Questa teoria, basata su prove geologiche, venne confermata da ulteriori studi stratigrafici. Come Sherlock Holmes, l’utilizzo di indizi apparentemente scollegati permise di trovare una soluzione coerente e, attraverso lo studio dei sedimenti e dei fossili, di ricostruire la sequenza di eventi che portarono alla crisi del Mediterraneo. Il suo contributo ha cambiato la comprensione della storia oceanica e del cambiamento climatico, mettendo in luce l’importanza delle indagini geologiche profonde e dettagliate e lasciando un’impronta indelebile nella geologia marina.

Un approccio alla Sherlock Holmes, qualche caso

► **Le rocce erratiche e la teoria della glaciazione**

Nel XIX secolo, i geologi notarono la presenza di enormi massi erratici in luoghi inaspettati, nelle pianure dell’Europa e del Nord America, lontano dalle montagne o da altre formazioni geologiche simili. Il mistero era: come erano arrivati lì?

Louis Agassiz (1807-1873), geologo svizzero, propose un’ipotesi audace per l’epoca: questi massi erano stati trasportati dai ghiacciai durante un’era glaciale, un’idea in contrasto con la teoria prevalente che attribuiva gli eventi geologici ai diluvi biblici. Agassiz riuscì a convincere i suoi colleghi che enormi lastre di ghiaccio avevano in passato coperto gran parte dell’Europa e del Nord America e avevano trasportato, con il loro movimento, anche i massi. Questa scoperta portò alla formulazione della teoria delle glaciazioni, che rivoluzionò la comprensione dei cambiamenti climatici terrestri.



► **Il Grande Evento di Ossidazione - GEO e le Banded Iron Formations - BIF**

In alcune delle formazioni geologiche più antiche del mondo sono stati scoperti strati di rocce sedimentarie ricche di ferro. La loro origine è stata a lungo un



mistero. Studiandole, i geologi hanno scoperto che queste rocce risalgono a un’epoca chiamata “Grande Evento” (*Great Oxidation Event*) di Ossidazione, verificatosi circa 2,5 miliardi di anni fa, quando l’atmosfera terrestre ha cominciato ad arricchirsi di ossigeno grazie alle prime forme di vita fotosintetiche, i cianobatteri. In quel periodo, l’ossigeno liberato reagiva con il ferro presente negli oceani, causando la precipitazione di ossidi di ferro che si depositavano sul fondo marino, creando queste bande ferrifere. Le BIF, quindi, raccontano una storia geologica inattesa: il momento cruciale in cui la vita sulla Terra iniziò a trasformare radicalmente l’atmosfera e gli oceani, rendendo il pianeta abitabile per forme di vita più complesse.

► **L'eruzione del vulcano Samalas (1257) nel sistema vulcanico del Monte Rinjani sull'isola di Lombok**



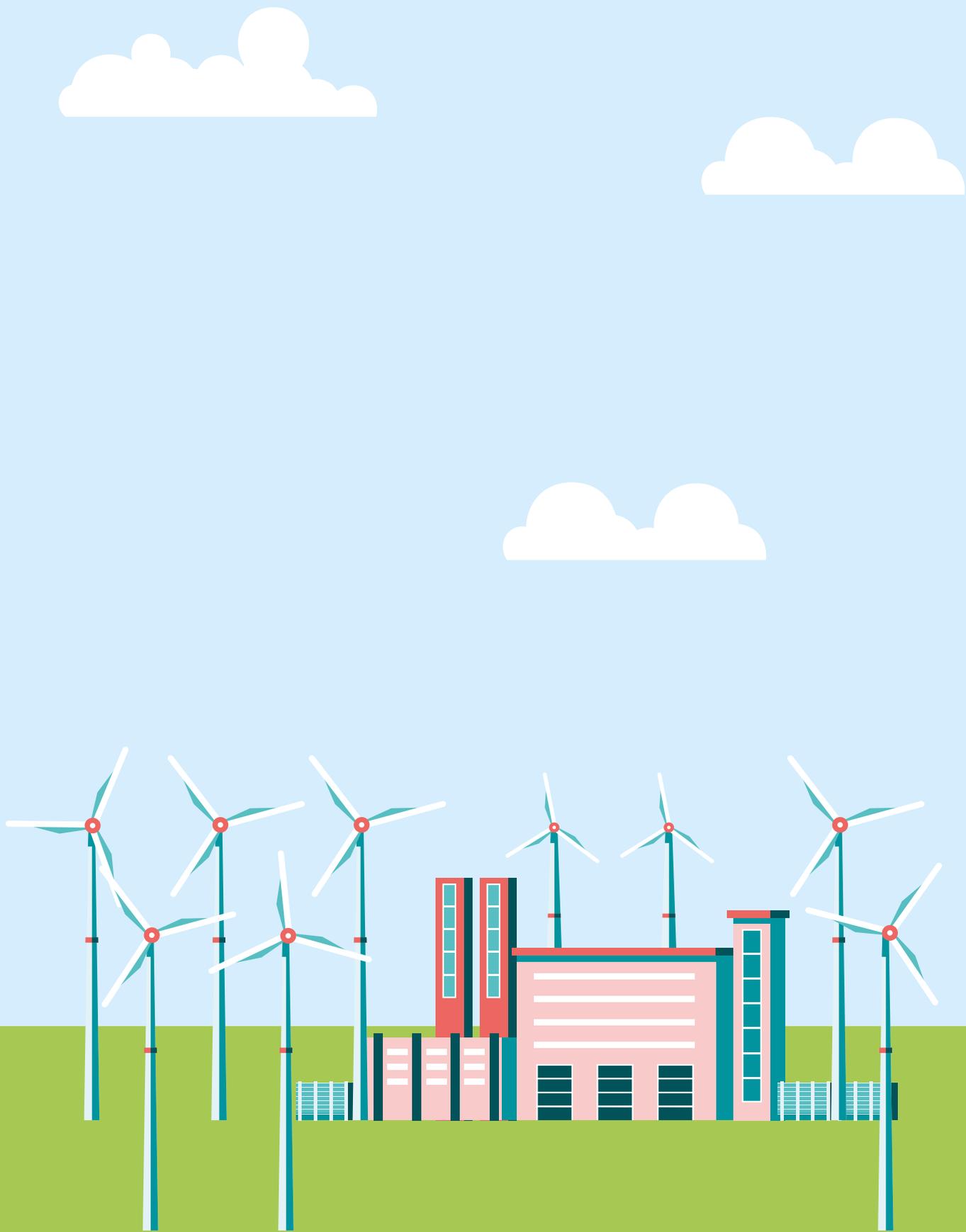
L'eruzione del 1257 del vulcano Samalas è stata una delle eruzioni più violente degli ultimi 7.000 anni, otto volte più potente dell’esplosione del Krakatoa del 1883, dieci volte più potente dell’eruzione del Tambora del 1815. Come normalmente accade con le eruzioni vulcaniche che producono grandi quantità di polvere e cenere nell’atmosfera, il clima mutò e le temperature si abbassarono e nel 1258 in Europa i raccolti non maturarono a causa del freddo. A Londra nell’area del mercato di Spitalfields e nel *St Mary's Spital Hospital*, sono stati trovati 10.500 scheletri, ma i resti suggeriscono la presenza di oltre 18.000 corpi, epidemia che è stata a lungo attribuita alla peste nera. Ma recentemente sono state trovate in prove documentarie, in un testo giavanese del XIII secolo scritto su foglie di palma, detto Babad Lombok, che racconta di una “eruzione fenomenale” nel 1257-58, che cambiò profondamente il clima dell’epoca, con riferimenti alla grande carestia che ne derivò, e che a Londra uccise un terzo della popolazione, permettendo così di trovare la causa delle morti.

► **L'Oviraptor, ladro di uova: un'accusa infondata**

Nel 1923 il paleontologo americano R.C. Andrews e il suo *team* durante gli scavi nel deserto del Gobi, in Mongolia trovarono i resti di un *Oviraptor*, un piccolo dinosauro appartenente al gruppo dei Teropodi, che hanno dato origine agli uccelli. Il dinosauro era accovacciato sopra un nido di uova; poiché accanto c’erano anche i resti di un altro dinosauro, il *Protoceratops*, l’ipotesi dei paleontologi era che l’*Oviraptor* stesse cercando di rubare le uova dal nido del *Protoceratops*, guadagnandosi il nome di “ladro di uova”. Ma negli anni ‘90, nuovi scavi portarono alla luce fossili di *Oviraptor* più completi: lo studio del DNA permise di analizzare meglio sia le ossa che le uova ritrovate, attribuendo le uova all’*Oviraptor*, che non stava rubando uova, ma stava proteggendo e covando le proprie, con le stesse cure parentali che ritroviamo negli uccelli.



Seguendo un approccio scientifico meticoloso, simile a quello di Sherlock Holmes un geologo può risolvere misteri geologici, ma anche storici, biologici, climatici, chimici, ma tutte le geoscienze, come il lavoro di un detective, richiedono apertura mentale, capacità di rivedere le proprie convinzioni e l’abilità di trovare risposte attraverso l’osservazione e l’analisi rigorosa delle prove.





STOCCAGGIO DI IDROGENO NEL SOTTOSUOLO:

*una sfida per
le geoscienze
e loro ruolo*

a cura di **David Iacopini, Donato Giovannelli e Sabina Bigi**

L' idrogeno come vettore energetico allo stato gassoso e liquido rappresenta un interessante soluzione da utilizzare per promuovere la decarbonizzazione dei trasporti, del riscaldamento e la produzione di energia. Da circa 10 anni viene, inoltre, studiato in quanto potenziale soluzione in via di sviluppo di stoccaggio energetico in grado di stabilizzare le fluttuazioni della produzione da energie rinnovabili. In tali casi nel prossimo futuro si renderà necessario fornire energia nella gamma di GW h/TW h (da settimane a mesi), e dunque esplorare lo stoccaggio geologico in grado di garantire maggiori capacità di accumulo. In questo articolo si descrivono le proprietà e le ragioni per cui l'idrogeno viene considerato un potenziale vettore energetico si esplora lo stato dell'arte che riguarda la ricerca di rocce serbatoio e spazi nel sottosuolo in giacimenti di idrocarburi esauriti e/o acquiferi salini profondi o caverne saline, in grado garantire sicurezza a tali tecnologie. Infine, si discute il contesto italiano in tali ricerche.



David Iacopini

Dipartimento di Scienze della Terra e delle Risorse (DSTAR),
Università di Napoli Federico II.

Donato Giovannelli

Dipartimento di Biologia,
Università di Napoli Federico II.

Sabina Bigi

Dipartimento di Scienze della Terra,
Sapienza, Università di Roma.

Keywords

- Idrogeno
- Stoccaggio
- Sottosuolo
- Transizione energetica

INTRODUZIONE

L'idrogeno sta attirando l'attenzione globale come potenziale vettore energetico a basse emissioni di carbonio da utilizzare per promuovere la decarbonizzazione dei trasporti, del riscaldamento e la produzione di energia, nonché l'abbattimento della produzione di CO₂ delle industrie ad alta intensità energetica, come quelle chimiche e siderurgiche. L'Organizzazione delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Industriale ha definito l'idrogeno "un vero cambio di paradigma nell'ambito dello stoccaggio energetico più efficiente, specialmente per l'energia rinnovabile su scala industriale", e il rapporto dell'IPCC *Intergovernmental Panel on Climate Change* sull'obiettivo di 1,5 °C afferma che l'idrogeno può e deve svolgere un ruolo significativo come sostituto dei combustibili fossili. L'idrogeno si candida così a diventare la principale sorgente energetica in grado di contribuire alla riduzione delle emissioni, specialmente quelle dell'industria pesante. Questo sforzo è sempre più urgente, anche considerando che dopo l'impegno globale preso con l'Accordo di Parigi del 2015 per ridurre le emissioni di CO₂, il target di mantenere l'incremento delle temperature globali al di sotto di 1,5 gradi è sempre più incerto e il limite di azione viene progressivamente spostato in avanti nel tempo (2030 e 2050). Nonostante tale accordo sia stato firmato da 177 paesi, compresa l'Italia, e nonostante significativi miglioramenti nell'efficienza energetica e investimenti rilevanti nella produzione di energia a basse emissioni di carbonio, la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera continua a crescere. È quindi ampiamente riconosciuto che a questo stadio qualsiasi risposta efficace per evitare gli effetti del cambiamento climatico deve essere perseguita. Questo richiede soluzioni su larga scala tra cui, ma non solo, la produzione e lo stoccaggio di nuove energie a basse emissioni di carbonio. Da diversi decenni enormi sforzi sono stati fatti per sviluppare tecnologie di particolare interesse quali l'energia solare e eolica, entrambe ampiamente disponibili e di grande potenziale. Tuttavia, la natura intrinsecamente variabile e intermittente di queste

fonti di energia rinnovabile (ad es. fluttuazioni nella forza e direzione del vento e nelle ore di luce solare disponibili) implica che tali fonti rinnovabili siano indipendenti dalla domanda e, di conseguenza, richiedono uno stoccaggio intermedio, al fine di garantire una fornitura continua di energia rinnovabile.

Esistono diverse soluzioni in via di sviluppo di stoccaggio energetico in grado di stabilizzare le fluttuazioni della produzione da energie rinnovabili per soddisfare la domanda della popolazione umana in costante aumento. Inoltre, la gestione di energia da rinnovabili richiede un'attenzione nuova allo sviluppo di reti di informazioni e di reti di distribuzione dell'energia elettrica (chiamate *smart grid*) in grado di gestire e ottimizzare la distribuzione dell'energia elettrica, decentralizzando sempre di più le centrali di produzione, minimizzando i sovraccarichi e le variazioni della tensione elettrica.

In questo contesto (Fig. 1) l'idrogeno può svolgere un ruolo cruciale nel supportare i sistemi energetici rinnovabili come la generazione di energia solare, eolica e idroelettrica, dove l'approvvigionamento di energia rinnovabile è soggetto a fluttuazioni giornaliere fino a stagionali (ad es. cicli diurni, cambiamenti climatici, variazioni stagionali della forza del vento). In breve la ragion d'essere del profondo interesse verso l'idrogeno, prodotto tramite elettrolisi usando energia rinnovabile o attraverso processi di reforming di idrocarburi con impianti dotati di cattura e stoccaggio del carbonio, sta nella sua capacità di contribuire a decarbonizzare i trasporti, facilitare l'aumento della produzione di energia rinnovabile, fungendo da riserva energetica per bilanciare offerta e domanda in contesti di energie rinnovabili di natura intermittente, e dunque fornire uno stoccaggio energetico sostenibile. In questo articolo esploreremo le proprietà e le ragioni per cui l'idrogeno viene considerato un potenziale vettore energetico, i contesti geologici che vengono esplorati nel costruire spazi dedicati allo stoccaggio di idrogeno e infine il contesto italiano.

Idrogeno come fonte energetica integrata in sistemi di smart grid elettriche

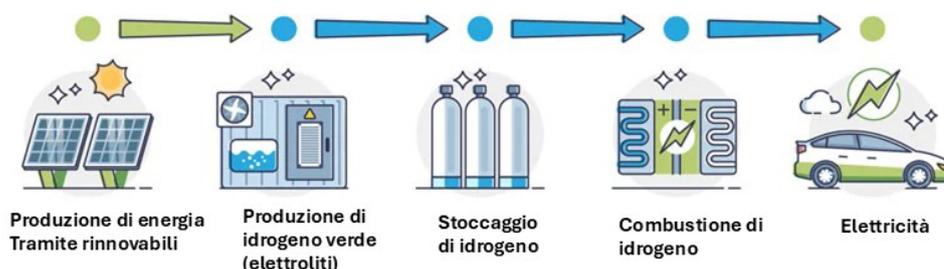


Fig. 1 - Uso e ruolo dell'idrogeno in sistemi di *smart energy grid*.

IDROGENO: PROPRIETÀ FISICO-CHIMICHE

L'idrogeno ha la più alta densità energetica gravimetrica di tutte le sostanze conosciute (120 kJ g^{-1}), ma anche la massa atomica più bassa di qualsiasi altra sostanza ($1,09784 \text{ u}$) e, pertanto, presenta una densità energetica volumetrica relativamente bassa (NIST, 2022; si veda **Tab. 1**). Questo significa che la densità energetica volumetrica non è particolarmente interessante, e perciò si sta valutando lo stoccaggio di idrogeno sotto forma di molecole chimiche liquide, come vettori organici liquidi di idrogeno o vettori di idrogeno direttamente utilizzabili come ammoniaca o metanolo (Abdin et al., 2021). Tuttavia, la liquefazione dell'idrogeno comporta costi aggiuntivi ed è improbabile che sia economicamente vantaggiosa alle capacità richieste per lo stoccaggio energetico inter-stagionale (Yin & Ju 2020). A titolo di confronto diretto, $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ di H_2 liquido (pari al volume di circa 4000 stadi di calcio con un'altezza di 10 m) hanno la stessa capacità di stoccaggio energetico dell'idrogeno stoccato nel giacimento di gas Leman nel Mare del Nord del Regno Unito.

PARAMETRI	IDROGENO
Peso molecolare (u)	1.09784
Massa molare (g mol ⁻¹)	2.01594
Densità (Normali temperatura e pressioni (293 k, 325 Pa))	0.08990
Viscosità (kg m ⁻³)	89.48
Infiammabilità in aria (vol%)	4-75
Limiti Esplosione in aria (vol%)	15-59
Temperatura di autocombustione (K)	793-1023

Tab. 1 - Principali parametri fisici dell'idrogeno.

Inoltre, l' H_2 liquido ha una continua evaporazione (0,4% al giorno per un volume di stoccaggio di 50 m^3) e quindi è inefficiente dal punto di vista energetico per lo stoccaggio a lungo termine. Inoltre, a causa delle sue piccole dimensioni, del basso peso molecolare, della bassa viscosità, della bassa densità e della sua galleggiabilità positiva sopra i -251°C , il gas idrogeno è altamente diffusivo ed ha una bassa

solubilità in acqua che tuttavia aumenta con l'incremento della pressione (si veda Chabab et al., 2020). La **Fig. 2** mostra la variazione di densità, viscosità, solubilità in acqua e densità energetica con la profondità di stoccaggio per un serbatoio ipotetico con temperatura e pressione che aumentano linearmente secondo un gradiente geotermico di 33°C km^{-1} e un gradiente idrostatico di 10 kPa m^{-1} .

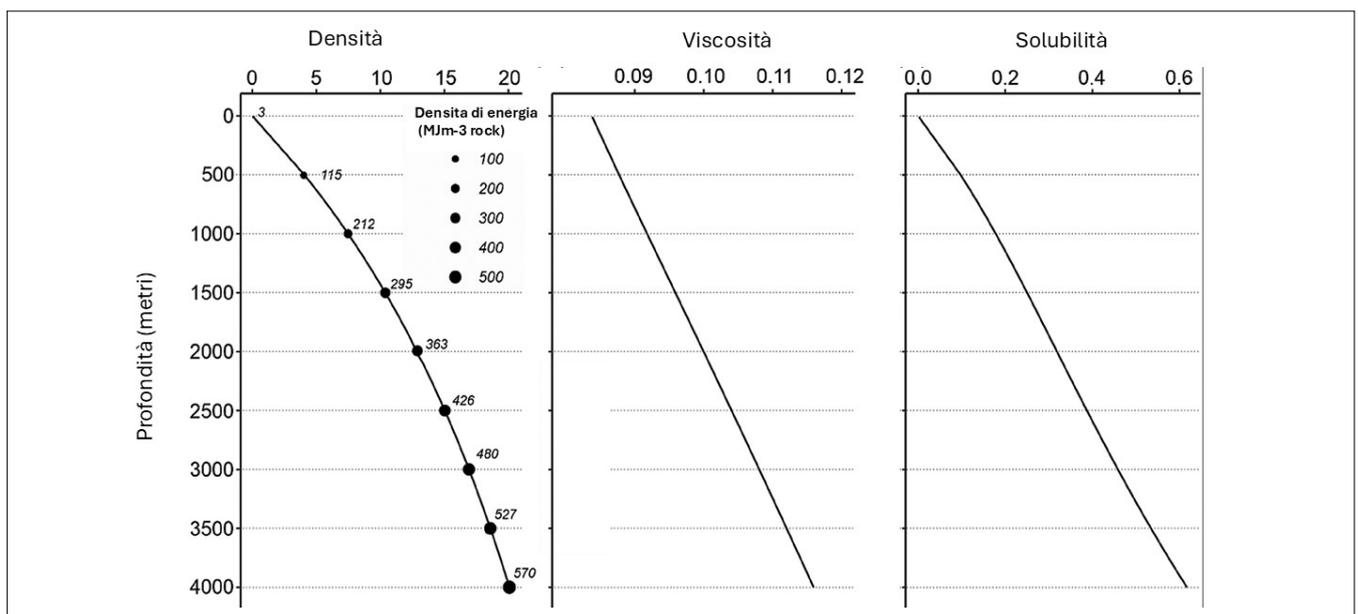


Fig. 2 - Proprietà fisiche dell'idrogeno a diverse profondità nel sottosuolo. Densità vs profondità; Viscosità vs profondità; Solubilità vs Profondità.

COME VIENE PRODOTTO L'IDROGENO E IL COSTO DELLE TECNOLOGIE

Sulla Terra, l'idrogeno si trova nell'acqua e in tutti i composti organici, ma è praticamente non presente allo stato libero e deve quindi essere prodotto con svariate tecnologie. L'idrogeno prodotto nel 2022 dall'industria mondiale è ammontato a circa 125 milioni di tonnellate (3800 TWh di contenuto energetico, rispetto ai 30,000 TWh di elettricità prodotti nel 2023). Dati IRENA (*International Renewable Energy Agency*, 2022; www.irena.org/Innovation-landscape-for-smart-electrification/Power-to-hydrogen/Status) indicano che l'idrogeno attualmente viene usato per il 39% nelle raffinerie, per il 27% nella fabbricazione di ammoniaca, per il 10% per produrre metanolo, per il 4% in siderurgia ed per il restante 10% in altri processi industriali.

L'idrogeno viene prodotto attraverso diversi metodi, ognuno con diverse efficienze, costi e emissioni di carbonio. I metodi più comunemente utilizzati includono la produzione di idrogeno dai combustibili fossili (chiamata *Grey Hydrogen*, circa il 96%), tramite *reforming* a vapore del metano (SMR), *reforming* autotermico (ATR), ossidazione parziale, gassificazione del carbone o pirolisi, sia con (*blue Hydrogen*) che senza cattura e stoccaggio del carbonio (CCS), e tramite elettrolisi dell'acqua (poco più del 4% del totale, chiamata *green hydrogen*). Sono in fase di sviluppo diverse nuove tecnologie per la produzione di idrogeno a basse emissioni di carbonio, tra cui: l'uso di microbi che sfruttano l'energia luminosa per produrre idrogeno dall'acqua come parte dei loro processi metabolici (Akhlaghi & Najafpour-Darzi, 2020); la fermentazione della biomassa per produrre idrogeno (Łukajtis et al., 2018); la pirolisi o gassificazione della biomassa (Cao et al., 2020); la scissione fotoelettrochimica dell'acqua (Shiva Kumar & Himabindu 2019); la scissione termica dell'acqua alimentata dall'energia solare (Safari & Dincer 2020); l'elettrolisi alimentata dall'energia nucleare; e la pirolisi del metano per produrre idrogeno e carbonio solido.

La produzione di idrogeno dai combustibili fossili comporta inoltre emissioni di carbonio relativamente elevate, anche quando le emissioni sono catturate (1,09–10,35 kg CO₂e/kg H₂, Parkinson et al., 2019). L'idrogeno prodotto da fonti solari e eoliche ha generalmente un'impronta di carbonio bassa (0,52–2,5 kg CO₂e/kg H₂, Parkinson et al., 2019), mentre emissioni negative possono essere ottenute utilizzando la biomassa per produrre idrogeno quando le emissioni sono catturate (–11,66 a –17,50 kg CO₂e/kg H₂, Parkinson et al., 2019).

Un secondo aspetto fondamentale nella generazione di idrogeno riguarda i costi. La stragrande maggioranza dell'idrogeno prodotto oggi (96%) proviene dal SMR senza CCS (IEA, 2021), con un costo di circa 1,8 \$/kg (supponendo i prezzi del gas naturale del 2020), con alcuni progetti di idrogeno blu come in Canada che hanno un costo di 2–3 \$/kg includendo la CCS. Solo il 4% dell'idrogeno proviene da idrogeno verde, con costi che variano tra 3 e 6,66 \$/kg (Commissione Europea, 2020; *Hydrogen Council*, 2020).

Per confronto, nel 2021 i prezzi del gas naturale all'*Henry Hub* (Louisiana, USA) oscillavano tra 0,12 e 0,3 \$/kg, che si traducono in 0,26–0,65 \$ per 120 MJ, il contenuto energetico di 1 kg di idrogeno. Questo rappresenta il motivo per cui in grandi investitori ma anche colossi di produzione energetica per ora si limitano a supportare ricerca scientifica ma senza nessun vero e proprio piano di investimenti nella produzione di idrogeno. In questi contesti molti scenari energetici futuri climaticamente neutrali, come la *Hydrogen Roadmap Europe* (FCH, 2019), si concentrano sull'idrogeno generato da energia eolica e solare ("verde") e dal *reforming* del metano con CCS ("blu"). Le tendenze dei costi indicano che il costo della produzione di idrogeno verde diventerà più economico dell'idrogeno generato da gas naturale nei prossimi dieci anni, poiché i costi di energia eolica, solare, idroelettrica e di altre fonti energetiche non fossili e degli elettrolizzatori diminuiranno con l'aumento della loro diffusione, e che i costi dell'idrogeno verde potrebbero scendere al di sotto di quelli dell'idrogeno blu in alcune località entro il 2030 (Bloomberg NEF, 2021; *Energy Transitions Commission*, 2021). L'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) prevede che solo con l'aumento della diffusione e dei progressi tecnologici, i costi dell'idrogeno verde dovrebbero scendere a 1,3 \$/kg entro il 2030. Se i prezzi del gas naturale dovessero aumentare, l'idrogeno verde diventerebbe competitivo molto prima. Tutti scenari plausibili, ma la volatilità dei prezzi nel settore energetico rende difficile una previsione a breve e medio termine.

