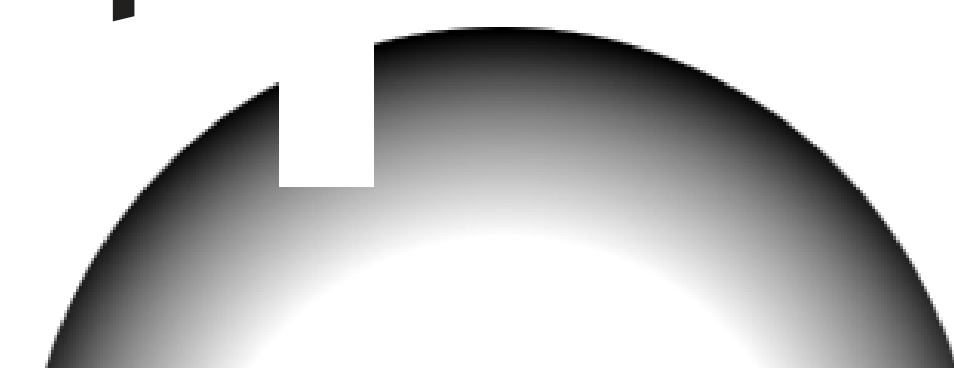




Alla ricerca delle radici dei continenti: esplorando oltre Jules Verne!

Che cos'è il progetto DIVE?

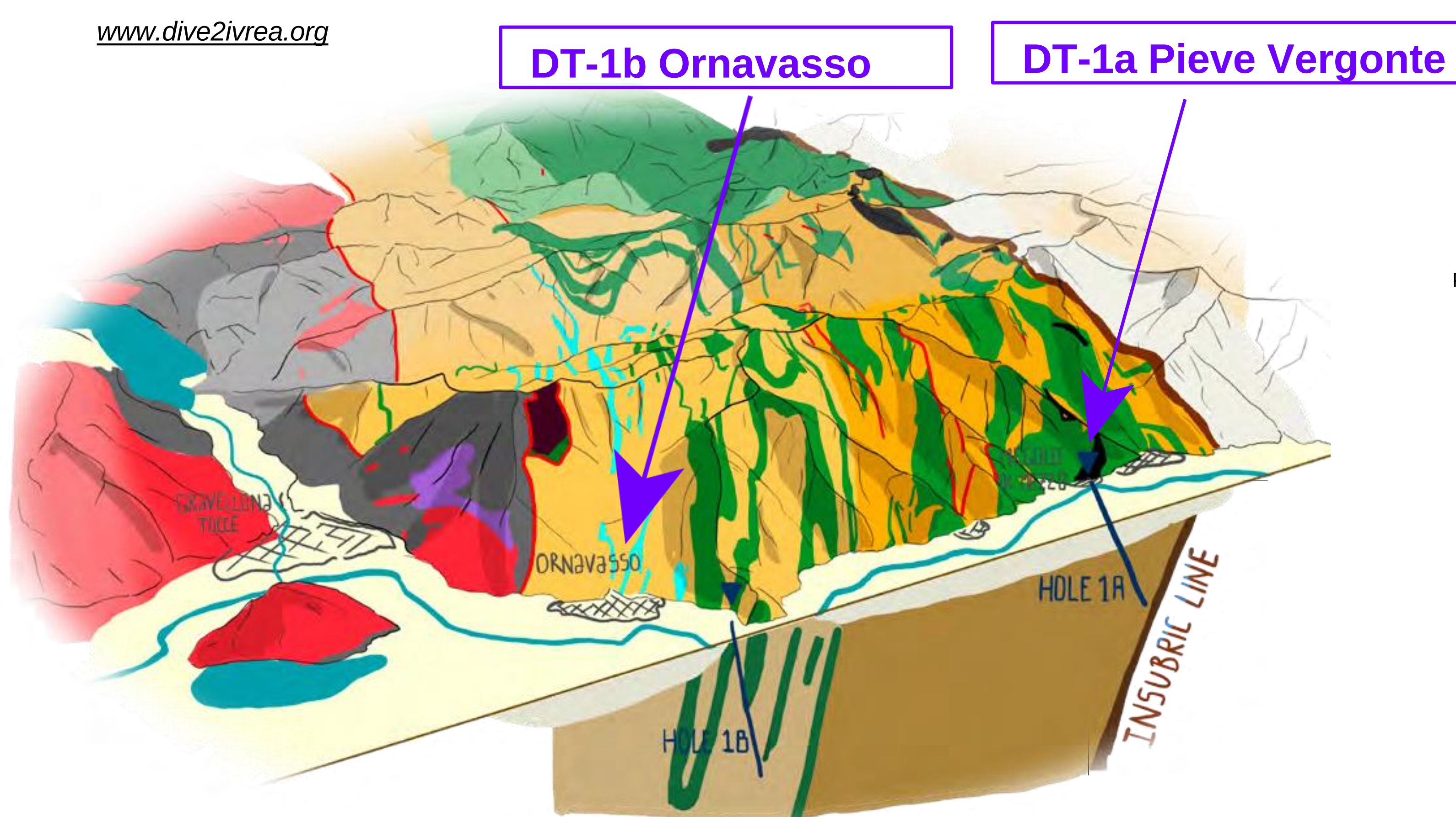
DIVE (Drilling the Ivrea-Verbano zone) è un progetto scientifico internazionale che mira ad esplorare la natura e l'evoluzione della crosta continentale profonda della Terra attraverso perforazioni. La proposta scientifica e tecnologica di questo progetto è stata discussa intensamente a partire da un convegno internazionale svoltosi a Baveno nel maggio 2017. Il progetto è sponsorizzato dal Programma Internazionale di Perforazione Scientifica in Ambienti Continentali (ICDP), da fondi di ricerca italiani e internazionali e