PERCHÉ STOCCARE L'IDROGENO?

Perciò viste le attuali esigue produzioni di idrogeno (equivalente di poco più di 3800 Twh), in gran parte prodotte per raffinerie e fertilizzanti, perché tutto questo interesse nel cercare grandi volumi di stoccaggio? Il fatto è che, se come descritto nei precedenti paragrafi, si comincia ad investire nel H₂ in quanto componente necessaria per bilanciare gli squilibri tra offerta e domanda di energia e come soluzione per ovviare alla natura intermittente della generazione di energia da rinnovabili (DOE, 2020; Goodman et al., 2022; Heinemann et al., 2021; Muhammed et al., 2022; Shuster et al., 2021; Tarkowski, 2019; Zivar et al., 2021), saranno necessari strutture di stoccaggio di idrogeno gestite e monitorate allo stesso modo in cui attualmente opera lo stoccaggio stagionale del gas naturale. In questo caso si parlerà di energia equivalenti a GWh e TWh equivalenti (**Fig. 3**), quindi saranno necessari volumi molto più grandi. Attualmente le strutture di stoccaggio dell'idrogeno in superficie, come gasdotti o serbatoi, hanno una capacità limitata (MWh; da ore a giorni) sufficiente per gestire l'attuale mercato di idrogeno. Al contrario, per fornire energia nella gamma di GW h/TW h (da settimane a mesi), sarà necessario lo stoccaggio geologico di idrogeno in caverne saline, giacimenti di idrocarburi esauriti e/o

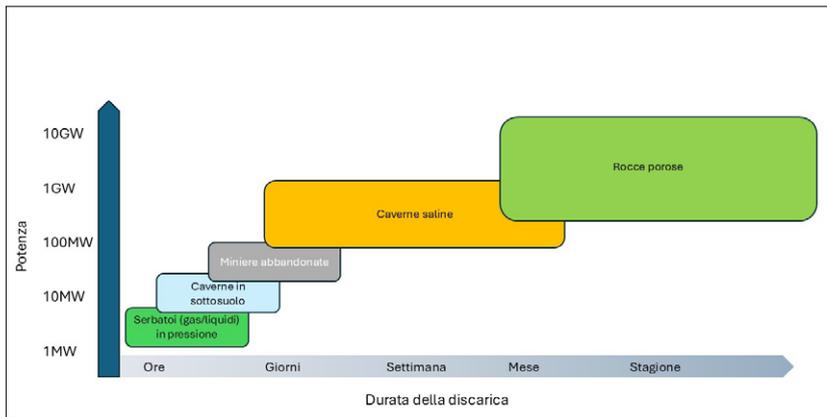


Fig. 3 - Potenza stoccabile al variare delle tipologie di serbatoi.

acquiferi salini profondi (**Fig. 3**) che garantiscono maggiori capacità di stoccaggio. Lo stoccaggio sotterraneo presenta però criticità specifiche che devono essere affrontate per far sì che questa tecnologia arrivi a maturazione nel prossimo decennio contribuendo alla decarbonizzazione. Gli effetti delle sollecitazioni meccaniche dovute ai cicli di iniezione e produzione, l'integrità del *cap rock* e delle strutture che permettono di intrappolare l'idrogeno, e l'interazione dell'idrogeno con i minerali e le comunità microbiche presenti nel sottosuolo sono solo alcuni delle sfide allo stoccaggio di idrogeno nel sottosuolo.

CONTESTI DI STOCCAGGIO NEL SOTTOSUOLO

Tuttavia, nonostante l'ampia esperienza nello stoccaggio di gas naturale e in altre attività di stoccaggio geologico, le esperienze riguardanti lo stoccaggio di idrogeno, in particolare di idrogeno ad alta purezza (>90%), sono piuttosto limitate. Le opzioni attualmente sperimentate ed in fase di modellazione sono: stoccaggio in caverne saline, in serbatoi di acquiferi profondi e serbatoi depletati di metano (**Fig. 4**).

1. Stoccaggio in caverne saline

Lo stoccaggio sotterraneo in caverne saline (**Fig. 5**) rappresenta una delle tecnologie di stoccaggio geologico più promettenti per lo stoccaggio di idrogeno, grazie alla sua maturità tecnologica (c'è un enorme *know out* derivante dalle aziende che si occupano di *dissolution mining* sino ad ora finalizzate a stoccaggio di aria compressa o scorie nucleari), alla flessibilità di cicli rapidi (iniezione / produzione) garantiti dal sale e alla capacità di stoccaggio di grandi volumi (GWh equivalenti, *Energy Technologies Institute*, 2015). Le caverne saline sono cavità create attraverso la dissoluzione di formazioni salifere (prevalentemente di alite) utilizzando acqua dolce per sciogliere la roccia salina (Li et al., 2019). Le proprietà del sale circostante includono una bassa permeabilità e un'elevata plasticità, un comportamento chimico inerte rispetto all'idrogeno e proprietà meccaniche favorevoli che permettono di gestire cicli ripetuti di estrazione e riempimento (Evans et al., 2021), garantendo lo stoccaggio sicuro di fluidi per lunghi periodi di tempo (Lux, 2009). Le caverne saline sono già

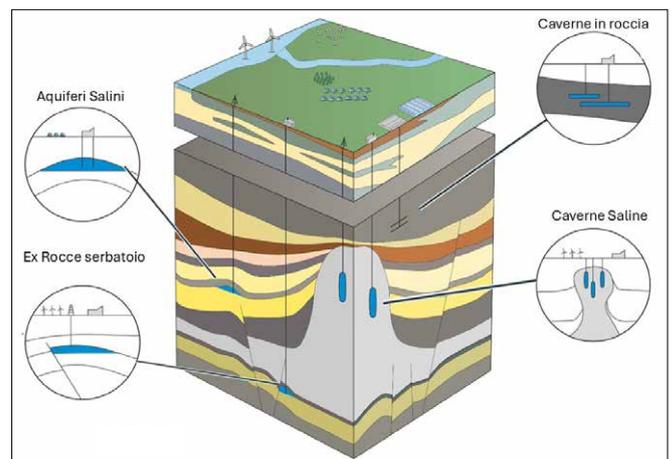


Fig. 4 - Tipologie di rocce serbatoio nel sottosuolo esplorate nell'ambito dello stoccaggio di idrogeno.

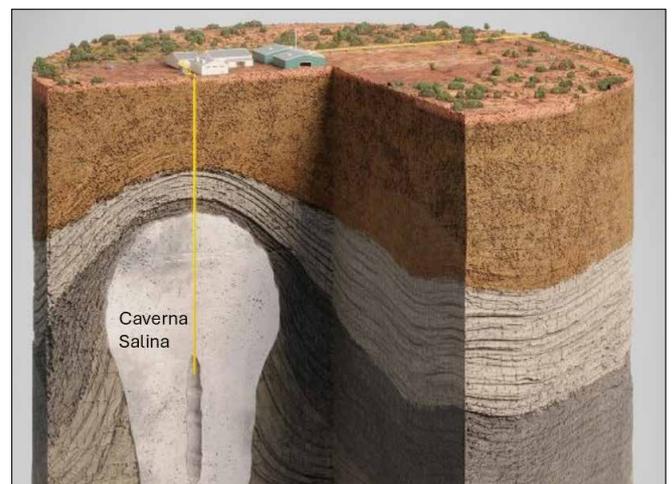


Fig. 5 - Caverna di sale in ambiente di sottosuolo.

ampiamente utilizzate per lo stoccaggio di fluidi energetici, come petrolio, gas naturale o aria compressa (Crotonino et al., 2001; Le Fevre, 2013; Zhang et al., 2017). Lo stoccaggio di idrogeno in caverne saline ha visto un crescente interesse nell'ultimo decennio, con nuovi progetti in fase di sviluppo nel Regno Unito (SSE Thermal ed Equinor, Aldbrough), negli Stati Uniti (ACES, Utah), in Germania (HYPOS, Bad Lauchstadt), nei Paesi Bassi (Gasunie, Veendam) e in Francia (HyGeo, Nouvelle-Aquitaine e HyPSTER/Stopil_H2, Etrez) (Le Duigou et al., 2017). Questi progetti stanno considerando

sia nuove caverne sia, in particolare, il riutilizzo di caverne esistenti, indicando che le caverne saline offrono una capacità di stoccaggio rapida attraverso la conversione di infrastrutture già esistenti allo stoccaggio di idrogeno. Da un punto di vista commerciale, invece, l'esperienza pratica nello stoccaggio di idrogeno in caverne saline è limitata solo a cinque siti, uno nel Regno Unito, tre negli Stati Uniti, che forniscono idrogeno all'industria chimica sin dagli anni '70, e uno a Kiel, in Germania, che ha immagazzinato gas di città con il 62% di idrogeno negli anni '60 e '70 (Crotogino, 2016; Panfilov, 2016). L'esperienza di queste operazioni sia in formazioni saline stratificate che domali dimostra che l'idrogeno può essere immagazzinato e recuperato in modo sicuro dalle caverne saline per decenni (Tarkowski, 2019). Numerosi studi hanno analizzato il potenziale delle caverne saline per lo stoccaggio di idrogeno in diverse aree del mondo nell'ultimo decennio (ad es. Ozarslan, 2012; Bai et al., 2014; Iordache et al., 2014; Michalski et al., 2017; Tarkowski & Czapowski, 2018; Caglayan et al., 2020; Lemieux et al., 2020; Liu et al., 2020). Questo dimostra che questa tecnologia di stoccaggio consolidata sarà ben adatta a fornire un'opzione di stoccaggio su larga scala per l'idrogeno. Dal punto di vista del rischio microbiologico, le caverne di sale costituiscono una delle tipologie di stoccaggio più sicure, visto che la diversità di organismi che riesce a crescere ad alte concentrazioni di sale (prossime a saturazione) è molto limitata, e la struttura dei *reservoir* fornisce una superficie di crescita per i microrganismi limitata se paragonati a rocce porose.

2. Stoccaggio in rocce porose (acquiferi salini e giacimenti di gas)

Come già noto dalla lunga esperienza di stoccaggio di metano e produzione di idrocarburi, la combinazione di rocce serbatoio porose (conosciute in letterature come *Underground Hydrogen Storage in Porous media*, UHSP), coperte da argille impermeabili o evaporiti che si comportano da tappo sigillante e impermeabile, crea le condizioni adatte a intrappolare e contenere gas come metano, gas naturale e CO₂, insieme alla salamoia di formazione. Queste formazioni, che hanno dimostrato di trattenere gas in sicurezza per millenni, potrebbero essere candidate ideali per fornire stoccaggio interstagionale su scala TWh per l'idrogeno (Fig. 3), e includono sia acquiferi salini che giacimenti depletati ed ora impoveriti di gas (Fig. 4). Tuttavia, rispetto alle caverne saline la conoscenza che riguarda l'interazione chimico fisica fra l'idrogeno in fase gassosa e i mezzi porosi (dominati da sabbie) è molto limitata e meno esplorata dal punto di vista sperimentale e modellistico. Le ragioni principali sono legate a 5 principali aspetti:

- l'idrogeno ha proprietà fisiche e chimiche molto diverse rispetto ad altri fluidi immagazzinati geologicamente, come CH₄, aria o CO₂. Perciò necessita di analisi sperimentali e modelli previsionali.
- l'idrogeno potrebbe reagire con i minerali e i fluidi del sottosuolo, influenzando potenzialmente le proprietà di porosità e permeabilità del serbatoio così come le operazioni di stoccaggio. Esistono dati sperimentali alla scala microscopica e di modellistica in condizioni di *reservoir*

($T = 40\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 10\text{--}20\text{ MPa}$) che descrivono potenziali scenari favorevoli, ma manca ancora una robusta mole di dati e test in condizioni reali in contesti di sottosuolo.

- L'entità e i tassi di reazione cinematiche chimiche in condizioni P, T sotterranee (300m sino a 2km) dei processi geochimici sono ancora associati a incertezze. Questo è evidenziato dal fatto che non esiste ancora un consenso sulla rilevanza o irrilevanza delle reazioni geochimiche nelle operazioni di stoccaggio. Comprendere sia l'entità potenziale che la velocità delle reazioni è quindi fondamentale, ed è necessario progettare ed eseguire esperimenti che determinino i tassi di reazione in condizioni tipiche dello stoccaggio sotterraneo dell'idrogeno.
- Esperimenti di crescita microbica in condizioni analoghe di *reservoir* di sottosuolo ($T < 122\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 10\text{--}20\text{ MPa}$) suggeriscono che il potenziale effetto di microrganismi (sia Batteri che Archea, i due principali gruppi di microrganismi presenti nel sottosuolo fino a diversi km di profondità) in grado di consumare idrogeno o modificare reazioni di interazione fra roccia e fluidi nel sottosuolo sia estremamente variabile. Poco ancora si conosce circa l'effetto che variazioni di pH, T, P hanno sull'attività microbica in *reservoir* porosi depletati.
- Similmente a quanto già studiato in contesti di stoccaggio di gas metano, il campo di stress nei siti di stoccaggio di idrogeno cambierà durante i cicli ripetuti di iniezione e riproduzione, il che potrebbe modificare proprietà di permeabilità indotta da fratture e dunque compromettere la capacità di contenimento.

Pertanto, nel contesto di questi complessi processi, i siti UHSP (*Underground Hydrogen Storage in Porous media*), potenzialmente adatti, richiedono una caratterizzazione meccanica, bio-geochimico - fisico dettagliata per garantire un'iniezione e una riproduzione in condizioni di sicurezza ed economicamente vantaggiosa dell'idrogeno. Le incertezze legate a potenziali meccanismi di *pore clogging* (modifica delle proprietà di porosità e permeabilità della roccia) sia abiotica che mediata dai microrganismi, così come altri rischi come la sismicità indotta o potenziale perdita di idrogeno a causa dell'attività microbica, devono essere investigate e quantificate, e questi aspetti richiedono nuovi programmi di ricerca, ma anche di monitoraggio in situ che richiede il disegno di studi pilota in aree selezionate e rappresentative dei *reservoir* (Fig. 5).

Questa prospettiva delinea le sfide scientifiche dello stoccaggio di idrogeno in acquiferi salini profondi e giacimenti di idrocarburi esauriti, al fine di stimolare una discussione all'interno della comunità di ricerca energetica multidisciplinare. Oltre alle sfide tecniche e socioeconomiche, le questioni scientifiche fondamentali delineate di seguito devono essere affrontate per fornire una base solida per valutare accuratamente le opportunità e le sfide associate all'UHSP. Solo allora l'industria, i regolatori e il pubblico potranno implementare politiche per lo stoccaggio su larga scala dell'idrogeno in mezzi porosi e determinare come questa tecnologia possa contribuire alla transizione energetica.

Al livello europeo sono attivi diversi consorzi scientifici

(Hyuspre, www.hyuspre.eu; Hystorpor, <https://blogs.ed.ac.uk/hystorpor>; SHINE, www.shine-edn.eu; Hydra a recentòuy approved EU project), che esplorano i rapporti chimico-fisici fra idrogeno e mezzi porosi, ma che guardano anche allo sviluppo di tecnologie di iniezione, monitoraggio ed ai rapporti esistenti fra microbi e ambiente roccia in contesti di *reservoir*.

Esperienze significative nello stoccaggio di idrogeno in acquiferi salini sono state acquisite durante lo stoccaggio di gas di città in Francia (Beynes), nella Repubblica Ceca (Lobodice) e in Germania (Engelborstel, Bad Lauchstaedt). In quest'ultimo contesto il gas di città (*town gas*) viene prodotto dalla gassificazione del carbone, dove ossigeno e vapore ossidano il carbone per produrre una miscela gassosa con circa il 50-60% di idrogeno, il 30% di CH₄ e il 20% di CO₂ e CO.

Gli unici due studi pilota che hanno iniettato e recuperato idrogeno in un *reservoir* costituito da rocce porose sono due siti sperimentali per lo stoccaggio di metano verde in Austria (*Sun Conversion*) e Argentina (RAG, 2019). In entrambi i siti viene prodotto metano verde, costituito da una miscela di gas naturale e Idrogeno, attraverso l'iniezione combinata di CO₂ e H₂ in serbatoi di arenarie ospitanti batteri metanogeni. L'esperimento *Sun* prevede l'iniezione di idrogeno verde in purezza e CO₂ a convertirsi in metano attraverso processi biologici ad opera delle comunità microbiche del sottosuolo.

CONTESTO ITALIANO: A CHE PUNTO SIAMO

In Italia, rispetto ai paesi limitrofi quali Francia, Austria, Germania, ma anche Olanda, Danimarca, UK non ci sono in corso progetti o studi pilota in cui viene stoccato idrogeno. Esistono però diversi progetti finanziati dalla comunità europea (*Hystories*, *SHINE*, *Hydra*) e da aziende del settore energetico italiano o dal ministero (PNRR PON o PRIN) in cui si esplorano potenziali aree di stoccaggio, e si studiano le interazioni fra l'idrogeno e i diversi tipi di rocce serbatoio sia da un punto di vista geochimico che biochimico.

Nonostante l'Italia sia un paese con una lunga tradizione di stoccaggio di metano in *reservoir* porosi (Lombardia, Emilia Romagna, Molise, Abruzzo, Basilicata) solo da poco si sta affacciando al mondo dello stoccaggio di CO₂ e si sta ponendo questioni che riguardano lo stoccaggio di Idrogeno. Attraverso diversi progetti di ricerca, la comunità scientifica sta definendo meglio i potenziali rischi ma mettendo a punto procedure di analisi e di valutazione dei siti e delle rocce coinvolte con lo scopo di fornire gli strumenti per sostenere una corretta selezione di potenziali aree di stoccaggio di idrogeno e di conseguenza un corretto e vantaggioso sviluppo del territorio. Le valutazioni comprendono i diversi contesti geologici per potenziali *reservoir*, che includono sia le caverne di sale che le potenziali aree di *reservoir* depletati da idrocarburi e gli acquiferi profondi. Diversi studi preliminari hanno proposto *workflow* per la classificazione e selezione di queste aree di stoccaggio.

Una prima descrizione è stata proposta da OGS, che, come *partner* italiano del progetto *Hystories*, ha esaminato i dati

ALTRE OPZIONI DI STOCCAGGIO SOTTERRANEO

Due ulteriori opzioni geologiche sono attualmente prese in considerazione: le caverne di roccia ingegnerizzate e i pozzi minerari abbandonati. Tali contesti sono stati proposte come opzioni per lo stoccaggio dell'idrogeno. Le caverne di roccia ingegnerizzate prevedono lo scavo di cavità in formazioni di roccia dura, estremamente compatta e stabile (Crotogino, 2016). Matos et al. (2019) forniscono maggiori dettagli sulle caratteristiche delle litologie più adatte a ospitare caverne ingegnerizzate.

In determinate circostanze, i pozzi minerari abbandonati potrebbero essere riutilizzati per lo stoccaggio di fluidi energetici, includendo barriere ingegnerizzate, come cemento o resina, ai confini rocciosi. Queste due opzioni hanno suscitato molto meno interesse rispetto alle caverne saline o alle formazioni salmastre, principalmente a causa delle sfide tecniche associate e dei requisiti di idoneità delle rocce ospitanti per accogliere la struttura di stoccaggio; tuttavia, il progetto svedese HyBRIT sta sviluppando una caverna di roccia dura di 100 m³ per lo stoccaggio di idrogeno, da utilizzare nella decarbonizzazione della produzione di acciaio.

sui giacimenti di idrocarburi esauriti partendo dal lavoro già svolto per lo stoccaggio di CO₂ e disponibile nel *database* di CO₂StoP, nonché dalle informazioni sui giacimenti di idrocarburi esauriti disponibili sul sito web del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (<https://unmig.mite.gov.it>). Sulla base di tali dati e delle conoscenze pregresse disponibili in letteratura hanno proposto delle aree a potenziale utilizzo per stoccaggio di H₂ (Fig. 6). Le mappe presentate in questo studio mostrano la presenza di sistemi serbatoio-roccia di copertura a profondità inferiori a 800 m, potenzialmente adatti allo stoccaggio di idrogeno, e fornisce una panoramica, anche se parziale, del potenziale delle formazioni acquifere (Fig. 6) per lo stoccaggio sotterraneo di idrogeno (UHS) (Fig. 6). Più recentemente ENI, in collaborazione con la Sapienza Università di Roma (Ridolfi et al., 2024), ha costruito una metodologia e *workflow* statistico per la selezione obiettiva e trasparente dei giacimenti di idrocarburi per lo stoccaggio sotterraneo di idrogeno (UHS). Il *workflow* è basato su di una procedura che utilizza il Processo Gerarchico Analitico (*Analytic Hierarchy Process*) e la tecnica *Delphi* per raccogliere opinioni di esperti e ponderare 27 parametri di selezione in termini di: salute, sicurezza e ambiente; prestazioni geotecniche; e prestazioni economiche. Il *workflow* proposto è statisticamente più sofisticato di quello eseguito dai precedenti gruppi e verrà applicato sistematicamente per l'analisi di *reservoir* del *database* di ENI per diverse aree nel mondo. Va tuttavia segnalato che il *workflow* non valuta alcun parametro legato al rischio microbiologico, anche per

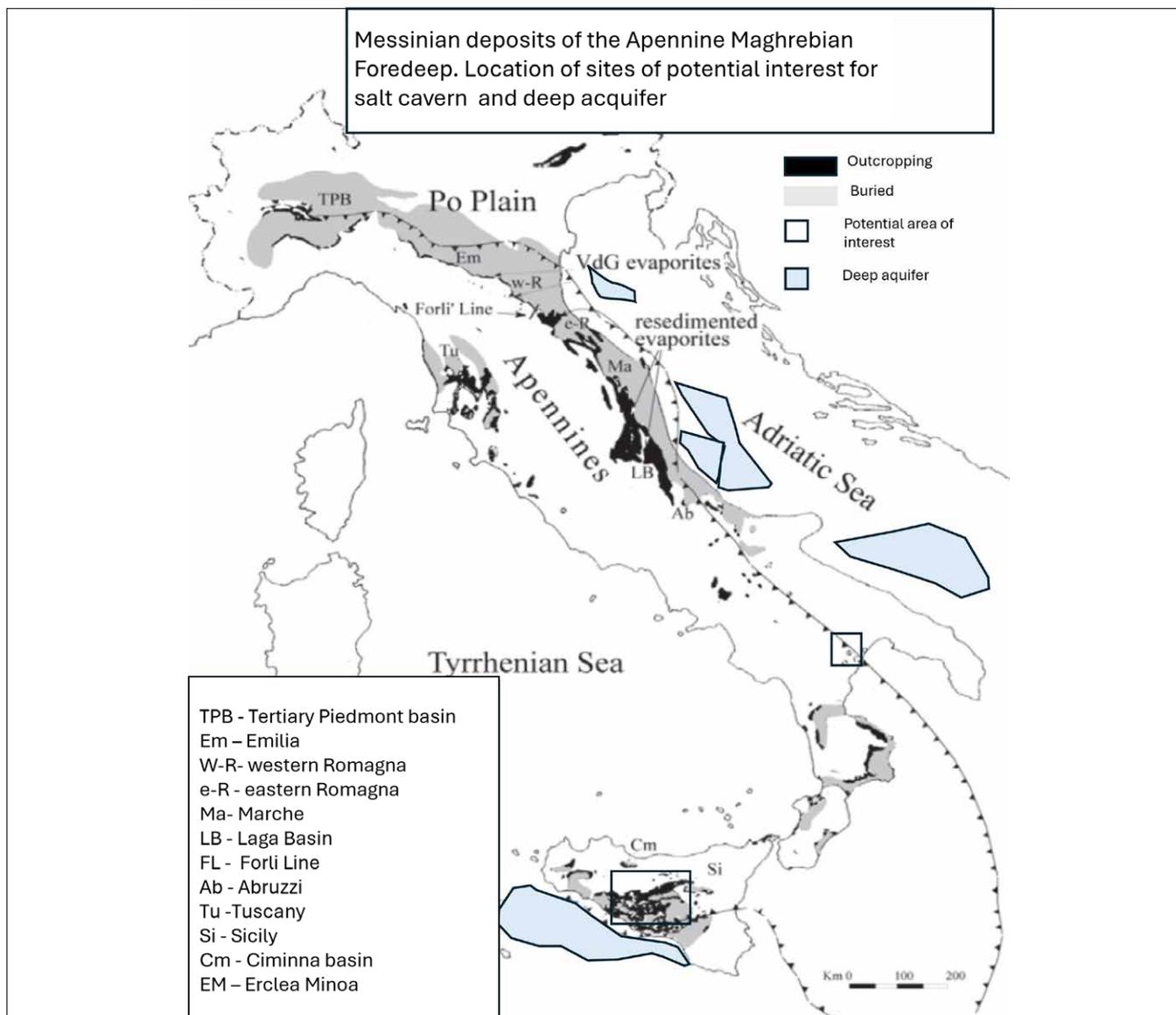


Fig. 6 - Depositi messiniani dell'Avanfossa Appenninico-Maghrebina. Localizzazione di siti di potenziale interesse per caverne saline e acquiferi profondi. Modificata da Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Catalogo delle Formazioni (Gessoso-Solfifera) (a cura di Roveri & Manzi). Localizzazione degli acquiferi profondi da Barison et al., 2023.

via della mancanza di dati sistematici da poter utilizzare, lasciando aperta la possibilità che i siti selezionati possano essere impattati dall'attività microbica.

Sempre in quella direzione il progetto SHINE (un *network* di dottorandi legati a Delft, Edinburgo, CSCI, Napoli Federico II, Grenoble, e aziende come SHELL, ENI, Seismik, Schlumberger ed EBN) cui partecipa l'Università di Napoli Federico II si occuperà di esplorare le interazioni tra fluidi, rocce e microbi, ma anche la relativa caratterizzazione e l'integrità del serbatoio/roccia di copertura, con *focus* sulla sicurezza e il monitoraggio dello stoccaggio poroso sotterraneo. All'interno di tale progetto si continuerà a sviluppare la caratterizzazione dei *reservoir* nel sottosuolo, tenendo conto dei dati sperimentali che riguardano l'interazione dell'idrogeno, il sistema serbatoio/roccia di copertura/microbi.

MESSINIANO: OPPORTUNITÀ PER STIME DI POTENZIALI CAVERNE DI SALE

Un'altra potenziale risorsa del sottosuolo per lo sviluppo di aree di stoccaggio sul territorio italiano è rappresentata dalla presenza di unità di alite nell'ambito dei depositi messiniani. I depositi messiniani, conosciuti con il termine di Formazione Gessoso-Solfifera, indicano il complesso di depositi corrispondenti al piano Messiniano, rappresentativo dell'insieme di eventi paleo-oceanografici definito come crisi di salinità del Messiniano. Nell'area del Mediterraneo una descrizione molto sommaria dei depositi messiniani caratterizzati da transizione da condizioni marine normali

a condizioni ipersaline vede una successione di marne e diatomiti (Formazione del Tripoli), carbonati transizionali (Calcare di base) e evaporiti (Formazione Gessoso Solifera). Le unità evaporitiche quando sono caratterizzate da spessori ettometrici di alite diventano potenziali aree di stoccaggio. Le tecniche moderne per la creazione di caverne guardano a metodologie quali *dissolution mining* (estrazione per dissoluzione) in cui si creano camere artificiali di forma cilindrica, create (perforate) tramite l'iniezione controllata di acqua dolce all'interno di cupole saline o depositi di alite stratificati. In questo modo una caverna salina può raggiungere profondità fino a 2000 m, con un volume di 1.000.000 m³, un'altezza di 200-500 m e un diametro di 50-100 m, e una finestra di pressione che varia dal 30 all'80% della pressione litostatica, consentendo così lo stoccaggio di

grandi quantità di idrogeno (Michalski et al., 2017). Quindi le caverne vengono progettate in contesti in cui le unità di alite hanno spessori elevati (diverse centinaia di metri) in condizioni di sottosuolo, entro i 2 km e in aree poco interessate da attività sismica. Al momento esistono diversi progetti di ricerca sulla valutazione della fattibilità di questi siti (**Fig. 6**) nell'ambito di progetti MIUR, PNRR, con il supporto di dati da parte di varie aziende presenti sul territorio italiano. Tuttavia, al fine di poter disegnare e attuare progetti pilota di stoccaggio di idrogeno, economicamente sostenibili, il passo successivo dovrà includere l'inserimento di tali progetti in un contesto più ampio di sistemi di *Smart grid*, in cui lo stoccaggio di idrogeno faccia parte di una piattaforma energetica che comprenda produzione di energia da rinnovabili, uso del metano e stoccaggio della CO₂.

CONCLUSIONI

L'idrogeno come vettore energetico allo stato gassoso e liquido rappresenta una potenziale risorsa da esplorare per promuovere la decarbonizzazione dei trasporti, del riscaldamento e la produzione di energia. Tuttavia, le stesse proprietà che lo rendono appetibile (densità di energia, stato gassoso) lo rendono anche molto costoso dal punto di vista economico. La produzione di idrogeno da idrocarburi (*grey*), così come da celle elettrolitiche (*green*) comportano costi ancora inaccessibili per la maggioranza delle aziende; perciò, la tecnologia richiede ancora maggiori investimenti. Tuttavia, viste le potenzialità in quanto tampone energetico nelle future smart grid a supporto di centrali ad energia solare ed eolica, si pone il problema di esplorare le proprietà meccaniche e

chimico fisiche in contesti di stoccaggio geologico in grado di garantire maggiori capacità di stoccaggio (GW to TW). Negli ultimi anni diversi progetti di ricerca europei ed a supporto industriale hanno permesso di definire e riconoscere caratteristiche meccaniche, chimico fisiche e microbiologiche di potenziali rocce serbatoio e spazi nel sottosuolo, sia in giacimenti di idrocarburi esauriti e/o acquiferi salini profondi che caverne saline, ed hanno permesso di capire meglio l'interazione fra idrogeno e mezzi rocciosi e porosi. Al fine di raffinare e calibrare i vari modelli di interazione fra idrogeno e mezzi porosi, saranno necessari progetti pilota in cui possono essere coinvolti istituti di ricerca, centri di monitoraggio di sottosuolo e laboratori industriali.

BIBLIOGRAFIA

- Abdin Z., Tang C., Liu Y. & Catchpole K. (2021). *Large-scale stationary hydrogen storage via liquid organic hydrogen carriers*. iScience, 24, 102966. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102966>
- Akhlaghi N. & Najafpour-Darzi G. (2020). *A comprehensive review on biological hydrogen production*. International Journal of Hydrogen Energy, 45, 22492-22512. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.06.182>
- Bai M., Song K., Sun Y., He M., Li Y. & Sun J. (2014). *An overview of hydrogen underground storage technology and prospects in China*. Journal of Petroleum Science and Engineering, 124, 132-136. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2014.09.037>
- Barison E., Donda F., Merson B., Le Gallo Y. & Réveillère A. (2023). *An Insight into Underground Hydrogen Storage in Italy*. Sustainability, 15, 6886.
- Chabab S., Thévenau P., Coquelet C., Corvisier J. & Paricaud P. (2020). *Measurements and predictive models of high-pressure H₂ solubility in brine (H₂O + NaCl) for underground hydrogen storage application*. International Journal of Hydrogen Energy, 45, 32206-32220. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.08.192>
- Crotogino F. (2016). *Chapter 20 – larger scale hydrogen storage*. In: Letcher, T.M. (ed.) Storing Energy. Elsevier, Oxford, 411-429. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803440-8.00020-8>
- Heinemann N., Alcalde J., Miodic J. M., Hangx S. J., Kallmeyer J., Osterag-Henning C., Hassanpouryouzband A., Thaysen E.M., Strobel G.J., Schmidt-Hattenberger C., Edlmann K., Wilkinson M., Bentham M., Stuart Haszeldine R., Carbonell R. & Rudloff A. (2021). *Enabling large-scale hydrogen storage in porous media—the scientific challenges*. Energy & Environmental Science, 14(2), 853-864.
- Lemieux A., Shkarupin A. & Sharp K. (2020). *Geologic feasibility of underground hydrogen storage in Canada*. International Journal of Hydrogen Energy, 45, 32243-32259. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.08.244>
- Li J., Tang Y., Shi X., Xu W. & Yang C. (2019). *Modeling the construction of energy storage salt caverns in bedded salt*. Applied Energy, 255, 113866. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113866>
- Liu W., Zhang Z., Chen J., Jiang D., Wu F., Fan J. & Li Y. (2020). *Feasibility evaluation of large-scale underground hydrogen storage in bedded salt rocks of China: a case study in Jiangsu province*. Energy, 198, 117348. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117348>
- Łukajtiš R., Holowacz I., Kucharska K., Glinka M., Rybaczek P., Przyjazny A. & Kamiński M. (2018). *Hydrogen production from biomass using dark fermentation*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 665-694. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.043>
- Michalski J., Bünger U. et al. (2017). *Hydrogen generation by electrolysis and storage in salt caverns: potentials, economics and systems aspects with regard to the German energy transition*. International Journal of Hydrogen Energy, 42, 13427-13443. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.102>
- Ozarslan A. (2012). *Large-scale hydrogen energy storage in salt caverns*. International Journal of Hydrogen Energy, 37, 14265-14277. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.07.111>. HYFUSEN
- Ridolfi R.M., Azzaro S., Beaubien S.E., Da Pra A., Pontiggia M. & Bigi S. (2024). *Development of a site-screening method for hydrogen storage purposes and its application to an industrial dataset of Italian hydrocarbon reservoirs*. International Journal of Hydrogen Energy, 85, 841-853.
- Tarkowski R. (2019). *Underground hydrogen storage: characteristics and prospects*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 105, 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.051>
- Tarkowski R. & Czapowski G. (2018). *Salt domes in Poland – potential sites for hydrogen storage in caverns*. International Journal of Hydrogen Energy, 43, 21414-21427. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.09.212>



MASSENZA
DRILLING RIGS

+100 YEARS
SINCE 1921
MADE IN ITALY

Impianti di perforazione
dal 1921

Mi8 su cingoli per:

Ricerche idriche
Indagini geotecniche ed ambientali
Ricerche minerarie
Applicazioni geotermiche

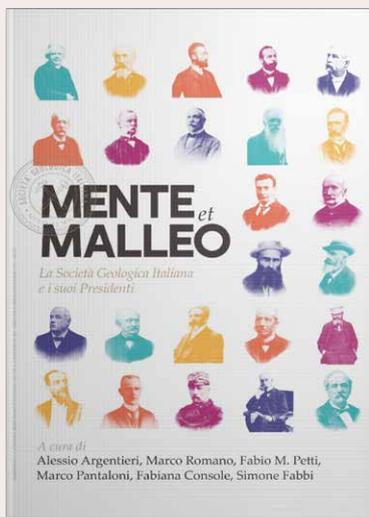
- ⇒ Serbatoio olio Motorex Bio Eco Synth 46 capacità 300 litri
- ⇒ Portata antenna: 15 tonnellate
Tiro reale alla testa: 12 tonnellate
- ⇒ Max. 45° inclinazione dell'antenna rispetto alla posizione verticale, per carotaggi inclinati
- ⇒ Testa di rotazione Eurodrill:
Coppia max. 14.800 Nm
Giri max. 716 RPM
- ⇒ Indicatore digitale del peso sull'argano
- ⇒ Braccio carico aste sotto testa di rotazione



RECENSIONE

Mente et Malleo La Società Geologica Italiana e i suoi Presidenti

Autore Marco Romano



Copertina del volume societario "Mente et Malleo. La Società Geologica Italiana e i suoi Presidenti".

Il nuovo volume societario "Mente et Malleo" curato dalla Sezione di Storia delle Geoscienze racconta il lungo viaggio della più antica istituzione di Scienze della Terra in Italia attraverso le vite e le carriere scientifiche dei suoi presidenti. Il volume si compone di una prima parte che ripercorre i momenti cruciali della storia della SGI, dalla sua fondazione nel 1881 fino a oggi, inquadrati nel contesto più ampio della storia del Paese. Si parte dai precursori che hanno gettato le basi delle nostre discipline per giungere fino alla contemporaneità, passando attraverso momenti fondamentali del 'secolo breve' come la Prima Guerra Mondiale, il Ventennio fascista e l'introduzione della teoria della tettonica a placche tra gli anni '60 e '70. La seconda parte è dedicata alle biografie dei 79 presidenti, in cui ogni scheda rappresenta una sintesi della carriera scientifica e della vita dei protagonisti, con particolare attenzione anche agli aspetti personali e umani. Le biografie mettono inoltre in luce anche il loro ruolo come formatori di nuove generazioni di geologi, fondando scuole e tradizioni accademiche che continuano ancora oggi. Un aspetto centrale del volume è la riflessione sulla relazione del rapporto tra geologia e società italiana nel corso degli anni. L'analisi storica di anni e anni di verbali societari ha messo in luce come le discipline geologiche, pur essendo

fondamentali per la comprensione del territorio e per la prevenzione di disastri naturali, abbiano avuto un rapporto spesso difficile con la società e le istituzioni. Il volume, pur non pretendendo di essere un compendio esaustivo della storia della SGI, si propone di raccontare questo legame complesso, mostrando come anche la geologia abbia contribuito alla crescita dell'identità nazionale italiana. "Mente et Malleo" pertanto si rivolge a un pubblico ampio a cui illustrare il racconto di un importante tassello della storia culturale e scientifica italiana. Il volume è anche un omaggio ai molti scienziati che, attraverso il loro impegno, hanno contribuito a costruire una solida tradizione geologica in Italia, fornendo alle future generazioni di geologi strumenti preziosi per affrontare le sfide del futuro.

Il volume è in distribuzione a tutti i soci "Gold" e "Platinum" 2024, ed è inoltre acquistabile presso la sede della Società Geologica Italiana o online sulla pagina *merchandising* della Società al seguente link: <https://merchandising.socgeol.it/mente-et-malleo.html>



Un brindisi di Maria Bianca Cita, Achille Zuccari e Bruno D'Argenio, durante la cena sociale del 74° Congresso a Sorrento (settembre 1988), tutti rigorosamente con *papillon*, d'ordinanza per il Segretario Generale, indossato solo per l'occasione dalla Vicepresidente e dal Presidente (fotografia cortesia Alessandro Zuccari).

IdroGEOLOGIA

👤 Coordinatore: **Maurizio Polemio**

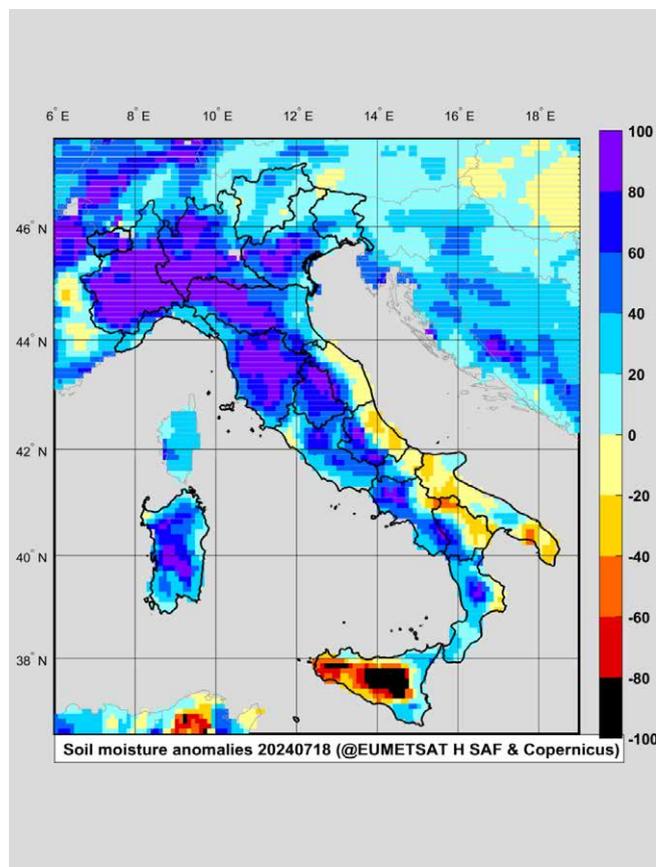
🌐 www.socgeol.it/376/idrogeologia.html

QUELLO ESTIVO È STATO *un periodo di intensa attività*

Forte è stata la pressione sulla nostra comunità per la siccità che ha colpito il sud d'Italia, in particolare la Sicilia e secondariamente Puglia e Basilicata (**Fig. 1**). Mediante comunicati stampa (<https://agenziastampaitalia.it/cronaca/italia/68518-siccita-resistono-le-risorse-idriche-sotterranee-duramente-colpite-quelle-superficiali>), interviste su quotidiani e tv, con il contributo di Rodolfo Carosi e Daniela Ducci, abbiamo evidenziato che l'importanza delle risorse idriche sotterranee non si limita a soddisfare l'84% della domanda potabile italiana. L'enorme capacità di accumulo e compensazione svolta dagli acquiferi conferisce alle risorse idriche sotterranee un ulteriore vantaggio rispetto a quelle superficiali in quanto queste ultime più rapidamente si esauriscono durante le siccità, con l'unica localizzata eccezione del ricorso a invasi artificiali, dal costo economico e ambientale però molto rilevante. Mitigare gli effetti sempre più gravi sulle risorse idriche del cambiamento climatico ci sfida a trovare nuove soluzioni. Come



Assemblea generale della Sezione di Idrogeologia del 3/9/2024.



Anomalie (%) di umidità del suolo al 18/07/2024 rispetto alla media stagionale 2017-2022 (cortesia del Gruppo di Idrologia del CNR-IRPI).

idrogeologi, abbiamo evidenziato l'importanza della ricarica controllata degli acquiferi, finalizzata al riutilizzo delle acque depurate o di acque superficiali destinate all'efflusso a mare o comunque prive di utilizzo, valorizzando l'enorme e praticamente gratuita capacità di invaso degli acquiferi.

Quasi senza soluzione di continuità, siamo passati dalla siccità al Congresso congiunto SGI-SIMP di Bari, dove abbiamo animato due sessioni incentrate sulle acque sotterranee (T68, patrocinata dalla Sezione, e T72). In chiusura della prima giornata di lavori, si è tenuta la nostra prima Assemblea Generale, in presenza e in remoto. In tale contesto si è deciso, tra l'altro, di attivare il Gruppo di Coordinamento della Sezione e di costituire un gruppo di giovani idrogeologi che affianchi la Sezione nell'organizzazione del convegno congiunto con la Sezione GIT.

GEOLOGIA Strutturale

Coordinatrice: Laura Crispini

www.socgeol.it/400/geologia-strutturale-gigs.html

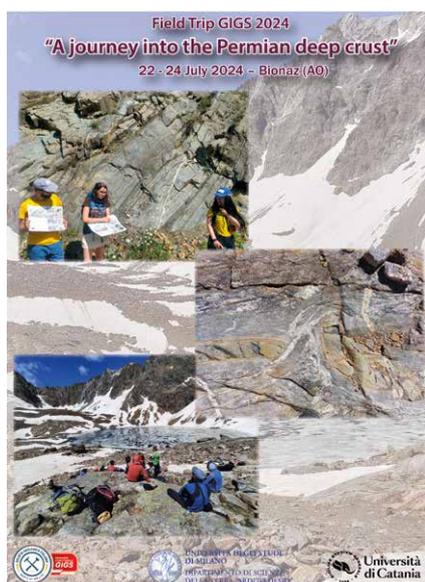


Fig. 1 - Alcune foto dell'escursione.

Dal 22 al 24 luglio 2024 si è tenuta l'escursione annuale del GIGS in Valpelline (Valle d'Aosta) intitolata "*A journey into the Permian deep crust*", volta a mostrare rocce e strutture della crosta continentale profonda, affetta da migmatizzazione durante l'estensione litosferica permiana (**Fig. 1**).

L'escursione è stata organizzata da Michele Zucali, Fabiola Caso, Marco Filippi, Manuel Roda, Davide Zanoni, Chiara Piloni e Andrea Pezzotta dell'Università degli Studi di Milano e da Eugenio Fazio dell'Università di Catania, con il supporto della Sezione GIGS.

Il primo giorno sono state osservate le litologie che compongono la Serie di Valpelline (migmatiti, anfiboliti, granuliti felsiche e mafiche) e sono stati discussi i dati termobarometrici e geocronologici relativi all'evoluzione permiana. Due stop sono stati dedicati all'osservazione del contatto tra la Serie di Valpelline e la Serie di Arolla, caratterizzato dalla presenza di rocce variamente milonitiche e con una forte trasformazione metamorfica

Alpina. Il secondo giorno si è svolto presso la località del Lac Mort, a 2800 m s.l.m. Qui, l'erosione glaciale ha permesso di esporre affioramenti molto puliti che permettono di osservare strutture spettacolari. Sono state osservate migmatiti a cordierite e boudins di granuliti mafiche, tagliate da apliti e pegmatiti. Durante il terzo giorno sono stati invece osservati gabbri intrusi nella Serie di Arolla, caratterizzati da diverse associazioni magmatiche e diversi tipi di metamorfismo sia pre- che sin-Alpino.

L'escursione ha visto la partecipazione di 27 soci (**Fig. 2**), con una componente giovanile predominante, provenienti da diverse università italiane. In tal modo, è stato possibile avere un confronto multidisciplinare su quanto osservato e creare nuovi spunti per future collaborazioni, dimostrando quanto la condivisione dei risultati scientifici, soprattutto quando realizzata direttamente sul terreno, sia efficace per la comprensione a 360° dei processi geologici.



Fig. 2 - Partecipanti dell'escursione GIGS fotografati sugli affioramenti del Lac Mort da un drone.

GEOLOGIA Marina

● Coordinatore: Attilio Sulli

🌐 www.socgeol.it/255/geologia-marina.html

IL VULCANO MARSILI: *origine, potenziale geotermico e pericolosità*

Il Marsili, situato nel Mar Tirreno meridionale, è tra i più grandi vulcani d'Europa (Fig. 1). Lungo 60 km e largo 30 km, ricopre un'area di circa 2.100 km², superando per estensione l'Etna. L'interesse per il Marsili risiede nella sua capacità di generare calore a profondità elevate, rappresentando una risorsa geotermica significativa. Rilievi idrogeologici hanno infatti documentato la presenza di fluidi idrotermali con temperature di 375 °C, capaci di produrre 80 MW di energia (Italiano et al., 2014). Tuttavia, l'attività idrotermale comporta fenomeni di instabilità gravitativa. I fluidi indeboliscono le rocce, causando crolli che potrebbero innescare tsunami distruttivi lungo le coste italiane (Caratori Tontini et al., 2010). Per tale ragione, il Marsili è annoverato tra i vulcani più pericolosi del Mar Tirreno. L'origine del Marsili è legata al processo di subduzione della placca adriatico-ionica sotto l'Eurasia, iniziato nell'Oligocene (Pepe et al., 2010). A questo processo è associata la nascita di vulcani, lo sviluppo di bacini di avanarco e retroarco (regioni separate da un arco vulcanico) e la formazione di crosta oceanica. Nel Pliocene, il Marsili era parte di un vecchio arco vulcanico che fu interessato dal processo di *arc-rifting* (separazione dell'arco vulcanico) (Corradino et al., 2022). Tale processo causò lo spostamento del Marsili verso est e la formazione di un bacino oceanico di retroarco situato tra il Marsili e il vecchio arco residuo.

I resti di quest'ultimo corrispondono ai vulcani Anchise e Glauco-Garibaldi e alle Isole Pontine (Fig. 1).

L'area ad est del Marsili era parte della regione di avanarco, pavimentata probabilmente da mantello serpentizzato. Con il proseguimento del processo di subduzione della placca ionica, il vulcanismo migrò verso sud-est e diede origine ad un nuovo arco vulcanico, le Isole Eolie (Fig. 2).

Ulteriori studi sulla geologia del Marsili ed il continuo monitoraggio della sua attività sono fondamentali per valutare appieno il potenziale geotermico e mitigare gli effetti dell'instabilità gravitativa.

a cura di Marta Corradino (Università di Palermo)

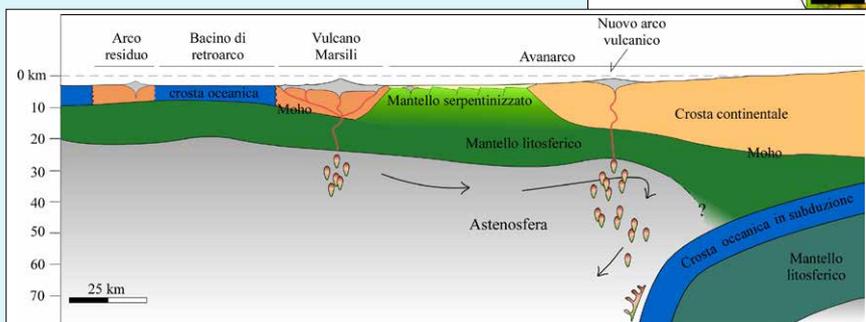
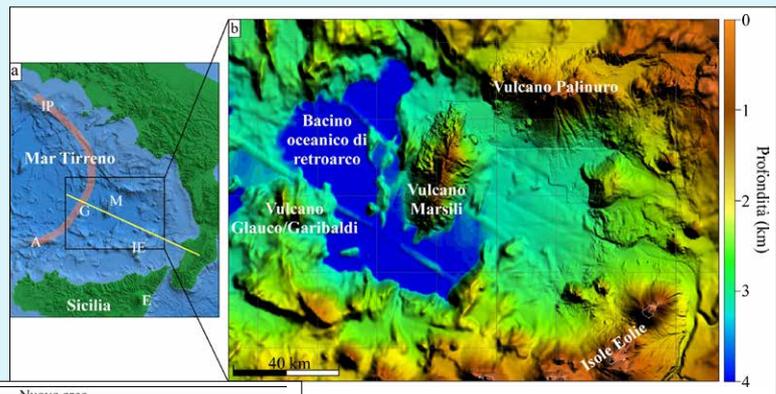


Fig. 2 - Sezione geologica schematica che mostra, nel contesto della subduzione della placca ionica, il vecchio arco vulcanico residuo, il bacino oceanico di retroarco, il vulcano Marsili, la regione di avanarco e il nuovo arco vulcanico. La localizzazione della sezione è mostrata in Fig. 1.