Visita il sito web!



www.dive2ivrea.org

Durante la prima fase del progetto DIVE sono state effettuate due perforazioni scientifiche: una ad Ornavasso e l'altra a Megolo. In combinazione con le conoscenze derivate dagli affioramenti di roccia della Val d'Ossola, le rocce perforate consentiranno di svelare l'architettura della crosta continentale profonda e la sua transizione



Carta geologica della Val d'Ossola tra Ornavasso e Megolo

Obiettivi scientifici

1. La composizione, la variabilità, l'architettura e le proprietà geofisiche continentali profonde.
2. I processi che formano e modificano la crosta continentale attraverso la geologia del nostro pianeta
3. Il ciclo degli elementi rilevanti per la vita della Terra e per la sostenibilità economica della società umana
4. Le condizioni di vita delle comunità microbiche e gli impatti biogeochimici nei primi chilometri sotto la superficie terrestre.

Ulteriori informazioni sono riportate nel periodico n° 6 di attualità e cultura delle geoscienze GeologicaMente della Società Geologica Italiana pubblicato a novembre 2021: <https://doi.org/10.3301/GM.2021.06>



Come viene condotta la perforazione?

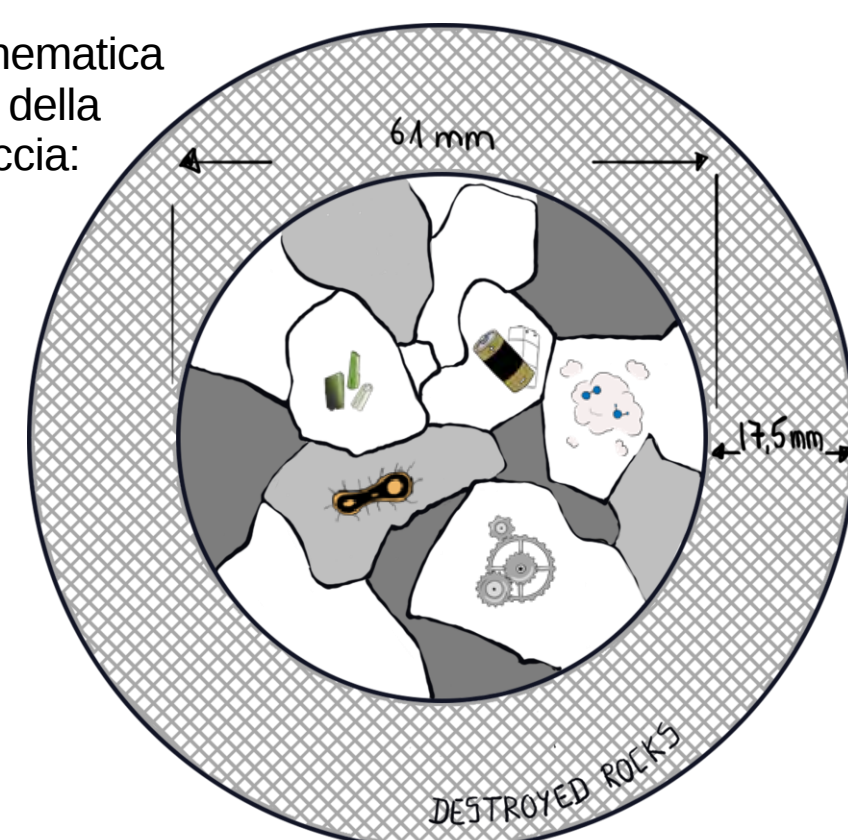
Le operazioni di perforazione sono eseguite da C.S.I. S.r.l., azienda italiana altamente specializzata in progetti di perforazione profonda.

Tipo di perforazione: carotaggio continuo

Profondità di perforazione 909.5 m

Diametro delle carote di roccia estratte: da 61 a 120 mm

Sezione schematica del pozzo e della carota di roccia:



Informazioni e contatti:

Per informazioni generali sul progetto DIVE



www.dive2ivrea.org

Per informazioni generali attività di perforazione



www.icdp-online.org

Se desideri fare domande, contattaci via e-mail

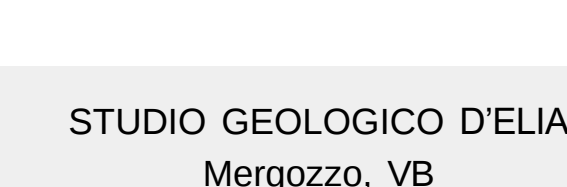
Email:

info@dive2ivrea.org

Quali istituzioni sono coinvolte?