Fig. 1 - (a) Mappa morfo-batimetrica del Mar Tirreno. La banda in rosso indica l'andamento del vecchio arco vulcanico. La linea in giallo segna la traccia della sezione geologica mostrata in Fig. 2. Abbreviazioni: A, vulcano Anchise; E, vulcano Etna; G, vulcano Glauco-Garibaldi; IE, Isole Eolie; IP, Isole Pontine; M, vulcano Marsili. (b) Mappa morfo-batimetrica del vulcano Marsili e dell'area circostante.

Bibliografia:

Italiano F., De Santis A., Favali P., Rainone M.L., Rusi S. & Signanini P. (2014). *The Marsili Volcanic Seamount (Southern Tyrrhenian Sea): A Potential Offshore Geothermal Resource*. *Energies* 7(7), 4068-4086. <https://doi.org/10.3390/en7074068>

Caratori Tontini F., Cocchi L., Muccini F., Carmisciano C., Marani M., Bonatti E., Ligi M. & Boschi E. (2010). *Potential-field modeling of collapse-prone submarine volcanoes in the southern Tyrrhenian Sea (Italy)*. *Geophysical Research Letters*. 37(3). <https://doi.org/10.1029/2009GL041757>

Pepe F., Sulli A., Bertotti G. & Cella F. (2010). *Architecture and Neogene to Recent evolution of the western Calabrian continental margin: An upper plate perspective to the Ionian subduction system, central Mediterranean*. *Tectonics*, 29(3). <https://doi.org/10.1029/2009TC002599>

Corradino M., Balázs A., Faccenna C. & Pepe F. (2022). *Arc and forearc rifting in the Tyrrhenian subduction system*. *Scientific Reports*, 12(1), 4728. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08562-w>

GEOLOGIA Planetaria

Coordinatrice: **Barbara Cavalazzi**

www.socgeol.it/372/geologia-planetaria.html

LA GEOLOGIA e l'Esplorazione del Sistema Solare

“..bene, abbiamo un grande masso interamente fratturato, proprio sul bordo del cratere, qua vicino al nostro rover, è simile al gabbro a clinopiroseni finemente vescicolato che abbiamo già studiato. È cristallino in tutto il suo volume, ed in un punto sono inclusi dei frammenti di una roccia più scura, anch'essa fratturata intensamente” ... Era il Dicembre 1974, e questo è un estratto del registro di comunicazioni a Terra dell'astronauta e geologo Harrison 'Jack' Schmitt durante la campagna di rilevamento geologico della missione Apollo 17 sulla Luna, nella valle *Taurus Littrow* alla base della catena montuosa che delimita il confine sud-orientale del mare della *Serenità* (**Fig. 1**). Oltre alle osservazioni trasmesse a Terra in tempo reale, Schmitt campionò terreni e rocce usando martello e carotatore, ed effettuò indagini geofisiche e geotecniche contribuendo a migliorare enormemente le nostre conoscenze sulla geologia della Luna (vedi Schmitt, 1975).

La **Fig. 2** mostra la carta geologica a scala 1:30000 della regione *Oxia Planum* di Marte (Fawdon et al., 2024), usata per preparare la missione del rover *Rosalind Franklin* del programma *ExoMars* dell'Agencia Spaziale Europea (ESA). *Rosalind Franklin* include componenti di eccellenza di industria e ricerca italiana supportate dall'Agencia Spaziale Italiana (ASI), ed è un vero e proprio laboratorio geologico mobile, con strumenti di campagna come fotocamere, lente di ingrandimento, un carotatore con spettrometro, georadar e strumenti di laboratorio per analisi composizionali, geochimiche e geotecniche. La sua missione



Fig. 1 - Harrison 'Jack' Schmitt intento ad osservare da vicino un lato di un masso, durante il rilevamento geologico nella missione Apollo 17 (foto NASA AS17-146-22294).

sarà quella di ricercare tracce di vita all'interno delle successioni geologiche del pianeta rosso (vedi Westall et al. 2021).

A cinquant'anni dai rilevamenti di Schmitt, la geologia continua a essere la disciplina necessaria per ricostruire a diverse scale il susseguirsi degli eventi che hanno guidato l'evoluzione dei corpi solidi del Sistema Solare che stiamo esplorando.

Lo studio, l'applicazione e la promozione della geologia planetaria in Italia sono attualmente trattati da alcune università, enti pubblici di ricerca e associazioni scientifiche come la Società Geologica

Italiana e la Società Italiana di Scienze Planetarie. La quantità e varietà di missioni attive e pianificate sta creando un contesto interessante per noi oggi e per le nuove generazioni di geologi che vorranno contribuire all'avvincente settore dell'esplorazione spaziale.

a cura di *Alessandro Frigeri*

Bibliografia:

Fawdon P. et al. (2024). *The high-resolution map of Oxia Planum, Mars; the landing site of the ExoMars Rosalind Franklin rover mission*. Journal of Maps, 20(1), 2302361. <https://doi.org/10.1080/17445647.2024.2302361>

Schmitt H.H. (1975). *Apollo and the geology of the Moon*. Journal of the Geological Society, 131(2), 103-119. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.131.2.0103>

Westall F., Hickman-Lewis K., Cavalazzi B., Foucher F., Clodori L. & Vago J.L. (2021). *On biosignatures for Mars*. International Journal of Astrobiology, 20, 377-393. <https://doi.org/10.1017/S1473550421000264>

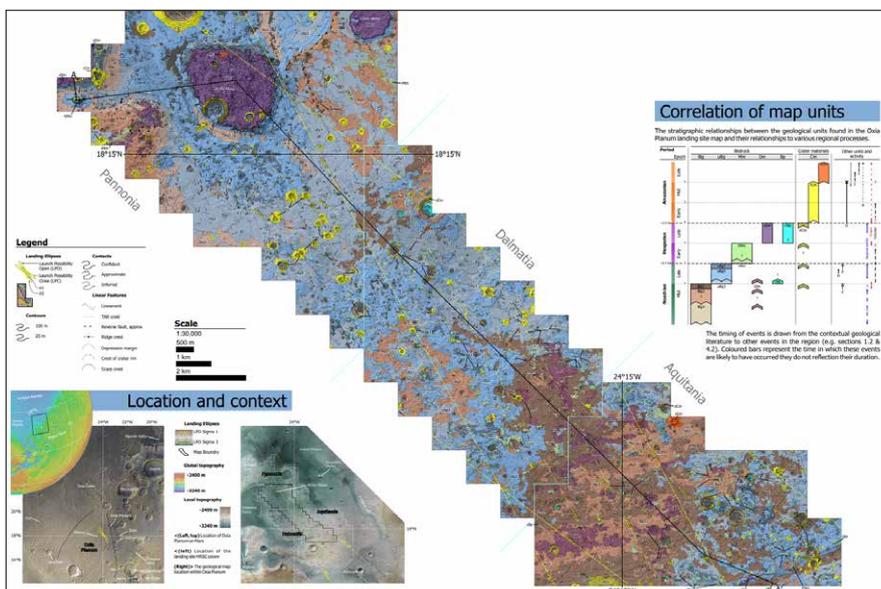


Fig. 2 - La carta geologica del sito di atterraggio nella regione di Oxia Planum su Marte, sviluppata dal team scientifico della missione ESA/Rosalind Franklin (Fawdon et al., 2024).

GEOLOGIA Ambientale

👤 Coordinatore: Mariano Mercurio

🌐 www.socgeol.it/401/geologia-ambientale.html

NUOVO FUTURO PER LE MINIERE ABBANDONATE: *gli studiosi incontrano i cittadini*

Il 25 maggio 2024 la sezione di Geologia Ambientale della Società Geologica Italiana ha organizzato presso la Miniera di Montevecchio (Guspini, Sardegna sud-occidentale) la conferenza dal titolo “*Miniere dimenticate: risorsa per il futuro*”. Questa giornata divulgativa è stata programmata in sinergia con il Parco Geominerario Storico ed Ambientale della Sardegna che ha patrocinato l’evento, e con il prezioso contributo della Società Lugori che gestisce le attività turistiche nella ex-miniera. L’obiettivo condiviso dell’evento è stato quello di dialogare con la cittadinanza sugli sviluppi e sulle opportunità che le miniere abbandonate offrono alla società, mettendo in risalto sia gli aspetti ambientali che economici della loro valorizzazione. Per questo l’evento è stato inserito nell’ambito della 16° edizione della Giornata Nazionale delle Miniere, manifestazione promossa da ISPRA.

Nella Sala Modelli della ex-miniera, che ancora oggi conserva le testimonianze storiche della lunga attività mineraria di questa zona, docenti e i ricercatori delle Università di Cagliari e Sassari e del CNR hanno presentato contributi provenienti da differenti contesti, sia nel campo della geologia ambientale che da quello del turismo sostenibile e della pianificazione territoriale (Fig. 1). Durante la prima parte della giornata sono stati trattati temi di carattere generale, comuni a molte realtà minerarie del mondo, con un *focus* sulla resilienza ambientale delle antiche miniere, sulle tecniche per valorizzare l’eredità che l’attività estrattiva ha lasciato nei territori, sulle esperienze di risanamento ecocompatibili di cui possiamo avvalerci per il ripristino dei luoghi. Nel pomeriggio sono state illustrate le peculiarità dei giacimenti della Sardegna, e in particolare di quello di Montevecchio, spaziando sugli eccezionali cristalli che



Fig. 1 - Locandina della conferenza.

hanno reso protagonista l’isola nei più importanti musei mineralogici del mondo, fino ad esplorare i particolari ambienti minerogenetici associati alle grotte di miniera.

Sono intervenuti alla giornata i rappresentanti degli enti locali (tra cui il vicesindaco di Guspini e i rappresentanti del Parco Geominerario) arricchendo l’incontro con le criticità che si trovano ad affrontare nella gestione del territorio (Fig. 2). Un pubblico eterogeneo ha gremito la sala: tra loro erano presenti anche appassionati del mondo cristallino, che con le loro curiosità hanno animato la discussione, ed ex-lavoratori dell’industria mineraria, che invece hanno raccontato le loro esperienze dirette della vita in galleria. Gli esperti hanno risposto ai quesiti del pubblico con dati aggiornati sui risultati che la ricerca scientifica ha raggiunto negli ultimi anni e i passi importanti che l’innovazione nel campo delle geoscienze sta compiendo verso un ambiente più resiliente. È stata sicuramente una giornata che ha arricchito tutti i presenti.

a cura di Laura Sanna



Fig. 2 - Il gruppo dei relatori con i referenti delle istituzioni locali.

GEOsed

● Coordinatore: **Marcello Tropeano**

🌐 www.socgeol.it/369/geosed.html



Fig. 1 - La giovane ricercatrice Marianna Cicala il giorno della premiazione al Congresso congiunto SGI – SIMP (*Geology for a sustainable management of our Planet*) che si è tenuto a Bari dal 3 al 5 settembre 2024.

Quest'estate si è svolto a Bari dal 3 al 5 Settembre il Congresso congiunto SGI – SIMP (*Geology for a sustainable management of our Planet*) che ha visto la partecipazione numerosa di tutta la comunità GeoSed. I soci hanno infatti presentato diversi contributi inerenti alle loro ricerche o addirittura hanno partecipato attivamente al congresso come proponenti di numerose sessioni scientifiche relative a tematiche della Geologia del sedimentario che hanno rappresentato un importante strumento di condivisione e confronto delle ricerche sviluppate. Inoltre, durante il congresso è stato assegnato il premio per la migliore guida geologica, intitolata “*From the Apulia Foreland to the Bradanic Trough: A one-day geological field trip “jumping” from Cretaceous to Pleistocene in the Murge area (Puglia, southern Italy)*”, alla giovane ricercatrice Marianna Cicala (UniBA) (**Fig. 1**). Durante la riunione dei soci, invece, l’attenzione si è focalizzata principalmente sui social di GeoSED (*facebook, Instagram*). In particolare, il socio Luigi Bruno ha ricordato il concorso “*60 seconds to Earth (science)*” una sfida rivolta a dottorandi attivi su temi di geologia del sedimentario, a cui si chiede di raccontare con un breve video la loro ricerca sui nostri canali social. I partecipanti potranno inviare il loro contributo video sino al primo aprile 2025 e il vincitore del *contest* potrà partecipare gratuitamente al prossimo *Meeting* di Geosed che si terrà a Cosenza (**Fig. 2**).

Dal 22 al 23 Novembre invece, si svolgerà a Catania la IX giornata “*Incontri di Geologia*” in collaborazione con le Sezioni di Geologia Marina e di Geologia Planetaria presso l’UniCT. L’evento prevede la partecipazione ad invito, di diversi relatori e relatrici con tematiche diverse tra loro, in un’ottica di condivisione di quelli che sono i temi di ricerca delle varie sezioni. Il giorno 23 invece ci sarà l’escursione ad Acitrezza-Acicastello-Monte Etna.

Vi aspettiamo numerosi a Catania!

a cura
del Comitato GeoSed



Fig. 2 - La locandina pubblicata per il Video Contest “*60 seconds to Earth (science)*”.

Storia delle GEOSCIENZE

👤 Coordinatore: **Marco Romano**

🌐 www.socgeol.it/368/storia-delle-geoscienze.html

PRESENTAZIONE DEL VOLUME SOCIETARIO “*Mente et Malleo*”

Nell’ambito del Congresso congiunto SGI-SIMP, tenutosi a Bari nei giorni 2-5 settembre 2024, la Sezione Storia delle Geoscienze ha presentato il nuovo volume societario “*Mente et Malleo*”. La Società Geologica Italiana e i suoi Presidenti” curato dai soci e afferenti alla sezione Alessio Argentieri, Marco Romano, Fabio M. Petti, Marco Pantaloni, Fabiana Console e Simone Fabbi. Il progetto è nato nel 2020, sotto la presidenza di Sandro Conticelli, in previsione del 140° anniversario della SGI celebrato nel 2021, e si è protratto nel tempo concludendosi dopo l’entrata in carica dell’attuale presidente Rodolfo Carosi. L’idea era quella di raccontare il lungo percorso delle più antiche istituzioni di Scienze della Terra in Italia attraverso le vite e le carriere scientifiche dei suoi presidenti, dalla sua fondazione nel 1881 fino a oggi. Cogliamo l’occasione per ringraziare i due Presidenti che hanno supportato e seguito la stesura del volume, Sandro Conticelli e Rodolfo Carosi, la Segreteria nelle persone di Fabio M. Petti, Alessandro Zuccari e Giulia Innamorati e il Ministero della Cultura- Direzione Generale Educazione, ricerca e istituti culturali che ha concesso un contributo finanziario a copertura parziale delle spese editoriali. Ringraziamo inoltre tutto il gruppo informale “*Mente et Malleo*”, composto da tanti colleghi appassionati senza i quali sarebbe stato impossibile portare a compimento l’incarico che la Sezione di Storia delle Geoscienze è onorata di aver ricevuto. Nel volume abbiamo cercato di ripercorrere la storia della Società Geologica Italiana (SGI) e dell’evoluzione della geologia in Italia, contestualizzandola negli eventi storici più importanti, dalla Prima Guerra Mondiale al fascismo fino alla rivoluzione introdotta dalla tettonica a placche. Nella seconda parte, dedicata alle biografie dei 79 presidenti che si sono succeduti alla guida della SGI, vengono evidenziati, oltre ai meriti scientifici, anche gli aspetti umani e la capacità di questi grandi personaggi di creare scuole geologiche che persistono fino ai nostri giorni. A tale proposito la Sezione di Storia delle Geoscienze ha ritenuto opportuno dedicare il volume ad Antonio Praturlon, che ha partecipato alla realizzazione del volume e ci ha



Presentazione del volume societario “*Mente et Malleo*. La Società Geologica Italiana e i suoi Presidenti” nel corso dell’assemblea SGI Congresso congiunto SGI-SIMP di Bari.

lasciato recentemente.

Auspichiamo che la lettura di questo volume stimoli una sempre maggior diffusione della cultura geologica e della tradizione delle geoscienze italiane.

Il volume è in distribuzione a tutti i soci “*Gold*” e “*Platinum*” 2024, ed è inoltre acquistabile presso la sede della Società Geologica Italiana o online sulla pagina merchandising della Società al seguente link:

🌐 <https://merchandising.socgeol.it/mente-et-malleo.html>

a cura di Marco Romano e Simone Fabbi



Membri del consiglio riuniti intorno alla figura di Capellini nell’ambito del Secondo Congresso Geologico Internazionale di Bologna.

GEOLOGIA *Himalayana*

👤 Coordinatrice: Chiara Montomoli

🌐 www.socgeol.it/381/geologia-himalayana.html



Fig. 1 - Locandina del 36° Himalaya-Karakorum-Tibet workshop a Cracovia.

Lo scorso giugno si è svolto il 36° Himalaya-Karakorum-Tibet workshop a Cracovia (Polonia) (Fig. 1), organizzato dal collega Michal Krobicki presso la AGH University (Fig. 2).

Il congresso, durato tre giorni, ha visto la partecipazione di circa 90 ricercatrici e ricercatori provenienti da tutte le parti del mondo.

Il team di ricercatori italiani ha contribuito con diverse presentazioni orali e poster

sull'evoluzione della catena himalayana con focus sulle discontinuità tettono-metamorfiche che interessano il cuore metamorfico della catena e sulla cinematica, architettura ed evoluzione tettonica del *South Tibetan Detachment System*. Al collega Rodolfo Carosi è stata affidata la *plenary lecture* di apertura del congresso che ha stimolato un costruttivo dibattito. Durante il congresso inoltre sono stati commemorati tre grandi geologi che hanno dato un contributo fondamentale alla conoscenza della catena himalayana: Paul Tapponier, An Yin e Peter Molnar. Come di consueto durante l'ultimo giorno del congresso si è svolta l'assemblea generale per decidere la sede del prossimo Himalaya-Karakorum-Tibet workshop. Sono state presentate diverse candidature: Cina, Germania ed Italia. Le votazioni sono state a favore dell'Italia che, quasi all'unanimità, è stata incaricata di organizzare il prossimo 37° congresso che sarà ospitato dalla sede di Torino a settembre 2025.



Fig. 2 - Edificio principale della AGH University, sede del 36° Himalaya-Karakorum-Tibet workshop.



Migliore Guida all'escursione – 2024 GIGS

Giorgia Carano

Politecnico di Torino

Commissione e motivazione | Regolamento del premio

Premi SGI

Fig. 3 - Giorgia Carano nell'albo d'oro della SGI.

Siamo inoltre molto lieti di segnalare che la dottoressa Giorgia Carano (Fig. 3) ha ricevuto il premio “Migliore Guida all'escursione – 2024 - sezione GIGS” nell'ambito del congresso SGI-SIMP 2024 tenutosi a Bari, per la guida geologica “*Guide for a field trip in the Modi Khola Valley (Central – Western Nepal): a complete transect of the Himalayan chain*”, frutto della sua Tesi Magistrale svolta in Himalaya (Nepal) (vedi Geologicamente n°2).

GEOETICA e Cultura Geologica

👤 Coordinatrice: Enrico Cameron

🌐 www.socgeol.it/371/geoetica-e-cultura-geologica.html

La Sezione di Geoetica e Cultura Geologica della SGI promuove i temi della geoetica a livello nazionale e internazionale e coordina la rete internazionale della IAPG - *International Association for Promoting Geoethics* (www.geoethics.org). Inoltre, è parte integrante dell'*International Geoethics Infrastructure* costituita dalla IAPG, dalla Commissione di Geoetica dell'*International Union of Geological Sciences* (IUGS) e dalla Cattedra di Geoetica dell'*International Council for Philosophy and Human Sciences* (CIPSH). Di seguito si riportano informazioni sulle principali attività promosse, sostenute o condotte direttamente dalla sezione nei mesi scorsi, e sugli eventi programmati nei prossimi mesi. In bibliografia si segnalano alcune pubblicazioni sulla geoetica di prossima uscita.

Nuovo Coordinatore della Sezione di Geoetica della SGI
Enrico Cameron, geologo libero professionista ed insegnante, è il nuovo coordinatore della Sezione di Geoetica della SGI/IAPG-Italy dall'1 settembre 2024.

Assemblea Generale della IAPG

Il 30 agosto 2024, si è svolta la seconda Assemblea Generale della IAPG a Busan (Corea del Sud), durante il 37th IGC.

Nuova sezione della IAPG

La IAPG ha istituito una nuova sezione in Nuova Zelanda. La sezione è coordinata da Matthew Hughes, geoscientista del *Department of Civil and Natural Resources Engineering* all'*University of Canterbury*, Christchurch. IAPG-New Zealand è la 36a sezione della IAPG.



Silvia Peppoloni durante il discorso plenario al 37th International Geological Congress a Busan (Corea del Sud) il 28 agosto 2024.

Convegni

- ▶ Il 28 agosto 2024, Silvia Peppoloni (Segretario Generale della IAPG) ha tenuto un discorso plenario dal titolo "*The future of geosciences through the lens of geoethics*" al 37th International Geological Congress (IGC), in Busan (Corea del Sud).
- ▶ La IAPG, la Commissione di Geoetica dello IUGS e la Cattedra di Geoetica del CIPSH hanno organizzato la sessione "*Geoethics at the heart of all geoscience: serving the public good*" (27 agosto 2024) al 37th IGC. La sessione è stata presieduta da Silvia Peppoloni, Vitor Correia e Giuseppe Di Capua: www.geoethics.org/37th-igc.
- ▶ Dal 21 al 23 giugno 2024, Silvia Peppoloni (IAPG-Italy) ha tenuto una relazione ad invito dal titolo "Geoetica per un Umanesimo Ecologico" nel convegno "Uomo - Unità di Azione: Definire l'Uomo per Ritrovare la Radicalità di Natura" svoltosi ad Assisi.
- ▶ Nei giorni 21 e 22 giugno 2024 si è svolto il I Simposio Latino-Americano di Geoetica a Lima (Perù): iaegperu.wixsite.com/bienalperugeotecnia/simposiolatinoamericanodegeoetica. L'evento è stato organizzato da IAPG-Peru.
- ▶ IAPG-Argentina ha organizzato il *Symposium "Geological Risks and Geoethics"* al XXII Congresso Geologico Argentino che si è svolto a San Luis (Argentina) dal 17 al 22 novembre 2024: www.congresogeologico.org.ar/programa.html.
- ▶ La IAPG sponsorizza il terzo congresso argentino di geologia applicata all'ingegneria e all'ambiente organizzato dall'ASAGAI (*Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería*), che si svolgerà a Cordoba (Argentina) dal 23 al 26 settembre 2025.

Geoethics Medal 2024

- ▶ È possibile sottoporre candidature per la *Geoethics Medal 2024* della IAPG. Il termine ultimo per la presentazione della documentazione prevista è il 31 dicembre 2024. La *Geoethics Medal* onora scienziati e studiosi che si sono particolarmente distinti nell'applicazione e/o promozione di pratiche etiche in ambito geoscientifico, nonché in ambiti interdisciplinari. Per saperne di più e per scaricare i documenti: www.geoethics.org/geoethics-medal.

Pubblicazioni in uscita

- ▶ **Peppoloni S. & Di Capua G. (Eds).** *Geoethics for the Future: Facing Global Challenges*. 2024, Elsevier, ISBN 978-0-443-15654-0. <https://doi.org/10.1016/C2022-0-00487-6>

Questo volume, composto da 29 capitoli scritti da 68 autori provenienti da 24 nazioni distribuite su 5 continenti, offre una panoramica ampia e approfondita su temi di grande attualità nelle geoscienze e in ambiti correlati. Tra i temi trattati figurano la rilevanza sociale delle geoscienze, le georisorse, lo sviluppo sostenibile, la geoeducazione, i rischi geologici e la gestione dei dati geologici. Inoltre, vengono affrontati aspetti di natura filosofica, legale, politica e scientifica relativi ai cambiamenti globali di origine antropica e l'Antropocene, fornendo ai lettori una visione articolata e pluridisciplinare su questioni di cruciale importanza per il 21° secolo. L'introduzione dei curatori del volume può essere scaricata gratuitamente:

🌐 www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443156540000347.

a cura di Giuseppe Di Capua

MATERIE PRIME STRATEGICHE

e valorizzazione dei giacimenti minerari

📍 Coordinatore: **Simone Vezzoni**

🌐 www.socgeol.it/508/materie-prime-e-giacimenti-ggm.html

LE OPPORTUNITÀ DELLA SEZIONE SGI-GGM *in un mondo che cambia*

L'attivazione di una nuova sezione in una società scientifica dimostra il dinamismo e la volontà della comunità di Scienze della Terra di confrontarsi con le nuove sfide. La sezione "Materie prime strategiche e valorizzazione dei Giacimenti Minerari – GGM" è stata approvata dall'Assemblea generale dei Soci SGI il 27 maggio 2024.

La Sezione GGM, proposta da un gruppo di 39 soci e non (ancora) soci SGI, afferenti a varie Università, Enti di Ricerca e società private, ha lo scopo di organizzare e promuovere iniziative finalizzate allo studio ed alla comprensione dei processi geologici che generano i giacimenti minerari. Tale necessità è particolarmente avvertita in questo periodo caratterizzato

dalle sfide legate alla transizione verde e dal rapido mutamento del quadro geopolitico a scala globale, in cui il tema dell'approvvigionamento sicuro delle materie prime è strategico. In Italia, con la quasi totale chiusura delle attività minerarie, l'interesse scientifico per lo studio dei giacimenti minerari si era fortemente ridimensionato portando, a parte pochissime lodevoli eccezioni, ad una sostanziale assenza di ricerca e formazione in questo campo.

Il *Critical Raw Materials Act* (UE) impone ai paesi membri la ripresa delle attività di esplorazione mineraria sui territori nazionali, ed è una sfida per l'intera comunità geologica. Lo studio dei contesti geodinamici favorevoli

alla formazione di potenziali risorse minerarie deve essere affrontato attraverso conoscenze e competenze geologiche multidisciplinari, che spaziano dal rilevamento geologico e strutturale, alle indagini mineralogiche, petrografiche e geochimiche, dalle prospezioni geofisiche agli studi ambientali. Per questi motivi, la sezione GGM, mira a raccogliere contributi dall'intera comunità geologica per discutere le tematiche relative allo studio, la modellizzazione, la caratterizzazione, la coltivazione e la valorizzazione dei giacimenti minerari.

Se sei interessato ad aderire alla sezione, contattaci!

I soci della Sezione.



I partecipanti alla prima riunione in presenza della sezione GGM in occasione del congresso congiunto SGI-SIMP "Geology for a sustainable management of our Planet", Bari 3 settembre 2024.

Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI

👤 a cura di Susanna Occhipinti

🌐 www.anisn.it/nuovosito



Si sono svolte anche quest'anno per la diciassettesima volta, le IESO, Olimpiadi Internazionali delle Scienze della Terra. La fase internazionale si è svolta a Beijing dal 7 al 17 agosto presso l'*University of Chinese Academy of Sciences - UCAS* e ha visto la partecipazione di oltre 30 squadre rappresentanti i relativi paesi, circa 140 studenti e 110 tra *mentor* e *observer*.

La competizione, finalmente in presenza dopo quattro anni, si è svolta proponendo come di consueto, due prove teoriche di circa una novantina di domande, che toccavano tutti i temi delle geoscienze quali petrografia, sedimentologia, climatologia, recente e passata, geobiologia, fino alla geografia astronomica e all'astrofisica. Inoltre, una prova pratica ha portato gli studenti a analizzare 5 siti geologici di

particolare interesse, da affioramenti del Cambriano fino a depositi antropici conseguenti alla lavorazione delle ceramiche e infine due prove, in gruppi di studenti di nazioni diverse: l'*Earth Science Project-ESP* in cui dovevano approfondire e presentare su poster il tema dell'abitabilità sulla Terra da diversi punti di vista, e l'*International Team Field Investigation-ITFI*, richiedeva che le squadre approfondissero alcune problematiche riguardo a siti caratterizzati da fenomeni particolari: un deposito alluvionale grossolano, conseguente ad una recente alluvione che ha interessato anche Pechino e, la composizioni chimiche di alcuni corsi d'acqua. Anche quest'anno i 4 studenti della squadra italiana, selezionati nelle diverse fasi, hanno ottenuto un successo estremamente significativo, anche confrontato con gli anni precedenti in cui il



numero dei costituenti la squadra era il doppio. La squadra italiana ha ottenuto sette medaglie, tre nelle prove individuali, due argenti e un bronzo, quattro nelle prove a squadra, un oro e tre bronzi e una menzione speciale in una nuova prova, lo *Student reporter award*, evidenziando la buona preparazione degli studenti italiani.

I risultati suggeriscono quindi alcune considerazioni: la scuola italiana è sempre in grado di “fornire” studenti eccellenti, con una preparazione trasversale nelle discipline scientifiche di buon livello; ma le eccellenze e quindi le medaglie d’oro sono state attribuite tutte a studenti dell’Est asiatico, Cinesi, Coreani, anche se cittadini australiani e statunitensi; meriterebbe quindi un approfondimento se questi risultati sono dovuti ad una particolare attitudine allo studio delle discipline scientifiche o ad una maggiore motivazione allo studio, come strumento di successo per raggiungere traguardi personali e professionali.

Siamo comunque più che soddisfatti che i nostri studenti siano sempre in grado di ottenere buoni risultati a confermare che la scuola italiana, nonostante le critiche che spesso le vengono rivolte, è comunque in grado di formare in modo più che efficace gli studenti. Va precisato che i quattro studenti della squadra, più altri quattro migliori classificati nella fase italiana, partecipano a uno stage di formazione ad Aosta al quale collaborano docenti dell’università di Milano, di Torino, anche se quest’anno ci è mancata l’università di Camerino, esperti dell’Osservatorio Astronomico di Pino Torinese e del Centro Funzionale della Valle d’Aosta. In questa formazione gli studenti discutono, verificano, approfondiscono, sperimentano prove delle precedenti IESO; viene dato quindi il contorno alla formazione che hanno già acquisito autonomamente o nel loro percorso scolastico.

Merita poi una particolare attenzione il fatto che in tanti anni di Olimpiadi delle Scienze della Terra che hanno visto ragazzi eccellenti guadagnare medaglie, argenti e ori, e che li hanno visti appassionarsi e motivarsi, tendano però ad orientarsi verso facoltà

diverse, come la fisica, forse considerata la disciplina scientifica per eccellenza, o verso i percorsi biologico o biotecnologico, anche in conseguenza del coinvolgimento di alcuni Centri universitari del settore nel promuovere l’orientamento in queste specialità.

Inoltre, anche l’insegnamento stesso delle Scienze della Terra potrebbe richiedere un’analisi più approfondita: nell’attuale modello didattico italiano, e in prevalenza anche nel quadro internazionale, risulta essere strutturato con un modello “*bottom up*”, non sempre efficace in quanto gli aspetti più interessanti e cioè la dinamica globale che fa comprendere quello che effettivamente avviene all’interno, al di sopra e all’esterno della Terra, viene svolta alla fine del quinto anno del ciclo scolastico, quando spesso le scelte di orientamento verso il percorso universitario sono già state fatte.

Anche un’analisi comparata tra l’evoluzione dello sviluppo e conseguentemente dell’insegnamento e della biologia e delle Scienze della Terra meriterebbe un approfondimento: le nuove scoperte e l’utilizzo delle tecnologie in ambito biologico e geologico risultano attualmente più spendibili e più attrattive a livello scolastico relativamente alle biotecnologie, alla bioinformatica, alla biochimica, piuttosto che in percorsi ugualmente innovativi sviluppati all’interno delle geoscienze. Si tratta quindi di due grandi filiere, su cui, come ANISN, riteniamo indispensabile, sia al nostro interno che in collaborazione con le Università e le Associazioni scientifiche del settore, sviluppare un percorso di analisi e di approfondimento, per capire se e come sia possibile rendere questa affascinante disciplina realmente attrattiva per i nostri studenti: non possiamo dimenticare la pressante richiesta da parte dell’Unione Europea di specialisti in questo campo con particolare attenzione al tema delle risorse sostenibili e dei minerali critici, tutti i temi che legano le geoscienze ai SDGs 17 dell’Agenda 2030.



Società PALEONTOLOGICA Italiana

👤 a cura di Annalisa Ferretti

🌐 www.paleoitalia.it

“Le Meraviglie della Paleontologia 2”

UNA MOSTRA PER IMMAGINARE LE MERAVIGLIE DELL'ITALIA DEL PASSATO ATTRAVERSO LA PALEOARTE



“Le Meraviglie della Paleontologia 2: a spasso per l'Italia”, Leonardo Sorbelli, Fabio Manucci, Simone Zoccante e Fabio Franceschi, tecnica digitale mista. Raffigurazione di *Palaeoloxodon antiquus* (Fossile Regionale di Basilicata e Lazio) al centro della locandina dell'evento.

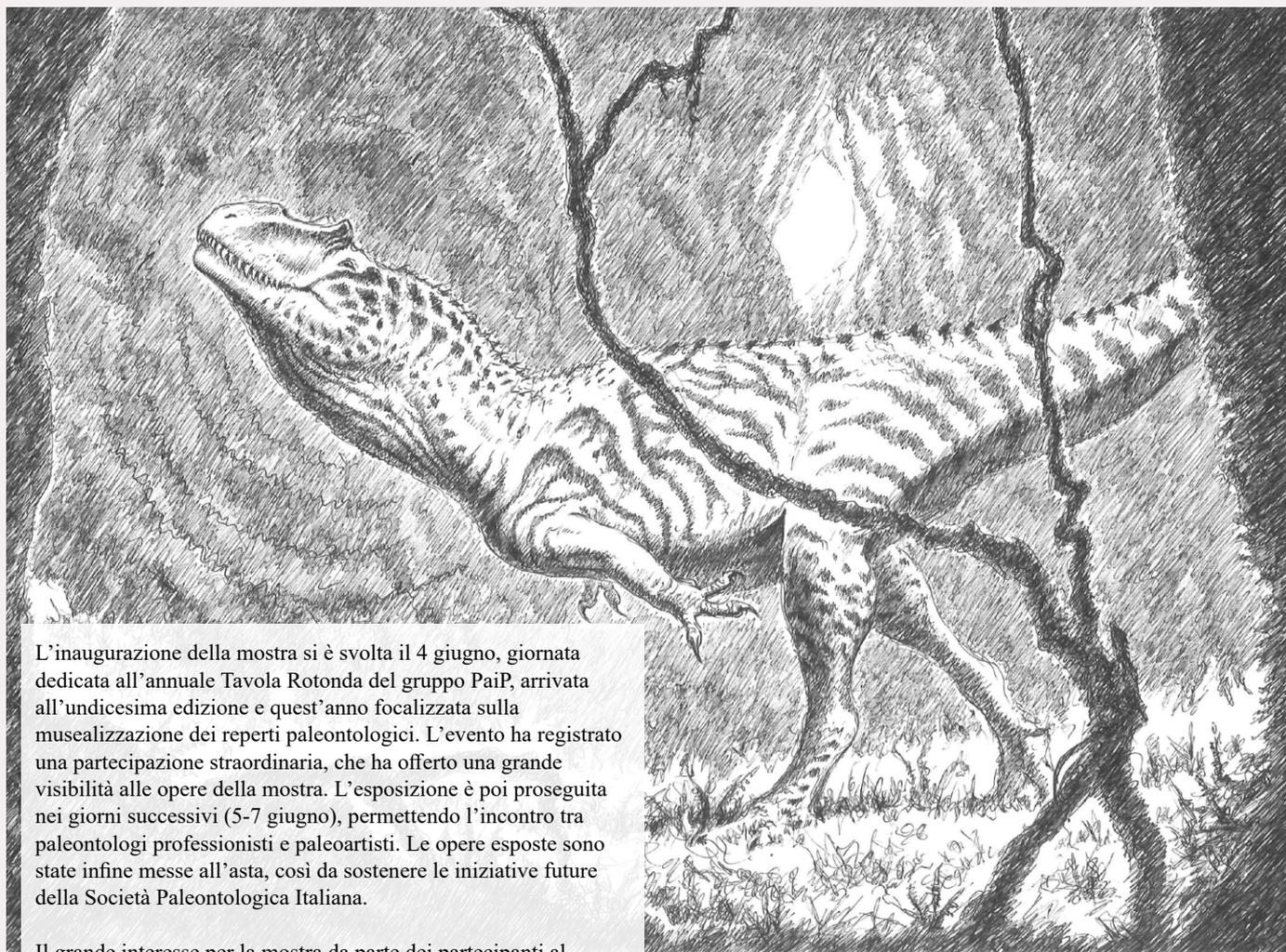
La mostra di paleoarte “Le Meraviglie della Paleontologia 2: a spasso per l'Italia”, organizzata dal PaiP (*Palaeontologists in Progress*), gruppo Soci non strutturati della Società Paleontologica Italiana (SPI), si è svolta presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa dal 4 al 7 giugno 2024, in occasione della XXIV edizione della Giornate di Paleontologia, *Paleodays 2024*, congresso annuale della Società Paleontologica Italiana.

La mostra fa seguito a quella già svoltasi virtualmente durante i *Paleodays* del 2021 organizzati dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Bologna e poi replicata in presenza ai *Paleodays 2022* presso il Polo Universitario di Asti. Il successo dell'iniziativa, accompagnata dalla pubblicazione di un volume ritraente le opere selezionate (disponibile sul sito SPI), ha stimolato la progettazione di una seconda mostra. Si è deciso tuttavia di dedicare questa edizione al patrimonio paleontologico italiano sull'onda dell'iniziativa Fossili Regionali della SPI, iniziativa che ha portato nel corso del 2022-2023 all'elezione per voto popolare di un fossile rappresentativo per ognuna delle venti regioni italiane (www.paleoitalia.it/patrimonio-paleontologico/fossili-regionali).

Come nella prima edizione, la mostra è stata anticipata da una *open call* aperta a tutti; non sono stati imposti limiti sulla realizzazione delle opere, lasciando massima libertà su tecnica e stile, come perfettamente sintetizzato dalla locandina dell'evento, ritraente *Palaeoloxodon antiquus* del Pleistocene Medio italiano e realizzata in tecnica digitale mista da Leonardo Sorbelli, Fabio Manucci, Simone Zoccante e Fabio Franceschi.

Le opere raccolte, in numero di 80, sono state valutate da un comitato di esperti formato da Marco Cherin (Università degli Studi di Perugia), Flavia Strani (Università di Saragozza), Fabio Franceschi (Università di Torino), Roberta Branz (Museo di Storia Naturale dell'Alto Adige) e Franco Tempesta (Associazione Autori d'Immagini), e selezionate in base all'accuratezza scientifica della ricostruzione degli animali e delle piante raffigurate così come al valore artistico delle opere.

Le 26 opere selezionate sono state infine stampate ed esposte nelle sale del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa assieme a 11 opere di paleoartisti professionisti, invitati allo scopo di presentare un quadro quanto più completo dello scenario paleoartistico italiano.



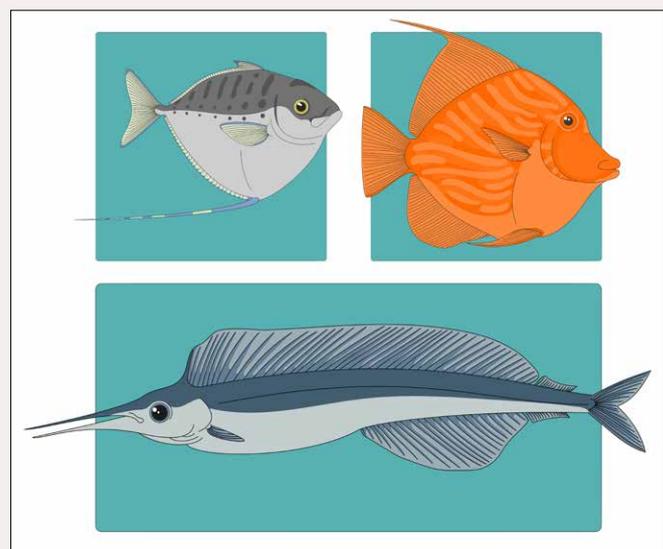
L'inaugurazione della mostra si è svolta il 4 giugno, giornata dedicata all'annuale Tavola Rotonda del gruppo PaiP, arrivata all'undicesima edizione e quest'anno focalizzata sulla musealizzazione dei reperti paleontologici. L'evento ha registrato una partecipazione straordinaria, che ha offerto una grande visibilità alle opere della mostra. L'esposizione è poi proseguita nei giorni successivi (5-7 giugno), permettendo l'incontro tra paleontologi professionisti e paleoartisti. Le opere esposte sono state infine messe all'asta, così da sostenere le iniziative future della Società Paleontologica Italiana.

Il grande interesse per la mostra da parte dei partecipanti al congresso, e non solo, conferma ancora una volta la straordinaria importanza della paleoarte come strumento di divulgazione scientifica. Il lavoro dei paleoartisti consente infatti a chiunque di immergersi in questo mondo e di comprendere meglio aspetto e stile di vita di organismi ormai persi nel tempo profondo. L'evento sottolinea ulteriormente il grande impegno della Società Paleontologica Italiana e del PaiP nel creare un ponte tra il mondo della ricerca accademica e quello dei paleoartisti, permettendo ai ricercatori di accedere a un linguaggio visivo con cui portare le proprie scoperte al grande pubblico, così come ai paleoartisti di trovare potenziali committenti e anche nuovi stimoli per il continuo aggiornamento delle proprie conoscenze e ricostruzioni.

L'iniziativa è stata ideata e coordinata dal Comitato Organizzatore PaiP formato da Beatrice Azzarà (Università degli Studi di Perugia), Alessandro P. Carniti (Università degli Studi di Milano), Fabio Franceschi (Università di Torino), Leonardo Sorbelli (Museo di Storia Naturale di Berlino). Fondamentale è stata la collaborazione del paleoartista Fabio Manucci, così come dei volontari del PaiP, in particolare Domenico Marchitelli, Chiara Pulsinelli, Riccardo Rocchi e Edoardo Terranova. L'organizzazione della call e della mostra si è svolta sotto la supervisione del Comitato di Presidenza SPI e il supporto del Comitato Organizzatore dei *Paleodays* di Pisa, coordinato da Giovanni Bianucci e Alberto Collareta (Università di Pisa), con la collaborazione della Società Geologica Italiana (SGI) e dell'Associazione Autori di Immagini.

Comitato PaiP

“Richiamo d’Amore – In una densa foresta perduta riecheggia un canto d’eternità”, Marzio Mereggia, penna a sfera su carta. Raffigurazione del teropode *Saltriovenator zanellai*, dal Giurassico Inferiore della Provincia di Varese, esposta presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università di Pisa durante la mostra “Le Meraviglie della Paleontologia 2: a spasso per l’Italia” (4-7 giugno 2024), nella sezione Opere a Invito.



“Bolca series 1, 2 & 3”, Filippo Chinaglia, illustrazione digitale. Raffigurazione di *Mene rhombea*, *Angiolinia mirabilis* e *Palaeorhynchus zorzini*, dal sito eocenico della Pesciara di Bolca, Provincia di Verona (Veneto), esposta presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università di Pisa durante la mostra “Le Meraviglie della Paleontologia 2: a spasso per l’Italia” (4-7 giugno 2024), nella sezione Opere Selezionate.

Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA

👤 a cura del Consiglio Direttivo AIV

🌐 www.aivulc.it

L'estate si è conclusa e con essa anche la corposa programmazione delle attività sociali che abbiamo messo in campo per l'anno corrente. Ma è già tempo per nuovi propositi per il 2025, come discusso in occasione dell'assemblea dei soci AIV tenutasi il 19 Settembre a Catania durante la 6a Conferenza A. Rittmann.

Rimanete dunque sintonizzati sui nostri canali *social* - Facebook, Instagram, X, YouTube - e sul sito *web* al link 🌐 www.aivulc.it per essere sempre aggiornati sulle nostre nuove attività sociali, sulle *news* riguardanti i vulcani attivi del nostro Pianeta e su quanto viene pubblicato dalla comunità vulcanologica italiana, anche tramite il rilascio mensile degli aggiornamenti al database delle pubblicazioni scientifiche PubAIV.

Il sostegno all'Associazione Italiana di Vulcanologia è fondamentale affinché si possano continuare a calendarizzare costantemente sia le scuole di formazione rivolte ai più giovani sia altri eventi collegiali per la nostra comunità. L'iscrizione all'AIV o il suo rinnovo anche per il 2025 è un modo per sostenerci in tal senso. Le iscrizioni sono aperte!

Scuola di Vulcanologia "BRUNO CAPACCIONI"

Dal 4 al 9 settembre 2024, a Lipari, si è tenuta la Scuola di Vulcanologia "Bruno Capaccioni", organizzata dall'AIV, in collaborazione con IAVCEI e INGV e con il patrocinio del Parco Archeologico Isole Eolie "Luigi Bernabò Brea". La Scuola è organizzata annualmente da ormai 15 anni ed è destinata a studenti universitari di corsi di laurea triennali e magistrali in discipline geologiche, allo scopo di fornire le basi della conoscenza dei sistemi vulcanici e dei processi eruttivi, con particolare attenzione allo studio delle morfologie e dei depositi vulcanici sul terreno. L'edizione 2024 è stata curata da Federico Lucchi e Claudio Tranne (Università di Bologna), Eugenio Nicotra (Università della Calabria) e Gianfilippo De Astis (INGV Roma 1) e ha visto la partecipazione anche di altri docenti e ricercatori, tra i quali Stefano Branca (Direttore dell'INGV-OE di Catania), Roberto Scandone (INGV-OV di Napoli) e Simona Scollo (INGV-OE di Catania). A fronte di 55 richieste di partecipazione, che dimostrano quanto sia forte la spinta propulsiva verso le attività di terreno e l'interesse verso i temi della Vulcanologia, sono stati selezionati 25 studenti universitari iscritti principalmente a corsi di laurea magistrale

provenienti da diverse università italiane (5 da Roma-Sapienza, 5 da Catania, 4 da Pisa, 3 da Roma Tre, 3 da Napoli, 1 dall'Università della Calabria, 1 da Padova, 1 da Palermo, 1 da Barcellona, 1 dall'ETH di Zurigo). Le attività, combinate tra lezioni teoriche presso il Museo Archeologico di Lipari ed esercitazioni sul terreno, presso le isole di Lipari, Vulcano e Stromboli, si sono svolte in un clima di condivisione e collaborazione. Le escursioni hanno riguardato l'analisi dei depositi piroclastici e lavici, e dei processi di costruzione e distruzione vulcanica. Ci si è dedicati all'analisi di depositi piroclastici e lave riferibili ad eruzioni effusive ed esplosive di medio-bassa intensità di magmi basici e acidi, con particolare attenzione ai metodi di descrizione e interpretazione dei depositi vulcanici e alle caratteristiche distintive degli stessi riconducibili a differenti meccanismi di trasporto e deposizione (da processi di caduta a correnti piroclastiche e lahar), alle tipologie dei corpi lavici e ai corrispondenti processi magmatici/eruttivi, ed anche al riconoscimento delle principali morfologie vulcaniche e di collasso vulcano-tettonico.



Grande successo per la 6A CONFERENZA ALFRED RITTMANN a Catania



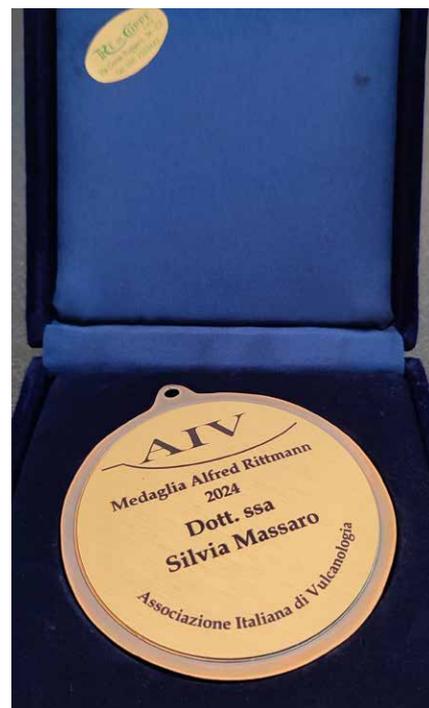
Dal 18 al 20 Settembre 2024, il Monastero dei Benedettini in San Nicolò l'Arena di Catania è stato sede della sesta edizione della Conferenza Alfred Rittmann, l'appuntamento scientifico più rilevante su scala nazionale in ambito vulcanologico. L'evento è stato organizzato da AIV, INGV, IAVCEI e Università degli Studi di Catania, con il patrocinio della Società Geologica Italiana e Parco dell'Etna. L'edizione del 2024 ha visto la partecipazione straordinaria di circa 350 ricercatori, con buona partecipazione anche di italiani impegnati all'estero e ricercatori stranieri. La sesta edizione della Conferenza Rittmann si è articolata in 16 sessioni tematiche, a copertura di molteplici tematiche scientifiche di ambito vulcanologico, e ha favorito un approccio alla discussione altamente multidisciplinare, con circa 170 presentazioni orali e 130 poster. Ad impreziosire il programma anche due eventi plenari, il primo, con la *lecture* della Prof.ssa Costanza Bonadonna (Presidente IAVCEI) dal titolo "*The role of communities in advancing scientific knowledge: the IAVCEI example*", mentre il

secondo con un approfondimento sulla crisi ai Campi Flegrei con interventi del Dott. Mauro Di Vito (Direttore dell'INGV-OV), Prof. Mauro Rosi (Commissione Grandi Rischi – Settore Rischio Vulcanico), Dott.ssa Titti Postiglione (Vice Capo Dipartimento della Protezione Civile) e discussione moderata dal Prof. Marco Viccaro (Presidente AIV). Nell'ambito dell'assemblea dei soci dell'Associazione Italiana di Vulcanologia è stata anche conferita la Medaglia Rittmann 2024, assegnata a giovani studiosi brillanti che abbiano contribuito in maniera originale e innovativa all'avanzamento delle conoscenze vulcanologiche. La Medaglia Rittmann 2024 è stata conferita alla Dott.ssa Silvia Massaro (Università di Bari "Aldo Moro"). La Conferenza ha dato spazio anche ad un piacevole momento di aggregazione informale con l'attesissimo party vulcanico in uno dei palazzi più stupefacenti della città di Catania, il Palazzo Biscari, a cui hanno partecipato circa 250 congressisti. In occasione della cerimonia di chiusura della conferenza, tutti i partecipanti si sono rivolti un caloroso arrivederci al 2026!