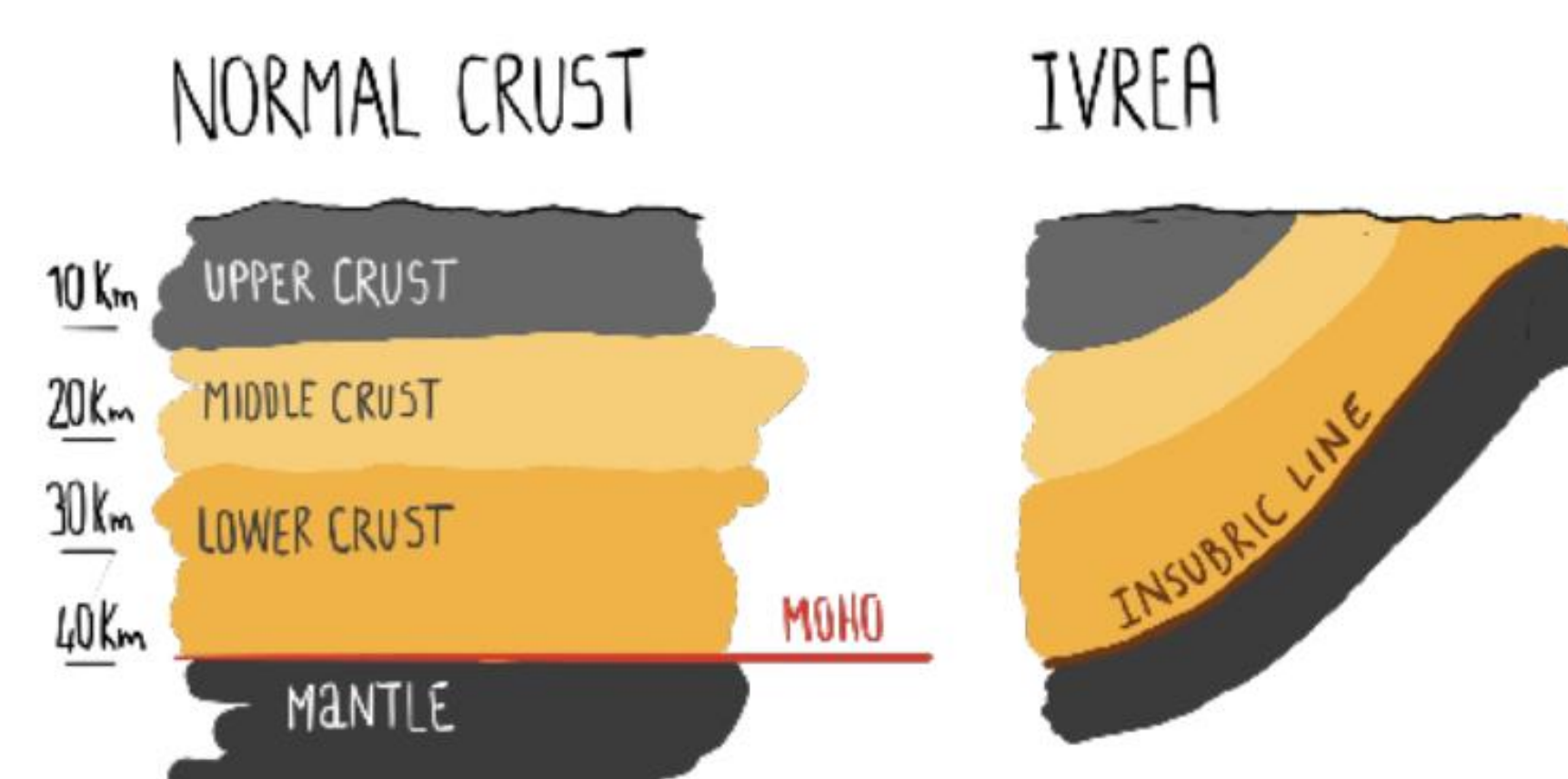


Patrocini con le istituzioni locali e collaborazioni



Perché in Val d'Ossola?

In Val d'Ossola l'area situata tra Ornavasso e Megolo fa parte di un corpo geologico denominato Zona Ivrea-Verbano, una nicchia più unica che rara del nostro pianeta dove le rocce di oggi, che nel passato geologico erano a più di 20 km di profondità nella crosta, sono oggi posizionate molto vicino alla superficie. In questo contesto, la Zona Ivrea-Verbano è stata ampiamente studiata dalla comunità scientifica mondiale negli ultimi 50 anni. Molti quesiti rimangono tuttavia irrisolti e solo con il carotaggio continuo della perforazione scientifica del progetto DIVE nei siti di Ornavasso e Megolo si potranno ottenere informazioni geologiche, geofisiche e microbiologiche



Programma scientifico

Nei siti prescelti squadre multidisciplinari di ricercatori da vari istituti di ricerca internazionali effettueranno indagini geofisiche e caratterizzazioni preliminari delle carote di roccia estratte durante la perforazione scientifica. Le carote di roccia verranno poi dettagliatamente caratterizzate e successivamente distribuite a vari centri di ricerca internazionali per analisi chimiche, fisiche e microbiologiche

Indagini in pozzo



Esplorazione degli affioramenti di roccia



Analisi di laboratorio, modelli digitali, monitoraggio a



Lavoro sul campo con le carote di roccia



Geologia, geofisica, chimica dei fluidi, microbiologia



Divulgazione al pubblico

Il progetto DIVE è concepito per essere anche una preziosa fonte di investimento per la sensibilizzazione e istruzione per scuole, studenti universitari, formazione della prossima generazione di ricercatori e grande pubblico.

Le attività di educazione sono pianificate a tutti i livelli, dalle visite ai siti di perforazione e seminari per il pubblico in generale, al coinvolgimento di studenti laureati e universitari che parteciperanno al lavoro di campionamento e descrizione in loco.