Medaglia Rittmann 2024



Silvia Massaro, Dottore di Ricerca in Geoscienze dal 2018 presso l'Università di Bari, ha lavorato come assegnista *post-doc* presso vari enti di ricerca, tra cui CNR-IGAG e INGV. La sua ricerca si è concentrata sulla modellazione delle fasi eruttive e la dispersione di *tephra* e gas atmosferici, con l'obiettivo di stimare la pericolosità vulcanica. Dal 2022 è ricercatrice presso l'Università di Bari.



Associazione Italiana DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA

• a cura di Ettore Valente, Dario Gioia, Marcello Schiattarella e Marta Della Seta

• www.aigeo.it

IL GRUPPO DI LAVORO *SIS*temi e *TEC*nologie integrati per l'analisi morfoTettonica (*SISTECT*)

La morfotettonica, ovvero lo studio degli effetti della deformazione tettonica sui processi di modellamento del rilievo terrestre, fornisce un contributo significativo alle ricerche nel campo delle geoscienze. Tradizionalmente, questa disciplina si fonda sul rilevamento di terreno dei cosiddetti *marker* geomorfologici di attività tettonica (ad es. terrazzi fluviali e marini) e sull'analisi numerica del rilievo terrestre.

Gli sviluppi tecnologici recenti, che interessano tutte le discipline delle geoscienze, hanno dato nuovo vigore alle ricerche nel campo della morfotettonica. Infatti, la disponibilità di modelli digitali del rilievo terrestre a scala globale e la più recente diffusione di numerosi applicativi in ambiente GIS e MATLAB hanno

contribuito al progresso dell'analisi geomorfica quantitativa e alla modellazione numerica dell'evoluzione del rilievo. A questo si affiancano moderne tecniche di monitoraggio multi-temporale del rilievo topografico, specialmente tramite elaborazione di dati acquisiti con UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*). In particolare, dati topografici multi-temporali ad alta risoluzione da rilievi LiDAR e dati interferometrici (InSAR) consentono di identificare aree soggette a deformazioni superficiali associate a tettonica attiva. Tuttavia, la diffusione di algoritmi "*user-friendly*" in grado di estrarre in maniera automatica parametri e indici del rilievo terrestre ha aperto il campo dell'analisi morfotettonica tramite approccio numerico anche a ricercatori con buone conoscenze



Fig. 1 - Veduta del versante meridionale del Monte Marzano e del bacino medio-pleistocenico di Buccino (in alto) e particolare della scarpata di faglia basale esposta lungo i torrenti Teglia (in basso a sinistra) e Vadursi (a destra).

informatiche ma con modeste o scarse competenze geologiche e geomorfologiche, con l'effetto che l'interpretazione dei risultati ottenuti spesso non trova riscontro nei dati di terreno.

Una soluzione per indirizzare al meglio il potenziale delle più moderne tecniche di indagine morfotettonica a piccola e a grande scala può essere la definizione di linee guida e/o buone pratiche da parte della comunità scientifica geomorfologica. Per rispondere a questa esigenza è attivo, dall'inizio del 2024, il Gruppo di Lavoro "SISTemi e TECnologie integrati per l'analisi morfoTettonica (SISTECT)", dell'Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia (AIGeo), coordinato da Ettore Valente (Università Federico II di Napoli) e Dario Gioia (CNR-ISPC Tito Scalo, Potenza). Il Gruppo di Lavoro vede la partecipazione di 28 ricercatori provenienti da università e istituti di ricerca disseminati sull'intero territorio nazionale ed è sempre aperto a nuovi innesti. SISTECT rappresenta l'evoluzione del Gruppo di Lavoro AIGeo "Geomorfologia strutturale, tettonica e vulcanica", attivo nel periodo 2012-2018. Tra le iniziative di questo GdL, coordinato da Marta Della Seta (Sapienza Università di Roma), in sinergia con la IAG (*International Association of Geomorphologists*) sono stati organizzati il *16th Joint Geomorphological Meeting (JGM) "Morphoevolution of Tectonically Active Belts"* (Roma e Appennino centrale, 1-5 luglio 2012) e la *Summer School "Alps vs. Apennines: Tectonic Geomorphology of Mountains"* (Alpi Occidentali, Peveragno, CN - Appennino centrale, Assergi, AQ, 2-9 luglio 2016).

L'obiettivo principale di SISTECT è di fungere da raccordo tra i ricercatori di morfotettonica che operano sul territorio nazionale, per favorire un continuo aggiornamento sulle più recenti metodologie di analisi e le loro applicazioni. Tra i principali prodotti attesi ci sono 1) la costruzione di un *Web-Gis* in cui far confluire i risultati della produzione scientifica con approccio morfotettonico relativa all'intero territorio nazionale; 2) la redazione della carta delle unità morfostrutturali dell'Appennino centro-meridionale; 3) la messa a punto di linee guida e/o documenti di sintesi che fungano da riferimento per un corretto approccio all'acquisizione e all'interpretazione di dati di interesse morfotettonico; 4) la realizzazione di ricerche in comune e la promozione di iniziative in sinergia con altri gruppi di lavoro di associazioni scientifiche nazionali e internazionali, tra cui il *Working Group "Tectonic Geomorphology"* della IAG.

Durante il primo anno di lavoro, le attività del GdL sono state incentrate nell'organizzazione di un *Workshop* e nella



Fig. 2 - Scarpata di faglia, con orientazione NO-SE, alla base del Monte Cocuzzone, la cui attività tardo-quaternaria ha determinato l'accumulo di diversi metri di depositi alluvionali nella zona di testata del Vallone Vadursi.

partecipazione ad un *webinar* organizzato dal *WG Tectonic Geomorphology* della IAG. Il *Workshop*, intitolato "L'approccio integrato all'analisi morfotettonica", si è tenuto nei giorni 11 e 12 Giugno 2024 presso la sede del CNR-ISPC di Tito Scalo (Potenza) e ha visto la partecipazione di molti dei soci aderenti al GdL. I lavori del primo giorno hanno previsto due presentazioni a invito, interventi di giovani ricercatori e una tavola rotonda durante la quale si è discusso delle future attività del GdL. Durante il secondo giorno è stata organizzata un'escursione sul massiccio del Monte Marzano, nell'area epicentrale della sequenza sismica del 23 Novembre 1980. Sono stati osservati depositi di conoide alluvionale dislocati dalla faglia basale del versante meridionale del Monte Marzano (**Fig. 1**), scarpate di faglia che limitano alcuni dei bacini intermontani del massiccio (**Fig. 2**) e la scarpata di faglia generata dal terremoto del 1980, che attraversa il bacino di Piano di Pecore (**Fig. 3**).

Durante il secondo anno si prevede l'organizzazione di un ciclo di seminari di respiro internazionale, nonché l'organizzazione di un secondo *Workshop*, in una sede diversa dalla prima, con annessa attività di campo.

a cura di Ettore Valente, Dario Gioia, Marcello Schiattarella e Marta Della Seta



Fig. 3 - Rottura cosismica del terremoto dell'Irpinia nell'area della conca endoreica di Piano di Pecore (settore occidentale della dorsale del Monte Marzano).



Società GEOCHIMICA Italiana

• a cura di Orlando Vaselli

🌐 www.societageochimica.it

Care Lettrici e cari Lettori, prima di iniziare a dettagliare le attività della Società Geochimica Italiana, vorrei condividere con voi il successo avuto dal 2° Congresso della SoGeI che si è tenuto a Perugia dall'1 al 4 Luglio 2024 presso il Complesso Monumentale di San Pietro, un'Abbazia Benedettina del X secolo. Attualmente, il Complesso Monumentale è gestito dalla Fondazione per l'Educazione Agraria che ospita le strutture del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali dell'Università di Perugia. Vorrei ringraziare tutti coloro che hanno speso tempo e sforzi nell'organizzazione di questo evento. Più di 100 persone hanno partecipato al congresso e circa 90 sono stati i contributi che abbiamo ricevuto per presentazioni orali e poster oltre a quelli dei 4 plenaristi: Andrea Bravo (CSIC-Spagna), Martina De Sanctis (INAF-Italia), Tobias Fisher (Università del New Mexico, USA) e Donato Giovannelli (Università di Napoli, Italia), e degli invited: Giulio A. Ottonello (Università di Genova); Mauro Masiol (Università di Venezia); Sergio Calabrese (Università di Palermo) e Valentina Galluzzi (INAF) che hanno dato un tocco di internazionalità al congresso e che spero, nei prossimi anni, vada ulteriormente ad aumentare. Tutti i contributi sono stati pubblicati dall'INGV nella Miscellanea n. 81 (<https://editoria.ingv.it/miscellanea/2024/miscellanea81/>) che è stata curata da Alessandra Ariano, Lisa Ricci, Mauro Tieri e Monia Procesi. In questa seconda edizione del congresso, abbiamo ulteriormente allargato la platea delle tematiche introducendo, oltre a Geochimica sperimentale e computazionale, Geochimica ambientale e Geochimica delle aree vulcaniche, geotermiche e sismicamente attive, anche quella relativa Cosmochimica e Scienze Planetarie. Si ringraziano i colleghi perugini (un riconoscimento particolare va a Carlo Cardellini e Francesco Frondini che sono stati il motore pulsante locale del congresso) per l'ottima organizzazione e i membri del comitato organizzativo e quelli del comitato scientifico e i *conveners* delle varie sessioni. INGV, nella persona del Prof.

Carlo Doglioni, ha avuto un ruolo fondamentale in quanto ha sponsorizzato il congresso e fornito parte dei *gadget* distribuiti ai partecipanti oltre a dare il suo OK per la stampa dei contributi del congresso sulla Miscellanea INGV. Stesso dicasi per il Direttore del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Geoscienze e Scienze della Terra Risorse (CNR-IGG), Antonello Provenzale, per aver sostenuto anche finanziariamente il congresso. Un sentito ringraziamento va anche agli *sponsor* privati Analytical Pollution, Encotech, Thermo Fisher, che sono stati presenti a Perugia con i loro *stand*.

Durante la prima giornata del congresso, sono stati premiati le migliori tesi di dottorato. Per il Premio Galli, sono risultati vincitori ex-aequo Simone Paternostro e Chris Ogunyele Abimbola, mentre Lisa Ricci ha avuto il riconoscimento del Premio Panichi. Infine, Giulio Bini ha vinto il Premio Tonani e Stefano Natali ha conseguito il Premio Tongiorgi. Poco meno di 20 tesi di dottorato sono state presentate ai 4 premi e tutte di ottimo livello. I membri delle varie commissioni, che ringrazio, hanno avuto il loro da fare per selezionare quelle più meritevoli. Un'ultima, ma non meno importante nota di questo congresso, è che grazie a Maurizio Barbieri (Università di Roma "La Sapienza"), Elisabetta Dore (Università di Cagliari) e Nicolas Greggio (Università di Bologna), per la prima volta una rivista internazionale *peer-review* (*Environmental Geochemistry and Health*), curerà uno *Special Issue* (<https://link.springer.com/collections/cggdjfjhb>) per quei ricercatori che desiderano inviare un articolo, presentato come orale o poster al Congresso di Perugia, sulla tematica di Geochimica Ambientale.

Durante la cerimonia di chiusura del congresso, Enrico Dinelli e Nicolas Greggio (Università di Bologna) hanno proposto la candidatura di Ravenna per l'appuntamento (2026) del 3° Congresso della Società Geochimica Italiana. L'anno in corso ha visto anche il successo della *International Astrobiology School 2024 - 10th AbGradE Anniversary* (21-



24 Maggio), tenutasi al Museo degli Innocenti di Firenze e sponsorizzata dalla nostra Società e, più recentemente, la Conferenza *Granulite & Granulite* (<https://granulites2024.sfmc-fr.org/>), che si è tenuta a Verbania dal 3 al 6 settembre 2024. Dal 15 al 21 Luglio, si è invece tenuta la *2a Carpathian Fluid Geochemistry Summer School*, organizzata dalla Babes-Bolyai University (Romania) in collaborazione con la *IAVCEI Commission on the Chemistry of Volcanic Gases (CCVG)* e la *Commission on Volcanic Lakes (CVL)* e la SoGel.

Per il 2025, sono già in ponte varie iniziative. La prima è la 5a Scuola CAMGEO dedicata alla caratterizzazione geochimica dei siti inquinati che si terrà a Napoli ad inizio Luglio mentre dal 9 al 13 Giugno ci sarà la oramai consueta “*Summer School on in situ measurements and sampling of volcanic gases*”, con quell’intrigante laboratorio all’aperto che è l’Isola di Vulcano. Tra questi due eventi, ricordo anche che dal 16 al 21 Giugno, Cagliari ospiterà il congresso congiunto della *3a International Association of GeoChemistry (IAGC) Conference*, il 18° *WRI (Water-Rock Interaction)* e 15° *AIG (Applied Isotope Geochemistry)* che vedrà il pesante coinvolgimento di numerosi membri della Società come proponenti di numerose sessioni ed escursioni. Sono altresì in ponte delle giornate di studio sulla modellazione geochimica e sul mercurio le cui date non sono ancora definite.

Gli aggiornamenti di tutte le iniziative sono riportati sui social SoGel:

<https://twitter.com/SocietaGe>

www.facebook.com/Società-Geochimica-Italiana-105767361597947

https://instagram.com/societageochimica_it

<https://it.linkedin.com/company/societageochimicaitaliana>

Associazione Italiana PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO

a cura di Eleonora Regattieri

www.aiqua.it



Fig. 1 - La presidente dell'INQUA (*International Union for Quaternary Research*), professoressa Laura Sadori, della Sapienza Università di Roma, saluta i partecipanti in presenza e in remoto. L'AIQUA rappresenta gli studiosi italiani che svolgono ricerche nell'ambito del Quaternario.

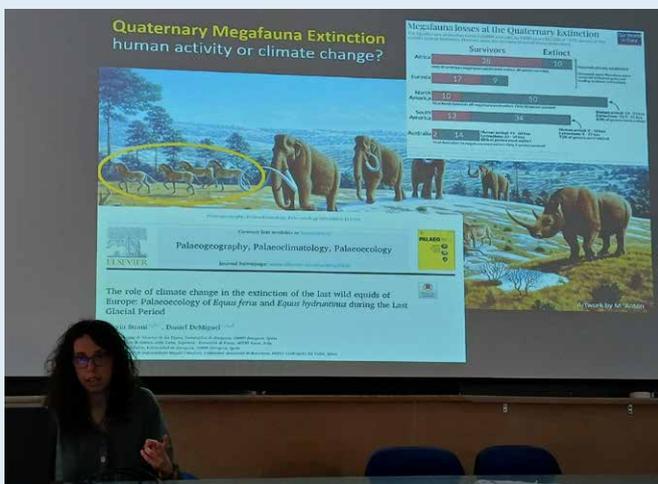


Fig. 2 - La dottoressa Flavia Strani dell'Università di Saragozza presenta l'intervento a invito "Mammal teeth as proxies to reconstruct Quaternary palaeoenvironments."

Il 24 e 25 giugno 2024, presso il Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza Università di Roma, si è tenuto il convegno annuale dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario (AIQUA), un evento che ha riunito esperti e giovani studiosi attorno al tema affascinante e complesso del Quaternario. Con il titolo evocativo "Pagine da decifrare: clima, organismi e territori del Quaternario", l'incontro ha offerto una panoramica a 360 gradi sulle dinamiche che hanno modellato la Terra e la vita in questo periodo cruciale.

Il convegno si è aperto con un breve saluto della Presidente dell'INQUA, professoressa Laura Sadori (**Fig. 1**) ed i saluti del direttore del Dipartimento, professor Gianni Andreozzi. È seguito l'intervento a invito della dottoressa Flavia Strani (**Fig. 2**), dell'Università di Saragozza, che ha esplorato il mondo affascinante dei denti dei mammiferi come preziosi "indicatori" per ricostruire gli antichi ambienti del Quaternario. Un viaggio nella paleontologia che ha rivelato come anche il più piccolo dettaglio biologico possa offrire una finestra sul passato del nostro pianeta. Ma il cuore pulsante dell'evento sono stati i giovani ricercatori, protagonisti di ben 14 presentazioni che hanno messo in luce ricerche innovative e interdisciplinari, spaziando dalla micropaleontologia alla palinologia, fino alla geomorfologia. Tra i numerosi interventi, due in particolare sono stati premiati per la loro eccellenza: Gabriele Niccolini ha conquistato il riconoscimento per la migliore presentazione orale, mentre Michele Delchiaro è stato premiato per il miglior *poster*.

Nel pomeriggio del 24 giugno, una tavola rotonda ha animato il dibattito con un tema di grande attualità: la cartografia e l'editoria scientifica nel campo del Quaternario. Moderata da esperti del settore come la professoressa Alessandra Negri, e le dottoresse Lucilla Capotondi e Ilaria Mazzini, la discussione ha affrontato le sfide e le opportunità della comunicazione scientifica in un'epoca di rapidi cambiamenti tecnologici e digitali.

La serata si è conclusa con una cena sociale nel caratteristico quartiere di San Lorenzo (**Fig. 3**), offrendo un'occasione informale di scambio e *networking* tra studiosi di diverse generazioni, confermando il ruolo di AIQUA come luogo di crescita per nuove idee e collaborazioni.

Il 25 giugno si è svolta l'assemblea annuale dei soci, momento centrale per la vita associativa, durante la quale si sono tenute le elezioni per il rinnovo delle cariche sociali. È stata eletta come nuova presidente Ilaria Mazzini (CNR IGAG). Sono stati eletti anche i nuovi revisori dei conti (Marco Anzidei INGV, Giovanni



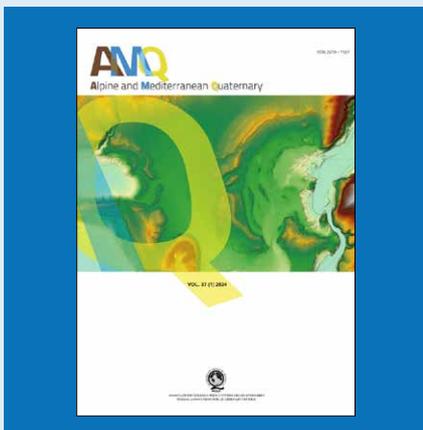
Fig. 3 - Una foto della cena sociale, un momento di convivialità, tra caffè e amari, dove le idee continuano a fluire.

Monegato CNR IGG, e Paola Petrosino, UNINA) e consiglieri Raffaele Sardella (Sapienza), Eleonora Regattieri (CNR IGG), Fabio Scarciglia (UNICAL), Patrizia Ferretti (UNIVE), Sandro Rossato (IGG-CNR) e Guido Stefano Mariani (UNITO). Con il consiglio di insediamento del 22 luglio, sono stati cooptati altri tre consiglieri come da statuto (Federica Badino UNIFI, Giulia Margaritelli IGG-CNR, Daniele Sechi UNICA, Davide Del Piano UNIFE). Il nuovo consiglio, di grande valore scientifico a conferma della vitalità e del dinamismo dell'associazione, è pronto a guidare l'associazione verso nuovi traguardi ed attende suggerimenti e spunti da tutti i soci.

In sintesi, il convegno AIQUA 2024 ha rappresentato non solo un'occasione di aggiornamento scientifico, ma anche un evento ricco di stimoli, dialoghi interdisciplinari e momenti di condivisione, dimostrando quanto lo studio del Quaternario sia fondamentale per comprendere il passato e affrontare le sfide del futuro.

Invitiamo tutti gli interessati a controllare periodicamente il sito www.aiqua.it per rimanere aggiornati sulle attività dell'Associazione. In particolare sono al momento in via di definizione le date per il consueto evento invernale, che quest'anno avrà come tema centrale la Geoarcheologia.

RIVISTA *Alpine and Mediterranean Quaternary*



Copertina dell'ultimo volume AMQ 37 (1) del 2024.

La rivista *AMQ - Alpine and Mediterranean Quaternary* è la pubblicazione ufficiale dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario (AIQUA). Dedicata alla diffusione di studi e ricerche riguardanti il periodo quaternario, la rivista rappresenta un punto di riferimento fondamentale per la comunità scientifica che si occupa delle dinamiche geologiche, climatiche e ambientali dell'area alpina e mediterranea. La rivista è uno spazio aperto per pubblicazioni originali, articoli di ricerca, revisioni di letteratura e note brevi, contribuendo a stimolare il dibattito scientifico e a promuovere lo scambio di idee tra ricercatori italiani e internazionali. Uno dei punti di forza della rivista è la sua

capacità di riunire studi interdisciplinari che collegano le dinamiche dell'area alpina, con la sua storia glaciale e montuosa, e del Mediterraneo, una regione complessa dal punto di vista climatico e ambientale. AMQ fornisce così un quadro completo delle trasformazioni avvenute durante il Quaternario, periodo chiave per comprendere l'evoluzione del clima, dei paesaggi e della biodiversità, nonché l'interazione tra ambiente e primi insediamenti umani.

AMQ è *Gold Open Access*, completamente gratuita e può essere consultata qui: <https://amq.aiqua.it/index.php/amq/issue/archive>

IL CONGRESSO CONGIUNTO SGI-SIMP *Geology for a sustainable management of our Planet* (2-5 settembre, 2024)

Il Congresso congiunto della SGI (Società Geologica Italiana) e della SIMP (Società Italiana di Mineralogia e Petrologia) “*Geology for a sustainable management of our Planet*” si è svolto a Bari dal 2 al 5 settembre 2024 presso il Campus Universitario.

Il pomeriggio del 2 settembre si è svolta la cerimonia di apertura con un *workshop* aperto al pubblico e dedicato alla divulgazione delle Geoscienze. I relatori, di rilievo internazionale, sono stati: Christopher Jackson, comunicatore scientifico della BBC, Özlem Adiyaman Lopes, “*Senior Manager*” dell’*International Geoscience and Geoparks programme of UNESCO*, Luigi Bignami, giornalista *Focus TV*, Emilio Casalini, conduttore di “*Generazione Bellezza*” RAI3. La partecipazione al *workshop* è stata varia e numerosa, e i presenti hanno superato i 600 posti dell’Aula Magna Attilio Alto. Al *workshop* sono seguiti i saluti di apertura delle autorità; il via alle attività congressuali è stato dato dalla Fanfara dell’Istituto Comprensorio Massari-Galilei di Bari, diretta dal maestro Rocco Caponio e composta da giovanissimi musicisti, che ha suonato l’inno nazionale e ha poi accompagnato i partecipanti durante un aperitivo di benvenuto nell’atrio Cherubini.



La Presidente del Congresso SGI Luisa Sabato (a sinistra) e la Presidente del Congresso SIMP Emanuela Schingaro (a destra) con la Presidente dell’ICDP Elisabetta Erba (al centro), *plenary* della terza giornata congressuale.



Presentatori e relatori del *workshop* “*Geology for society: the importance of communication, so difficult, so necessary*” del 2 settembre.



La Fanfara dell'Istituto Comprensorio Massari-Galilei di Bari mentre esegue l'inno nazionale durante la Cerimonia di apertura del Congresso.



Foto di gruppo con Presidenti del Congresso, segreterie e helpers.

Nella mattinata del 2 settembre si sono svolti anche il *workshop* relativo al progetto PNRR “*GeoSciences IR. A research infrastructure for geological sciences*”, al quale hanno partecipato numerosi *stakeholders* coinvolti in un progetto PNRR, e il *PhD Day*, dal titolo: “*From Student to Scholar: the evolution of problem-solving skills in Geoscience PhD candidates*” con la partecipazione di numerosi dottorandi italiani e stranieri.

Le successive tre giornate congressuali (3, 4, 5 settembre) hanno ospitato ben 53 sessioni scientifiche che hanno raccolto oltre 1.200 *abstract* sottomessi come presentazioni orali o *poster*. I partecipanti sono stati circa 1.300!!

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

Il pomeriggio del 3 settembre si è svolto un *Townhall Meeting* con lo scopo di condividere esperienze e importanti ricadute scientifiche dei ricercatori italiani coinvolti nell'*International Ocean Drilling/Discovery Program*. In questa occasione è stato presentato il nuovo progetto *International Continental Scientific Drilling Program-ICDP*.

La sera del 4 settembre nel sagrato della Basilica di San Nicola tutti i congressisti sono stati invitati ad uno spettacolo musicale del gruppo “*Mascarimiri*”, di origini miste rom-salentine, che ha piacevolmente miscelato pizze ai ritmi balcanici.

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

Durante le assemblee delle Società organizzatrici del Congresso sono stati premiati numerosi soci che, grazie all'alto profilo delle loro ricerche scientifiche, contribuiscono a dare lustro alle società stesse.

Per la prima volta nella storia dei Congressi SGI-SIMP è stato organizzato un *kindergarten* con personale specializzato che ha intrattenuto i bambini presso il Museo di Scienze della Terra, a poche decine di metri dalla sede congressuale, permettendo così agli iscritti e/o alle iscritte con figli di età compresa fra 3 e 10 anni di partecipare pienamente alle attività congressuali.

Riguardo alle escursioni è da segnalare che la mattina del 2 settembre (il giorno prima dell'inizio delle attività congressuali) si è svolta un'escursione che prevedeva una passeggiata nella città vecchia di Bari, alla “scoperta” di tesori del patrimonio culturale, mentre il 6 settembre (il giorno dopo la fine del Congresso) si è svolta l'escursione nel territorio del Monte Vulture, che ha compreso anche una tappa per la degustazione di Aglianico nelle “*Cantine del Notaio*”.

Numerosi sono stati gli *sponsor* e i patrocini per il Congresso e quest'anno, per la prima volta, fra gli enti patrocinatori è stata inserita una organizzazione *non-profit* che si dedica alla riduzione della povertà globale, attraverso aiuti umanitari e progetti di sviluppo, e in particolare si sta dedicando a combattere il problema della scarsità di acqua legata anche ai cambiamenti climatici.

Per ringraziare tutti i partecipanti invitiamo a guardare un *minispot* appositamente predisposto che riassume i momenti salienti del Congresso (<https://youtube.com/shorts/hOxVjsvEH50?feature=share>) e a scorrere i numerosi scatti fotografici separati per giornate dal 2 al 5 settembre (<https://drive.google.com/drive/folders/1Jlduw6Z1XW7AcHrdUxYM9bCBtOQzTOrC?usp=sharing>).

Inoltre è possibile vedere o “rivedere” la Cerimonia di apertura del 2 settembre, comprensiva del *workshop* “*Geology for society: the importance of communication, so difficult, so necessary*”, oltre alle tre conferenze plenarie, collegandosi ai [link 240902-05 Geology](https://www.sgi-simp.org/240902-05-Geology).

Grazie a tutti per aver contribuito, con la vostra partecipazione, al successo del Congresso congiunto SGI-SIMP 2024!!!

Le Presidenti del Congresso Luisa Sabato ed Emanuela Schingaro e il vice-Presidente Marcello

LA GEOLOGIA, un fil rouge che lega le generazioni

Premi SGI 2024

Avvicinare i bambini alla scoperta del nostro Pianeta, stimolare i giovani a dedicarsi alle attività di terreno come strumento imprescindibile per comprendere i processi geologici, supportare i neo dottori di ricerca e i giovani ricercatori nell'avvio della loro carriera guardando al futuro anche attraverso una rilettura storica, riconoscere percorsi scientifici maturi in diversi ambiti disciplinari valorizzando anche il ruolo delle scienziate, promuovere la qualità di pubblicazioni e cartografie, premiare il contributo scientifico e alla comunità dato da scienziati italiani e stranieri con una carriera consolidata: questo il percorso delineato dai premi della Società Geologica Italiana.

I Premi SGI 2024 hanno confermato il crescente interesse dei ricercatori italiani a questi riconoscimenti. Il numero elevatissimo di candidature e l'alto livello delle ricerche scientifiche presentate, che sono segni positivi di vitalità della comunità geologica nazionale, hanno reso particolarmente complesso il lavoro di valutazione delle commissioni, portando all'assegnazione di premi *ex-aequo*.



Gloria Rossi, vincitrice *ex-aequo* Premio "Emilio Cortese", categoria "undergraduate", premiata da Fabrizio Berra.

Vincitori dei Premi SGI 2024

Premio "Quintino Sella per la Didattica delle Scienze della Terra": Classi II C e D della Scuola primaria J. Sanvitale (Istituto Comprensivo Statale Parma Centro) con il progetto "Laboratorio di Vulcanologia" realizzato grazie al contributo di studenti della IV C del Liceo A. Bertolucci nelle ore di Percorsi Competenze Trasversali e Orientamento; "l'azione didattica ha coinvolto i bambini in attività esperienziali svolte in classe, partecipando a lavori di gruppo condotti dagli studenti liceali, privilegiando, così, la metodologia *peer tutoring*".

Premio "Emilio Cortese - *Best Geological Map*": categoria *undergraduate ex-aequo* Gloria Rossi per la "Carta geologica di quattro settori chiave della dorsale marchigiana (MC)" e Chiara Scabin per la "Carta Geologico-Strutturale Del Massiccio Del Dora-Maira Settentrionale - Val Pellice"; categoria *PhD student* Simone Lenci per la "Carta geologico-strutturale della bassa Turrice Secca (Lucca)".

Premio "Quintino Sella" per la migliore tesi di Dottorato: *ex-aequo* Martina Forzese "*The response of coastal carbonate parasequences to relative sea-level change and evolving palaeoclimatic proxies*" e Ileana Santangelo "*Plinian eruptions and their impact in urban contexts: dynamics and effects on the territory of the pyroclastic currents of the AD 79 Vesuvian eruption*".

Premio "Giorgio Dal Piaz": Alberto Ceccato per il "contributo importante per la conoscenza dei processi tettono-metamorfici che controllano la deformazione crostale e litosferica nelle catene montuose, con particolare riferimento alle Alpi e alle Caledonidi norvegesi."

Premio "Marianna Panciatichi Ximenes d'Aragona": Claudia Agnini la cui carriera "rappresenta un esempio per tutti e, in particolare, per le giovani ricercatrici e ricercatori, invitati ad affrontare l'ampio spettro delle Scienze della Terra in maniera unitaria e con il contributo di colleghi da tutto il mondo".

Premio "Marco Beltrando": Luca Pandolfi per "la qualità e continuità della produzione scientifica, l'elevata internazionalizzazione delle collaborazioni scientifiche, la capacità



I vincitori del Premio “Secondo Franchi” - pubblicazioni 2023 (da destra Giulio Viola, Sara Degl’Innocenti, Costantino Zuccari, Manuel Curzi) premiati da Marco Malusà e Rodolfo Carosi.

di attrarre risorse finanziarie e coordinare progetti di ricerca internazionali”.

Premio “Ricerca applicata allo studio delle pericolosità geologiche”: Fabio Dioguardi per il contributo delle “sue ricerche allo studio della pericolosità vulcanica, attraverso la modellazione numerica, ottenuta anche attraverso la proposizione e lo sviluppo di nuovi codici di calcolo, di fenomeni vulcanici di varia natura e a diverse scale”.

Premio “Quintino Sella *for the History of Geosciences in honor of Nicoletta Morello and Bruno Accordi*” Francesco Vezzani con l’articolo “La vita immobile in una Terra in movimento. Le Lezioni elementari di Fisica Terrestre di Angelo Secchi (1879)”.

Targa Selli: Isabella Premoli Silva “per i suoi rilevanti contributi scientifici, la sua *leadership* nei campi della micropaleontologia, stratigrafia, paleoceanografia e perforazioni oceaniche oltre che per il suo ruolo di mentore di molti giovani geoscientisti e per il suo profondo impegno nei confronti della comunità geologica”.

Medaglia Capellini: Michel Ballèvre “*for the fundamental contributions to the understanding of the subduction stages and collisional evolution of the Alpine orogen*”.

Premio Franchi (pubblicazioni 2023): Curzi M., Zuccari C., Vignaroli G., Degl’Innocenti S., Viola G. “*Alpine transpression in the Passo Rolle area (Dolomites, Italy): new structural and paleostress constraints*”, IJG 142 (2).

Premio cartografia geo-tematica: Basilici M., Pedini M., Spinaci A., Del Sole L., Jablonská D., Capotorti F., Mazzoli S., Pierantoni P.P. “*Geological map, balanced and restored cross-sections, and 3D geological model of the Monte Fema area, Umbria-Marche Apennines (Italy)*”, IJG 142 (3).

Premio Miglior guida all’escursione: Marianna Cicala “*From the Apulia Foreland to the Bradanic Trough: A one-day geological field trip “jumping” from Cretaceous to Pleistocene in the Murge area (Puglia, southern Italy)*” Geologia del sedimentario (GEOSD), Giorgia Carano “*Guide for a field trip in the Modi Khola Valley (Central –Western Nepal): a complete transect of the Himalayan chain*” Geologia strutturale e tettonica (GIGS).



Le vincitrici *ex-aequo* del Premio “Quintino Sella” per la miglior tesi di Dottorato, Martina Forzese (a sinistra) e Ileana Santangelo (a destra).



Alberto Ceccato (a destra), vincitore del Premio “Giorgio Dal Piaz”, premiato da Giulio Di Toro.

IL 37° CONGRESSO GEOLOGICO INTERNAZIONALE A BUSAN Corea

Fondata nel 1961, l'*International Union of Geological Sciences* (IUGS) è una delle maggiori e più attive organizzazioni scientifiche non governative del mondo. La IUGS promuove e supporta lo studio dei problemi geologici di interesse globale e facilita la cooperazione e l'interdisciplinarietà nelle Scienze Geologiche. Uno dei maggiori organismi dell'*International Science Council*, la IUGS ha più di 110 nazioni aderenti e rappresenta più di cinquanta associazioni scientifiche (www.iugs.org/history). Una delle principali attività è l'organizzazione dei congressi geologici internazionali.

L'Italia è tra le nazioni che partecipano più attivamente alla vita dell'Unione ed è dotata di una Commissione IUGS-CNR che è stata ricostituita con Provvedimento del Presidente CNR n.118 (prot. 284122/2023 del 28/09/2023) avendo terminato il suo mandato il 31 dicembre 2022. Il Presidente della Commissione è Rodolfo Carosi, rappresentante titolare in IUGS. I membri della Commissione sono: Dott.ssa Daniela Di Bucci, Prof. Carlo Doglioni, Dott. Massimo Frezzotti, Dott. Biagio Giaccio, Prof. ssa Simonetta Monechi, Prof.ssa Isabella Raffi, Dott. Guido Ventura, Dott. Marco Amanti, Prof. Carlo Baroni, Dott. Giacomo

Corti, Dott. Antonello Provenzale, e Dott.ssa Silvia Peppoloni IUGS Liaison. Segretaria di Commissione: Dott.ssa Cecilia Lalle (www.cnr.it/it/organismo-scientifico-internazionale/39/iugs-international-union-of-geological-sciences).

Dal 23 al 31 agosto 2024 si è svolto a Busan (Corea), presso il centro congressi BEXCO, il *37th International Geological Congress* (dell'*International Union of Geological Sciences*) dal titolo "*Voyages to the Unifying Earth*" (www.igc2024korea.org). Il congresso ha avuto più di 200 sessioni scientifiche nei giorni del congresso e circa 500 *poster* al giorno. La partecipazione italiana è stata significativa con ben 14 sessioni scientifiche proposte spaziando dalla Geologia Strutturale, al GIS e *Remote Sensing*, alla Geoetica, ai *Geohazard*, al *Geoheritage* e *Geoparks* fino alla *Geological education*. Nel complesso è stata una straordinaria opportunità di scambi e di nuove conoscenze. L'Italia è stata rappresentata ufficialmente da una delegazione composta da quattro professori in rappresentanza della comunità geologica nazionale: Elisabetta Erba (Università di Milano), Simonetta Monechi (Università di Firenze), Miche Zucali (Università di Milano) e Rodolfo Carosi (Università di Torino; con la funzione di capo delegazione).



La delegazione Italiana al 37th IGC (da sinistra a destra: M. Zucali, E. Erba, R. Carosi e S. Monechi).



Il centro congressi BEXCO di Busan.



Seduta plenaria del 37° IGC.

La delegazione ha partecipato, oltre che alle sessioni scientifiche, alle interessanti *Plenaries* (tra le quali la *Plenary speech* di Silvia Peppoloni dal titolo “*On the future of geosciences through the lens of geoethics*”), ai due giorni di intenso lavoro di IUGS il 28 e il 29 agosto. Nei due giorni sono state esaminate le attività delle varie commissioni, sottocommissioni, *task group* dell’IUGS, ed effettuate le votazioni per il prossimo IGC del 2028 nonché l’approvazione dei secondi 100 *Geological Heritage Sites* e delle prime 55 *Heritage Stones* con alcuni successi tutti italiani. È, inoltre, un grande piacere comunicare che Elisabetta Erba (Università di Milano) è stata ufficialmente nominata Presidente della *International Commission of Stratigraphy*, un riconoscimento davvero prestigioso e una grande visibilità per la geologia italiana! I successi italiani non si fermano qui perché durante le votazioni per il rinnovo dei vertici di IUGS, tenutesi il 29 agosto, Maria Rose Petrizzo (Università di Milano) è stata eletta vice-presidente di IUGS: a lei vanno i migliori auguri. La neo-Presidente eletta di IUGS è Hassina Mouri (Sud Africa).

Dopo le simpatiche, ma estremamente professionali, presentazioni delle nazioni candidate a tenere il 38th IGC nel 2028, che hanno visto una accesa competizione tra Australia, Canada e Scozia, è stata votata, a larga maggioranza, la proposta dei colleghi canadesi di tenere l’IGC del 2028 a Calgary (Canada).



La *Plenary Speech* di Silvia Peppoloni.



Passaggio di consegne tra E. Erba e D. Harper per *International Commission on Stratigraphy*.



Lo stand dell’Istituto Coreano di Geoscienze.



I nuovi membri eletti alla direzione dell’IUGS (terza da destra la Vice-Presidente Maria Rose Petrizzo, quinta da destra Hassina Mouri, Presidente).

GEOHERITAGE SITES, HERITAGE STONES E GEOCOLLECTIONS: *l'Italia acquisisce nuovi riconoscimenti internazionali*

Durante il 37th *International Geological Congress IGC*, (Busan, Corea) e nel corso della 5^o riunione della *International Union of Geological Sciences* del 28 e 29 agosto che si è svolta al suo interno, sono stati presentati e ufficialmente approvati i secondi 100 *Geoheritage sites* (il pdf è liberamente scaricabile dal sito: <https://iugs-geoheritage.org/designations/>) che vede l'introduzione di ben sette nuovi siti in Italia. Sono stati presentati 179 siti candidati da 65 nazioni diverse. Hanno partecipato alla selezione 85 esperti da 50 differenti nazioni e 16 organizzazioni internazionali. Un lungo ed accurato lavoro di selezione al quale hanno partecipato anche ricercatori italiani!

La definizione di *Geological Heritage Site* è differente da quella di geosito di comune accezione: “*An IUGS Geological Heritage Site is a key place with extraordinary geological elements or processes of the highest scientific relevance, used as a global reference, and/or with a substantial contribution to the development of geological sciences through history*”. Quindi deve trattarsi di un geosito i cui studi hanno portato ad avanzamento delle conoscenze.

I nuovi siti approvati sono: *Arduino's lithostratigraphical sequence of the Agno Valley* e *Vesuvius volcano* per la categoria *History of geosciences*; *Latemar Triassic carbonate platform* e *Pliocene cyclostratigraphy of Scala dei Turchi* per la categoria *Stratigraphy and sedimentology*; *The Mohorovicic discontinuity in the Ivrea-Verbano Zone* e *The ultrahigh-pressure unit of the Dora-Maira Massif* per la categoria *Igneous and Metamorphic petrology*; *Surface faulting of a seismic sequence in Mt. Vettore* per la categoria *Tectonics*.

Collegandovi a questo sito <https://iugs-geoheritage.org/> si possono vedere e scaricare liberamente i file pdf dei libri, veramente belli e con magnifiche fotografie, oppure ordinare delle copie cartacee.

Durante i due giorni di riunioni di IUGS è stata inoltre presentata la raccolta delle prime 55 *Heritage Stones* mondiali, che vedono la presenza di ben quattro *Heritage Stones* italiane.

Questa è la definizione di *Heritage Stones*: “*An IUGS Heritage Stone (HS) is an IUGS designated natural stone that has been used in significant architecture and monuments, recognized as integral aspects of human culture. These special stones are an essential part of our heritage and show the important role of geological sciences throughout human history*”.



Monte Vettore

Scala dei Turchi

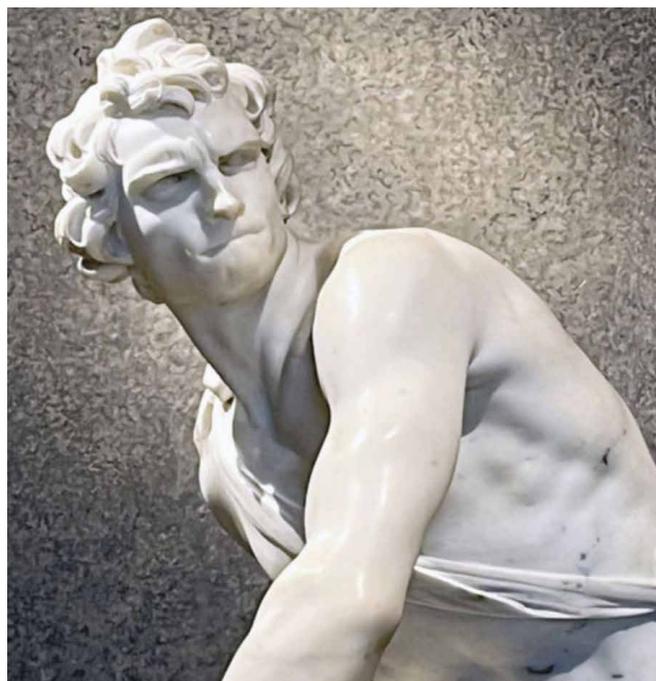
Le prime 55 *Heritage Stones* provengono da 24 diversi Paesi; tra queste, quelle italiane sono: Marmo di Carrara “*The essence of classic sculpture*” - nella categoria delle pietre di origine metamorfica, Pietra Serena “*The stone of the Renaissance*” - nella categoria delle pietre di origine sedimentaria; Granito Rosa Beta “*Building the Sardinian countryside and Heritage since Prehistoric times*” e Basalto Sardo “*A rediscovered stone*” - nella categoria delle pietre di origine magmatica.

Così come per i due volumi dedicati ai primi e ai secondi 100 Geositi, anche il volume delle prime 55 *Heritage Stones* è liberamente scaricabile a questo [link](https://iugs-geoheritage.org/publications-dl/IUGS-FIRST-55-STONES-WEB-BOOK.pdf) [🌐 https://iugs-geoheritage.org/publications-dl/IUGS-FIRST-55-STONES-WEB-BOOK.pdf](https://iugs-geoheritage.org/publications-dl/IUGS-FIRST-55-STONES-WEB-BOOK.pdf). Ad ogni *Heritage Stone* sono dedicate 4 pagine che, a partire da una nota introduttiva, ne illustrano la natura petrografica, la zona di affioramento e la storia geologica, le cave, e infine l'impatto culturale e in architettura.

Questo volume rappresenta un prestigioso riconoscimento internazionale per le pietre italiane e contemporaneamente un'opportunità straordinaria per esplorare e approfondire la ricchezza del nostro patrimonio geologico e del suo intreccio con la storia umana e gli aspetti socio-economici, artistici tecnologici e culturali dei territori, raccontato attraverso le affascinanti storie di queste pietre.

Infine, per le *GeoCollections* è presente la collezione *Valdarno Pliocene and Pleistocene mammals* ospitata presso il Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze (sito web: [🌐 https://iugs-geoheritage.org/geo-collections/valdarno-pleiocene-and-pleistocene-mammals/](https://iugs-geoheritage.org/geo-collections/valdarno-pleiocene-and-pleistocene-mammals/)). “*An IUGS Geological Heritage Collection is composed of rocks, minerals, meteorites and/or fossils. It may also include other types of samples like drill cores, oil, loose sediments, volcanic ash, or processed geomaterial such as thin sections, polished sections, grain mounts, mineral separates, and powders. All kinds of collections related to Earth Sciences can be considered, but should preferably stand out by one specific sample type. An IUGS Geological Heritage Collection must be a group of specimens that has extraordinary scientific, historical and/or educational value.*”

Buona lettura e arriverci a presto ai *Third 100 IUGS Geological Heritage Sites* e alle *Second 55 IUGS Heritage Stones*!



David di Gianlorenzo Bernini, Galleria Borghese (Roma) - Marmo di Carrara.



Collezione dei mammiferi pliocenici e pleistocenici del Valdarno, ospitata presso il Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze.

Link:

GEOHERITAGE SITES

Arduino's lithostratigraphical sequence of the Agno Valley

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/arduinos-lithostratigraphical-sequence-of-the-agno-valley/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/arduinos-lithostratigraphical-sequence-of-the-agno-valley/)

Vesuvius volcano

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/vesuvius-volcano/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/vesuvius-volcano/)

Latemar Triassic carbonate platform

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/latemar-triassic-carbonate-platform/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/latemar-triassic-carbonate-platform/)

Pliocene cyclostratigraphy of Scala dei Turchi

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/pliocene-cyclostratigraphy-of-scala-dei-turchi/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/pliocene-cyclostratigraphy-of-scala-dei-turchi/)

The Mohorovicic discontinuity in the Ivrea-Verbano Zone

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/the-mohorovicic-discontinuity-in-the-ivrea-verbano-zone/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/the-mohorovicic-discontinuity-in-the-ivrea-verbano-zone/)

The ultrahigh-pressure unit of the Dora-Maira Massif

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/the-ultrahigh-pressure-unit-of-the-dora-maira-massif/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/the-ultrahigh-pressure-unit-of-the-dora-maira-massif/)

Surface faulting of a seismic sequence in Mt. Vettore

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/surface-faulting-of-a-seismic-sequence-in-mt-vettore/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/surface-faulting-of-a-seismic-sequence-in-mt-vettore/)

GEOHERITAGE STONES

Marmo di Carrara

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/carrara-marble-province/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/carrara-marble-province/)

Pietra Serena

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/pietra-serena/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/pietra-serena/)

Granito Rosa Beta

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/rosa-beta-granite/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/rosa-beta-granite/)

Basalto Sardo

[🌐 https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/sardinian-basalt/](https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/sardinian-basalt/)

NUNTIUM

de Lapidibus

Autore Massimo Coli

Dipartimento di Scienze della Terra. Università di Firenze.

Heritage stones, Building stones and Stone buildings news

La Pietra degli Imperatori

Nelle offerte commerciali attuali sono presenti tanti e svariati tipi di pietre per pavimenti, piani, rivestimenti, statue delle più diverse tipologie ed origine; recentemente discutevo con alcuni amici e colleghi di queste pietre e della loro “rarità”, termine un poco strano in quanto in fondo la geologia è sempre quella anche se poi si differenzia per peculiarità locali. Comunque, alla fine abbiamo concordato di ritenere la più rara e preziosa il Porfido Rosso Antico.

Vediamo allora di capire le ragioni che ci hanno portato a questa scelta che spero condiviate.

Dopo sporadico uso in epoca Egizia e Tolemaica, nel 18 d.C. il legionario Caius Cominius Leugas trovò un frammento di questa pietra e la offrì all’Imperatore Tiberio, che se ne innamorò e la dichiarò *Imperatoria Porphyrius* (Porfido Imperiale) e ne riservò la coltivazione per solo uso imperiale.

A Roma raggiunse il massimo impiego dagli inizi del II secolo durante l’impero di Traiano, la sua coltivazione continuò fino alla metà del V secolo quando ogni attività estrattiva cessò.

Il Porfido Rosso era associato alla figura dell’Imperatore, a cui spettava il titolo di Porfirogenito (nato nella porpora), in quanto la stanza riservata alla loro nascita nel palazzo imperiale di Costantinopoli era rivestita di lastre di Porfido Rosso Antico; veniva anche impiegato per la realizzazione delle *rotae*, rivestimenti pavimentali a forma di disco sui quali l’imperatore si soffermava a pregare, riceveva l’omaggio degli ambasciatori stranieri e, alla sua morte, l’estremo saluto della corte.

L’uso principale era per lastre e colonne monolitiche, a Roma ve ne sono ancora 134 (8 nel battistero di San Giovanni in Laterano di riuso del X secolo) 2 a Firenze, 8 a Hagia Sophia, 1 di 30 m a rocchi a Istanbul, altre ad Aquisgrana; molti anche i busti e le vasche.



Venezia: i Dioscuri, in realtà i due Imperatori ed i due Cesari, copia all’esterno, l’originale è nel Museo di San Marco (fotografia M. Coli).

Il valore simbolico mediatico e religioso del Porfido Rosso Antico si è mantenuto nel Medioevo quando era considerato la pietra dei santi e dei martiri, e dei cerimoniali

papali, le *rotae* porfiritiche erano utilizzate nell’incoronazione degli Imperatori.

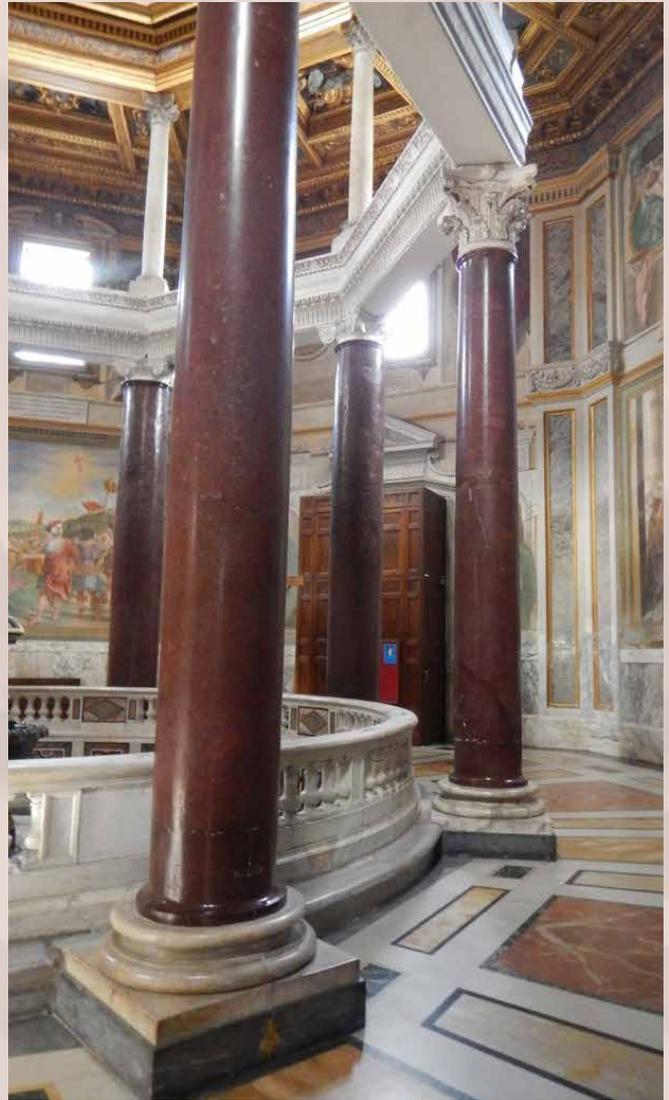
Il Porfido Rosso Antico è stato oggetto di continuo riutilizzo, fino al XVII secolo



Mons Porphyrites: panoramica della via di lizza dalla cava principale verso il wadi (fotografia M. Coli).