Disseminazione scientifica ed educativa

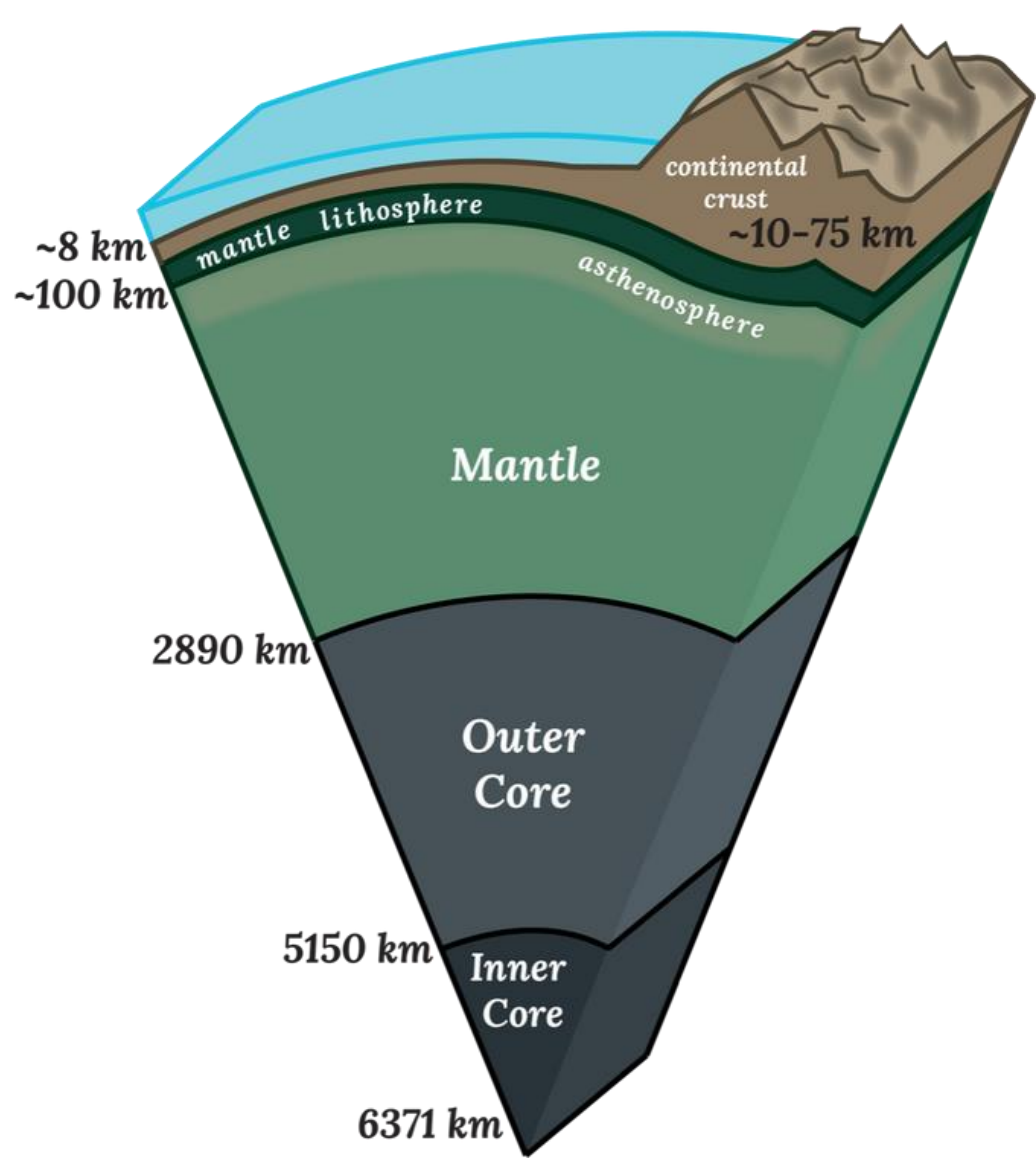


SONDAGGIO DELLA CROSTA CONTINENTALE INFERIORE E DELLA SUA TRANSIZIONE AL MANTELLO ATTRAVERSO PERFORAZIONI SCIENTIFICHE

Cos'è il MOHO nella litosfera continentale?