Il poggio di carico dalla slitta ai carri allo sbocco del wadi nella pianura costiera (fotografia M. Coli).



Roma: colonne di Porfido Rosso Antico al Battistero di San Giovanni in Laterano (fotografia M. Coli).

principalmente per colonne, lastre di rivestimento, pavimenti cosmateschi), al XVIII secolo per tavoli in commesso, e al XIX secolo, con ampio uso anche per sepolcri di Re ed Imperatori, tra cui le Arche dei Normanni a Palermo. Il Porfido Rosso Antico è la pietra più costosa citata nell'editto di Diocleziano, 301 A.D. (250 denari piede/cubo ~ 500.000 €/t); suoi sinonimi sono: *Lapis porphyrites*, Pietra di porpora, *Leucostictos* o Leucostitto, Tebaico, Pietra Romana. La varietà più pregiata è il Porfido Lattinato con fondo rosso vivo e numerose macchie di colore bianco latte, ma anche senza, ne esiste anche una varietà a fondo verdastro, preziosissima dove al posto di ematite e piemontite ci sono clorite ed epidoto;

la varietà meno pregiata è il Porfido bastardone con fondo rosso-violaceo e grandi macchie nere punteggiate di bianco, rara è la varietà con fondo bigio e macchie rosate, rosso-violacee e verdastre. Risulta estremamente duro al taglio ed alla lavorazione. Le sue cave sono a Mons Porphyrites nel mezzo del deserto orientale egiziano a 1600 m di quota nel Basamento Proterozoico Arabo-Nubiano; si tratta di filoni di porfido legati alle fasi vulcaniche del Dokhan (c. 700 Ma), di composizione dacitico-andesitica, poi interessati da metamorfismo legato alle intrusioni granitiche del Tardo Precambriano (c. 650 Ma); la sua unicità è legata alla sovrapposizione del metamorfismo termico plutonico su una

roccia magmatica intrusiva precedente. Il trasporto dal monte a valle avveniva lungo vie di lizza accuratamente realizzate, quindi lungo il wadi sopra slitte fino ad un poggio fuori il wadi che consentiva di caricare blocchi e colonne sui carri speciali; da lì al Nilo ci voleva una settimana, con tappe di circa 25 km da un punto di sosta all'altro, dal Nilo su zatteroni fino ad Alessandria e da lì per nave lapidaria a destinazione in un mese circa.

Ditemi se anche voi condividete la nostra idea di unicità particolare di questa pietra?

Grazie, ed alla prossima.

ISCRIZIONE e Rinnovo

Associatura INDIVIDUALE

Per associarsi alla Società Geologica Italiana ETS (SGI ETS) è necessario presentare una [domanda on-line](#), dove siano riportati i dati anagrafici, la propria posizione nei confronti della formazione Universitaria (studente triennale o magistrale, dottorando), un indirizzo fisico di riferimento, uno di posta elettronica e un numero di telefono cellulare. La domanda sarà sottoposta per l'accettazione alla prima riunione utile del Consiglio direttivo.

L'associatura alla SGI ETS prevede l'accettazione e l'osservazione delle norme dello Statuto e del Regolamento vigenti. Tutti i soci hanno gli stessi diritti/doveri nei confronti della SGI ETS e della sua vita sociale.

La quota associativa rappresenta il supporto fondamentale a tutte le attività sociali, tese alla promozione della cultura delle geoscienze sia all'interno della comunità scientifica, nazionale e internazionale, sia nel Paese. Associarsi o rinnovare la propria associatura alla Società Geologica Italiana ETS significa sostenere l'intera comunità delle geoscienze nel segno della storia, della tradizione e del rinnovamento.

Per effettuare l'associatura individuale o il suo rinnovo è necessario seguire le istruzioni riportate alla pagina:

<https://myhome.socgeol.it/344/iscrizione-e-rinnovo-alla-sgi.html>

Quota sociale 2025

La quota associativa si differenzia in base alla categoria di appartenenza (studenti, dottorandi, giovani, insegnanti di scuola, ordinaria, senior) e alla tipologia di associatura prescelta (*basic*, *silver*, *gold*, *platinum*). Le diverse tipologie di associatura definite per ciascuna categoria danno accesso ai prodotti editoriali della SGI ETS in maniera differenziata.

ANNO 2025				
	BASE	ARGENTO	ORO	PLATINO
Prodotti editoriali	GM + ROL	GM + ROL + IJG online	GM + ROL + IJG cartaceo e online	GM + ROL + IJG cartaceo e online + Geologia della Valle d'Aosta
Studenti (< 27 anni)	€ 20,00 € 25,00	€ 20,00 € 25,00	€ 60,00 € 75,00	≥ € 130,00 ≥ € 130,00
Dottorandi	€ 20,00 € 25,00	€ 20,00 € 25,00	€ 60,00 € 75,00	≥ € 130,00 ≥ € 130,00
Insegnanti di scuola	€ 20,00 € 25,00	€ 35,00 € 45,00	€ 60,00 € 75,00	≥ € 130,00 ≥ € 130,00
Juniors (< 30 anni)	€ 35,00 € 45,00	€ 55,00 € 70,00	€ 80,00 € 100,00	≥ € 130,00 ≥ € 130,00
Ordinari	€ 60,00 € 75,00	€ 80,00 € 95,00	€ 100,00 € 120,00	≥ € 130,00 ≥ € 130,00
Seniores (> 70 anni)	€ 35,00 € 45,00	€ 55,00 € 70,00	€ 80,00 € 100,00	≥ € 130,00 ≥ € 130,00

Per maggiori info
sulle iscrizioni
o sul rinnovamento:



La quota **BASE** garantisce l'iscrizione alla Società e a tutti i benefici previsti per gli associati, ossia l'accesso alla rivista *Geologicamente (GM)*, ai *Rendiconti online* della SGI (ROL) e alle riduzioni contemplate per tutte le attività sociali (congresso, riunioni delle Sezioni, ecc.), compreso l'acquisto di tutte le pubblicazioni cartacee a tariffe dedicate ai soci, ancorché ai materiali di utilizzo per l'attività del geologo contrassegnati dal logo della Società, sempre a tariffe particolari dedicate ai soci.

La quota **ARGENTO** garantisce, inoltre, l'accesso al formato elettronico dell'*Italian Journal of Geosciences (IJG)*.

Le quote **ORO** e **PLATINO** danno diritto anche al formato cartaceo dell'*Italian Journal of Geosciences*, comprensivo di tutti gli allegati tematici in forma cartacei (carte geologiche, tavole, etc.).

La quota **PLATINO** garantisce, inoltre, il libro "*Geologia della Valle d'Aosta*" a cura di Leonsevero Passeri e Giorgio V. Dal Piaz.

Si ricorda che i soci cinquantennali, onorari e benemeriti sono esonerati dal versamento della quota.

Associazione PER ENTI E AZIENDE

La quota associativa per Enti di ricerca, di formazione, di gestione territoriale, e Aziende si differenzia in base alla tipologia di associazione prescelta (*basic, silver, gold, platinum*), che fornisce l'accesso ai prodotti editoriali della SGI in maniera differenziata, e alle quantità di prodotti editoriali richiesti.

ANNO 2025				
Quote associative per le Università				
Quote associative istituzionali per Enti e Aziende				
	BASE	ARGENTO	ORO	PLATINO
Prodotti editoriali	GM + ROL	GM + ROL + IJG online	GM + ROL + IJG cartaceo e online	GM + ROL + IJG cartaceo e online + Geologia della Valle d'Aosta
1 accesso on-line	€ 250,00	€ 350,00	€ 500,00	≥ € 750,00
	€ 500,00	€ 700,00	€ 1.000,00	≥ € 1.500,00
5 accessi on-line	€ 375,00	€ 475,00	€ 625,00	≥ € 875,00
	€ 750,00	€ 950,00	€ 1.250,00	≥ € 1.750,00
10 accessi on-line	€ 500,00	€ 575,00	€ 750,00	≥ € 1.000,00
	€ 1.000,00	€ 1.150,00	€ 1.500,00	≥ € 2.000,00

La quota **BASE** garantisce l'associazione dell'Ente/Azienda alla Società con l'accesso alla rivista *Geologicamente* e ai *Rendiconti online* della SGI (ROL), e garantisce l'acquisto di tutte le pubblicazioni cartacee a tariffe dedicate ai soci e godranno di ogni agevolazione che la Società potrà procurare.

La quota **ARGENTO** garantisce, inoltre, l'accesso al formato elettronico dell'*Italian Journal of Geosciences (IJG)*.

Le quote **ORO** e **PLATINO** danno diritto anche al formato cartaceo dell'*Italian Journal of Geosciences*, comprensivo di tutti gli allegati tematici in forma cartacei (carte geologiche, tavole, etc.).

La quota **PLATINO** garantisce, inoltre, il libro "*Geologia della Valle d'Aosta*" a cura di Leonsevero Passeri e Giorgio V. Dal Piaz.

Associazione PER SOCIETÀ/ASSOCIAZIONI SCIENTIFICHE E/O NO-PROFIT DI TIPOLOGIA "LIGHT"

Per Associazioni e Società scientifiche e/o *no-profit* è possibile effettuare una associazione di tipologia istituzionale, in modalità "*light*", la quale permetterà alla Società/Associazione scientifica *no profit* di ottenere visibilità del proprio logo e attività attraverso il sito *web* della Società Geologica Italiana ETS in una pagina appositamente dedicata.

L'associazione istituzionale garantisce inoltre agli associati della Società/Associazione scientifica *no-profit* di ottenere:

- uno sconto del 10% per i loro associati su tutte le iniziative sia editoriali sia congressuali e di formazione organizzate dalla Società Geologica Italiana ETS (e.g., scuole, *workshops*, convegni, congressi, pubblicazioni, etc.);
- diffusione di notizie e materiali propri attraverso i media di SGI ETS (*newsletter, mailing lists, sito web, borse congressisti*);
- stand* gratuito in uno dei congressi SGI;
- utilizzo della *room* virtuale Zoom SGI.

Le Società/Associazioni Scientifiche *no-profit*, avranno la possibilità di partecipare con il proprio Presidente, o un suo delegato, alle assemblee della Società Geologica Italiana ETS e, su invito del Presidente

SGI, ai Consigli Direttivi nei quali si discutano argomenti di interesse delle Società/Associazioni Scientifiche *no-profit* associate.

ANNO 2025		
Quote associative istituzionali per Società/Associazioni scientifiche no-profit		
	benefits	costo
Light	Logo sito web + sconti 10% propri associati ai prodotti e attività SGI + distribuzione materiale attraverso i canali di comunicazione SGI + <i>stand</i> gratuito in uno dei congressi SGI + utilizzo della <i>room</i> virtuale Zoom SGI	€ 750,00
Full	tutti i suoi associati del godimento degli stessi diritti e doveri dei Soci SGI	quota istituzionale dimensionata alla numerosità e tipologia dei Soci

Associazione PER SOCIETÀ/ASSOCIAZIONI SCIENTIFICHE E/O NO-PROFIT DI TIPOLOGIA "FULL"

Alternativamente una Società/Associazione Scientifica *no-profit* ha la possibilità di sottoscrivere l'associazione Società Geologica Italiana ETS in modalità completa ("*full*"). In questo caso l'associazione alla SGI di una Società o Associazione Scientifica deve prevedere, affinché abbia valore legale, la possibilità per tutti i suoi associati del godimento degli stessi diritti e doveri dei Soci SGI. La richiesta di associazione "*full*" dovrà essere corredata dalla lista dei Soci, corredata dei loro dettagli anagrafici e professionali, e della liberatoria all'utilizzo dei loro dati personali. L'associazione "*full*" comporta l'accettazione da parte dell'associante dello statuto e del regolamento vigenti della SGI.

Una volta associata, la Società/Associazione Scientifica *no-profit* si configurerà come Sezione della SGI e potrà godere di tutti i diritti/doveri delle altre Sezioni SGI (art.4 Regolamento), e i suoi soci dei diritti/doveri dei Soci SGI.

La richiesta di associazione "*full*" dovrà essere corredata dalla lista dei Soci, corredata dei loro dettagli anagrafici e professionali, e della liberatoria all'utilizzo dei loro dati personali. L'associazione "*full*" comporta l'accettazione da parte dell'associante dello statuto e del regolamento vigenti della SGI ETS.

Una volta associata, la Società/Associazione Scientifica *no-profit* si configurerà come Sezione della SGI e potrà godere di tutti i diritti/doveri delle altre Sezioni SGI ETS (art. 4 Regolamento), e i suoi soci dei diritti/doveri dei Soci SGI.

I NOSTRI *progetti*



THE TIME MACHINE PROJECT

A TRAVEL INTO DEEP TIME

The Time Machine Project - A travel into Deep Time è un progetto divulgativo della Società Geologica Italiana, in collaborazione con l'Associazione Paleontologica Paleoartistica APPI, nato con lo scopo di raccontare il Tempo Profondo attraverso uno degli strumenti di comunicazione più immediati e comprensibili: l'illustrazione.

Grazie al contributo iconografico dell'artista internazionale Davide Bonadonna, *The Time Machine Project*, offre uno sguardo sulle ultime tre Ere geologiche, caratterizzate dall'evoluzione della Vita e dai suoi incredibili cambiamenti.

Gli animali e i fossili rappresentati sono riconducibili all'Era di riferimento, così come i colori utilizzati che sono estrapolati dall'*International Chronostratigraphic Chart*, offrendo così una lettura del tempo relativa e risaltandone le diversità attraverso le varie forme di vita.

a cura di Anna Giamborino e Fabio Massimo Petti



*Acquista
i nuovi prodotti!*



ERA PALEOZOICA



ERA MESOZOICA



ERA CENOZOICA

INCONTRA gli Autori

1. DANIELE MAESTRELLI

Daniele Maestrelli è Tecnologo di ruolo presso l'Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR e docente a contratto presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze (DST-UNIFI). Dopo il conseguimento del Dottorato in Scienze della Terra nel 2018, si è occupato estesamente di modellizzazione analogica, lavorando come assegnista di ricerca presso il Laboratorio di Modellizzazione Tettonica (IGG-DST), e come RTDa presso il DST, studiando processi geodinamici (principalmente *rifting*) e vulcano-tettonici (in particolare i collassi calderici), nell'ambito di vari progetti internazionali, ed integrando l'attività modellistica analogica con l'interpretazione sismica 3D, la geologia "classica" (contribuendo a fogli CARG), ed il *modelling 3D* di dati di sottosuolo.



2. ARIANNA TOLLIS

Arianna Tollis è un architetto laureato presso l'UNICH-CH-PE, con una tesi sperimentale sulla riqualificazione urbana attraverso l'arte contemporanea. Ha conseguito una seconda laurea in Storia dell'Architettura Sacra e due master: uno in Tecnologie dell'Ambiente Costruito presso l'Università Federico II di Napoli e l'altro in *Public Management* presso la Parthenope di Napoli. Specializzata nella gestione progettuale e degli appalti pubblici, ricopre un ruolo dirigenziale in un ente locale, occupandosi di appalti pubblici, aree protette e progetti del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Come dottoranda presso la Facoltà di Geoscienze dell'Università degli Studi Gabriele D'Annunzio, conduce una ricerca sulla modellizzazione di infrastrutture ecosistemiche in collaborazione con il Politecnico di Tirana.



3. ROBERTO FRANCO

Scrittore e saggista italiano, all'occorrenza drammaturgo, sceneggiatore e regista. Si laurea in geologia ed è considerato, oggi, uno stimato divulgatore scientifico e culturale, interessandosi in particolar modo alla connessione tra scienza e letteratura. Membro della Società Italiana di Geologia Ambientale e della Società Geologica Italiana. È autore di numerosi saggi e articoli su riviste scientifiche nazionali e internazionali. Ha già pubblicato *È sedimentario, mio caro Watson!* Dalle indagini "geologiche" di Sherlock Holmes alla nascita delle geoscienze forensi (2023), Eppur si muovono! Storie di uomini e scienziati che hanno reso grande la geologia (2019), il pluripremiato *La geologia nella Divina Commedia* (2017); *Alburchia, la montagna incantata*. Un contributo della Geoarcheologia alla conoscenza storica tutela e valorizzazione di un sito della Sicilia centro-settentrionale (2011).



4. DAVID IACOPINI

David Iacopini è professore associato di geologia del sottosuolo e marina presso l'Università di Napoli Federico II. Si è laureato e ha conseguito un dottorato in geologia strutturale a Pisa lavorando sul basamento metamorfico (basamento Varisco e tettonica Himalayana) per poi orientare la sua carriera verso la geologia marina in ambienti di *deep water*, l'interpretazione di dati sismici e l'esplorazione del sottosuolo, in contesti di stoccaggio (Sleipner) e di esplorazione di idrocarburi (pre-sale in Brasile). È stato docente e *senior lecturer* presso l'Università di Aberdeen, dove ha co-fondato il *Master* in Geofisica ed è stato direttore del IPG Master e successivamente docente onorario. La sua ricerca include la tettonica di *rift* (Tanzania), la caratterizzazione della crisi Messiniana (*offshore* Libano), la caratterizzazione sismica delle strutture di *seal bypass* (Mare del Nord, Libano e Brasile) e l'evoluzione tettonica e sedimentaria recente del margine equatoriale brasiliano. Le sue attuali attività di ricerca sono attualmente focalizzate verso la comprensione del comportamento dell'idrogeno nei mezzi porosi e salini in contesti di stoccaggio di idrogeno. È coordinatore del progetto europeo sullo stoccaggio di idrogeno in mezzi porosi (SHINE, Marie Curie ETN), di un progetto nazionale sullo stoccaggio in salgemma (PNRR MIUR con il supporto di ENI), coinvolto nell'ambito del progetto PNRR-NEST (stoccaggio) e parte del progetto EU Hydra (*microbiota-rocks system*).



5. MAURIZIO ERCOLI

Maurizio Ercoli è RTDb e docente presso l'Università degli Studi di Perugia. Maurizio si occupa di Geofisica applicata (GEOS-04/B), con *focus* prevalente su studi di Neotettonica e Sismotettonica in bacini Quaternari del centro Italia, a varie scale di indagine. Nel corso della sua carriera accademica e professionale, ha avuto la possibilità di collaborare con università e centri di ricerca italiani ed internazionali, svolgendo esperienze di ricerca, tra le altre, presso Trieste, Barcellona, Calgary e Miami. Maurizio contribuisce attivamente alla gestione dei laboratori di Cartografia Geologica e Modelli di Sottosuolo e di Geologia Applicata e Geofisica Applicata, ed è attualmente delegato per l'orientamento dell'area Geologica del Dipartimento di Fisica e Geologia di UniPG.





"TERRALAB EXPLORER": il laboratorio multimediale dedicato alla Geologia del Dipartimento di Fisica e Geologia di UniPG

Maggiori informazioni

📍 Via Alessandro Pascoli, Dipartimento di Fisica e Geologia dell'Università di Perugia

🌐 <https://orientamento.fisgeo.unipg.it/>

Sfondo foto credit by M. Cherin.

Il TerraLab Explorer (TLE) è un laboratorio all'avanguardia dedicato alla Geologia, che offre un'esperienza educativa dei principali processi geologici basata sulle più moderne tecnologie multimediali e di realtà aumentata. Il TLE propone un'opportunità di studio innovativa, diretta ed interattiva, anche grazie al supporto di personale specializzato secondo l'approccio "learning-by-doing". Progettato per diverse attività di orientamento per studenti di ogni ordine e grado, di formazione degli insegnanti delle scuole secondarie e per l'introduzione ai contenuti delle discipline delle Scienze della Terra agli iscritti ai corsi di laurea in Geologia, il TLE rappresenta un luogo unico nel panorama nazionale per lo sviluppo e la progettazione di tecniche d'avanguardia nella conoscenza della Geologia.

Principali esperienze proposte:

1) Augmented Reality Sandbox (ARS): L'ARS è uno strumento educativo innovativo e creativo per tutte le età, che combina elementi di realtà aumentata (AR) e simulazioni 3D interattive. L'ARS permette di migliorare l'apprendimento sui processi di modellamento della superficie terrestre e scorrimento delle acque superficiali, mediante creazione ed esplorazione di paesaggi virtuali. L'ARS Sandbox è composta da una vasca di sabbia sulla quale sono proiettati

dati topografici (scale di colore, curve di livello) coerenti con la superficie creata dall'utente in tempo reale. L'effetto finale è un modello tridimensionale in grado di simulare paesaggi con diverse configurazioni morfologiche. È inoltre possibile generare virtualmente lo scorrimento delle acque superficiali, ricavando informazioni sull'andamento della rete idrografica e sulle connessioni tra i corsi d'acqua e i versanti sottesi. La visualizzazione interattiva e dinamica è uno strumento efficace per introdurre concetti di geomorfologia, di cartografia e di valutazione del rischio idrogeologico.

2) 3D Scan & Print (3D-SP): scanner e stampanti 3D, sempre più presenti in Geologia, consentono di produrre modelli digitali tridimensionali in vari ambiti ed applicazioni. Al TLE è possibile scansionare campioni di roccia e fossili per la catalogazione in collezioni virtuali ([🌐 sketchfab.com/unipg](https://sketchfab.com/unipg)). Tali modelli possono poi essere ristampati in 3D, preservando gli originali, sia per uno studio approfondito sia per esigenze didattiche, di ricerca ed educative. La stampa 3D permette inoltre di riprodurre anche modelli ottenuti da rilievi topografici di dettaglio, utilizzando tecnologie UAV e dati satellitari, e riproducendo siti geologici di studio di aree limitate o più vaste come la morfologia di montagne (es. con vulcanici).

3) Vulcano Lab (VL): questo esperimento permette di studiare la viscosità dei magmi, cioè la resistenza che un liquido oppone allo scorrimento. I liquidi si distinguono principalmente in non-Newtoniani e Newtoniani (ad es. i magmi), per i quali il rapporto fra forza applicata e deformazione costante. Al TLE, nell'impossibilità di utilizzare magmi naturali (possibile invece nel lab. di Petro-Vulcanologia, pvr.g.unipg.it), per scopi didattici viene usato un liquido Newtoniano molto comune, a bassa temperatura: il miele. Il metodo usato per la misura della viscosità è quello della "falling sphere" (la sfera che cade), permette di determinare valori di viscosità di liquidi compresi tra 101-106 Pa s.

4) Sand-Box (SB): la scatola di sabbia permette di simulare l'orogenesi di una catena montuosa e la formazione di un cuneo accrezionale dovuto a dinamiche compressive, ma anche altri processi di sviluppo delle faglie in molti contesti tettonici. La deformazione della sabbia viene utilizzata come un sistema analogo che riproduce in scala la deformazione delle rocce in natura. I modelli analogici possono quindi essere utilizzati per verificare ipotesi teoriche ed assistere il geologo nel comprendere le osservazioni e le misure effettuate in contesti naturali durante il rilevamento geologico di campagna.

5) School-Shake Seismometer (SS): è una postazione contenente un sismometro professionale del tipo *Raspberry Shake*, facente parte della rete sismica "School-Shake" (www.school-shake.eu/), insieme ad altre stazioni sismiche installate all'interno di varie scuole secondarie di secondo grado del centro Italia. Ciò ha permesso lo sviluppo di un'infrastruttura pensata per attività educative rivolte a studenti ed insegnanti, i quali vengono dapprima introdotti ai principi teorici, per poi esercitarsi attivamente nella localizzazione di terremoti registrati nel territorio, attraverso un approccio "learning-by-doing".

Questi sono solo alcuni degli esperimenti disponibili al TLE che, in un continuo processo di innovazione, a breve ospiterà anche una postazione di "3D Virtual Geology": grazie ad un dispositivo META Oculus 3 sarà possibile "navigare" all'interno di modelli 3D geologici ad altissima risoluzione, per studiarne stratificazioni, faglie e fratture.

Il TLE e lo staff di Geo-UniPG attende tutti gli studenti e docenti di scuola secondaria interessati, e le matricole del Nuovo corso di Laurea interclasse in Scienze della Terra e dell'Ambiente (STA) (www.fisgeo.unipg.it/fisgejo/index.php/it/didattica/corsi-di-laurea-in-geologia/laurea-interclasse-in-scienze-della-terra-e-dell-ambiente-new.html) per viaggio nel meraviglioso mondo della geologia!



Il Terralab Explorer presso il Palazzo delle Scienze in Piazza dell'Università (Perugia).



Augmented Reality Sandbox: fase di generazione di acqua virtuale con simulazione interattiva di deflusso lungo la morfologia appena creata.



Sand-Box: dispositivo per la simulazione dell'orogenesi di una catena montuosa e per la creazione di strutture come pieghe e faglie.



+ KELLER

KELLER UNPLUGGED!

LEVEL & GROUNDWATER MONITORING



KOLIBRI
DESKTOP



KELLER ADT1-TUBE

- Remote data transmission unit with logger function
- Measured values: barometer, temperature and moisture sensor, real-time clock (RTC), battery capacity / voltage
- For installation in 2" tubes
- Robust stainless steel metal housing
- Long-life battery enables autonomous operation for up to 5 years
- Software KOLIBRI DESKTOP included
- ADT1-Box available for wall installation