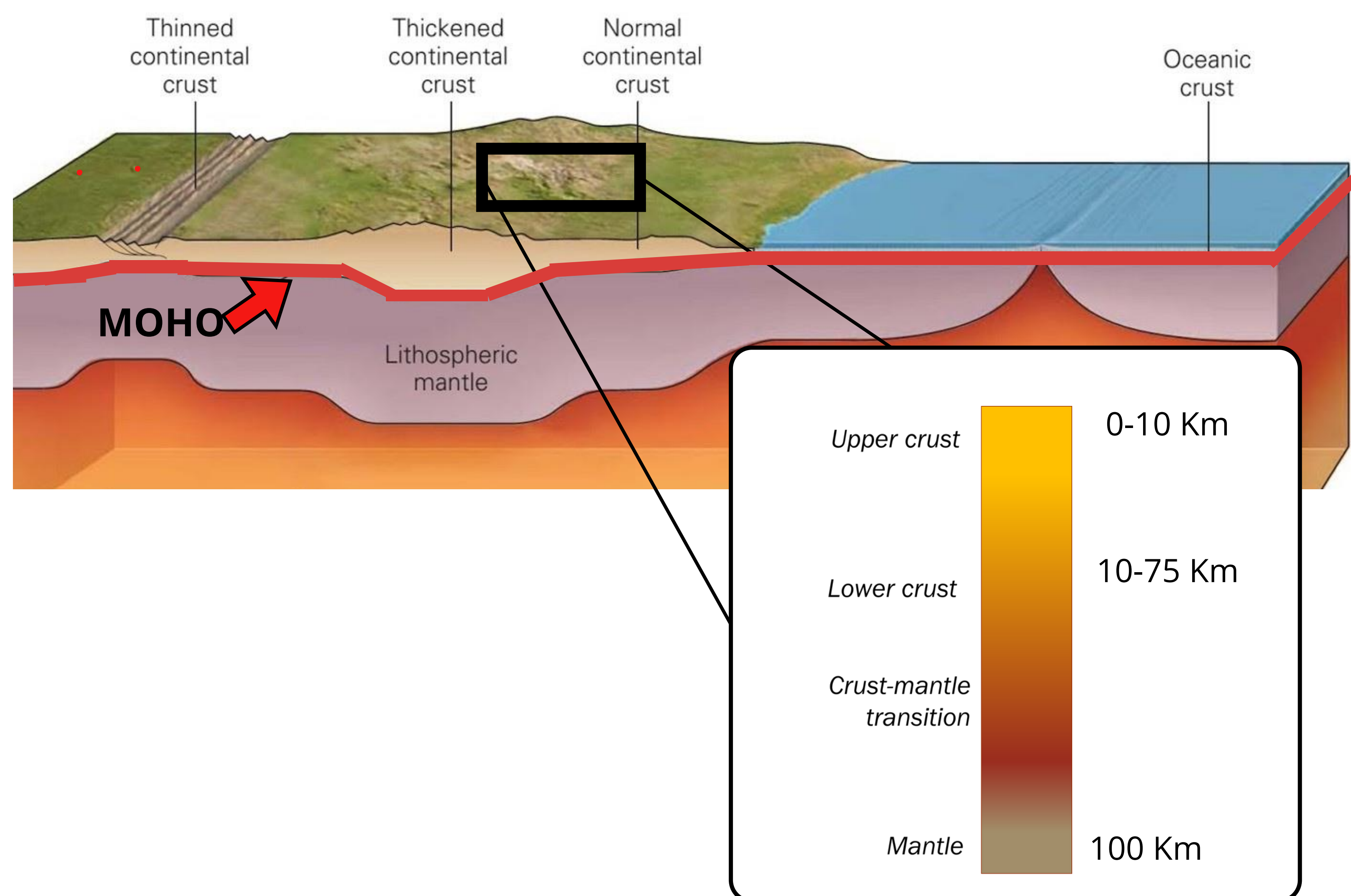
C'è un limite sismico importante nelle profondità della Terra. Si chiama **Discontinuità di Mohorovičić** o **MOHO**. Prende il nome dal famoso sismologo **Andrija Mohorovičić**, che fu la prima persona a notare questo improvviso cambiamento nelle proprietà sismiche.

Si pensa che la crosta sia separata dal mantello da questo confine. Quando le onde sismiche attraversano la Terra, accelerano molto quando attraversano questa linea, andando a una velocità superiore a 8 chilometri al secondo ($V_p > 8 \text{ km/s}$).



I modelli **MOHO** esistenti si basano su:

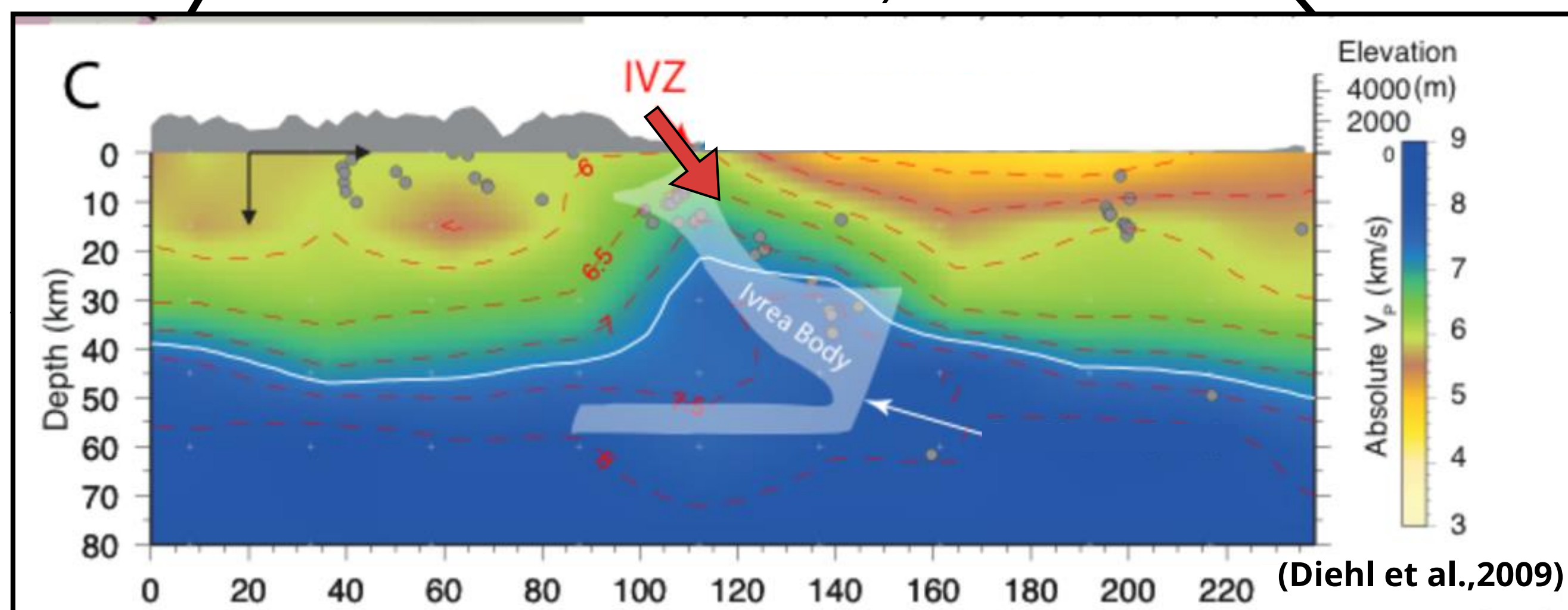
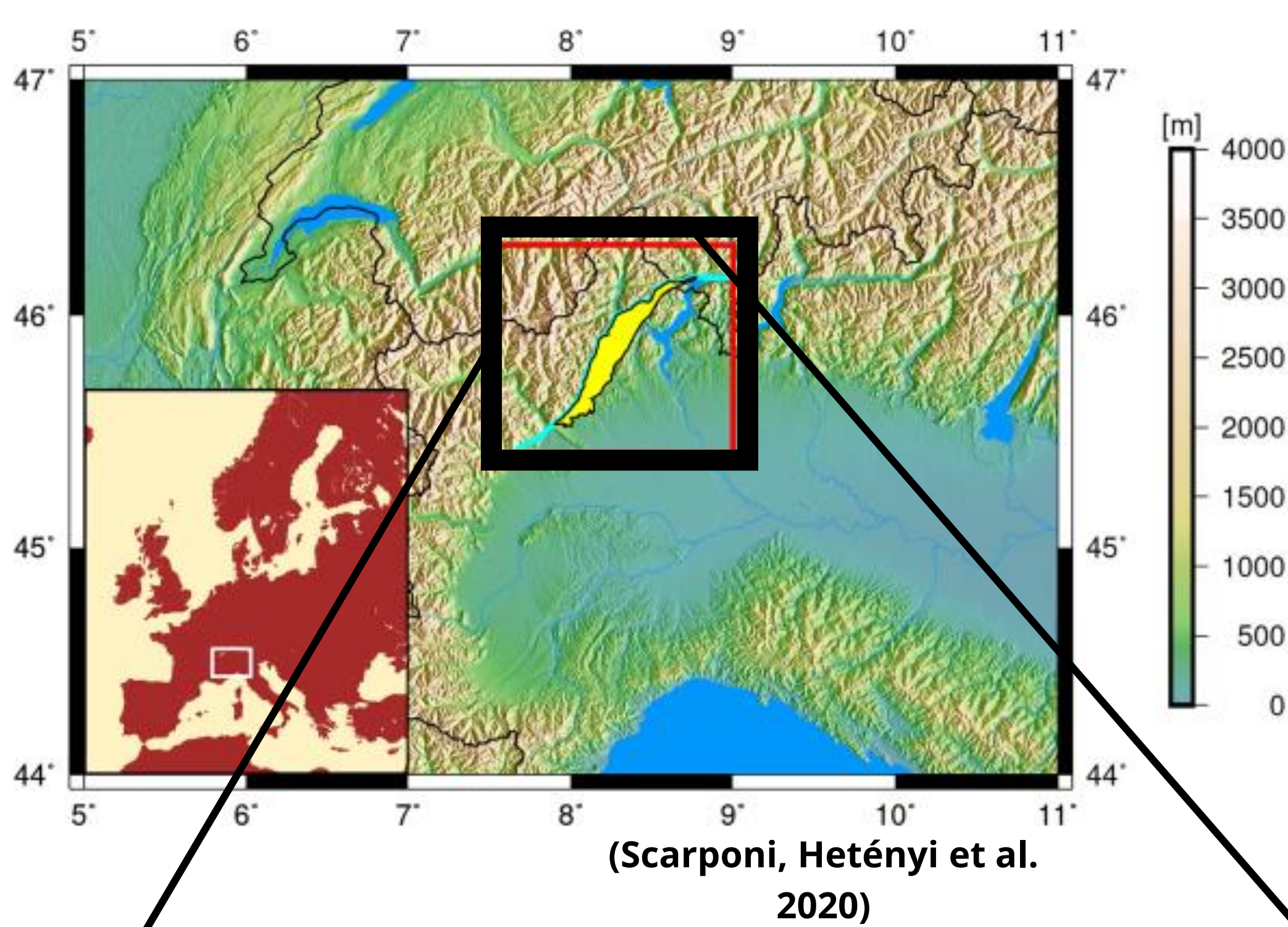
- Dati geofisici
- Pochi affioramenti
- Xenoliti crostali o frammenti di crosta portati in superficie da eruzioni vulcaniche.



Perché perforare la zona Ivrea-Verbano?

Le Perforazioni Scientifiche della Zona Ivrea Verbano offrono un'opportunità unica per studiare:

- Sezioni complete della crosta continentale inferiore
- Sistemi magmatici dal mantello alla superficie
- La sezione del mantello potrebbe essere vicina o addirittura in superficie.
- La più grande anomalia geofisica delle Alpi



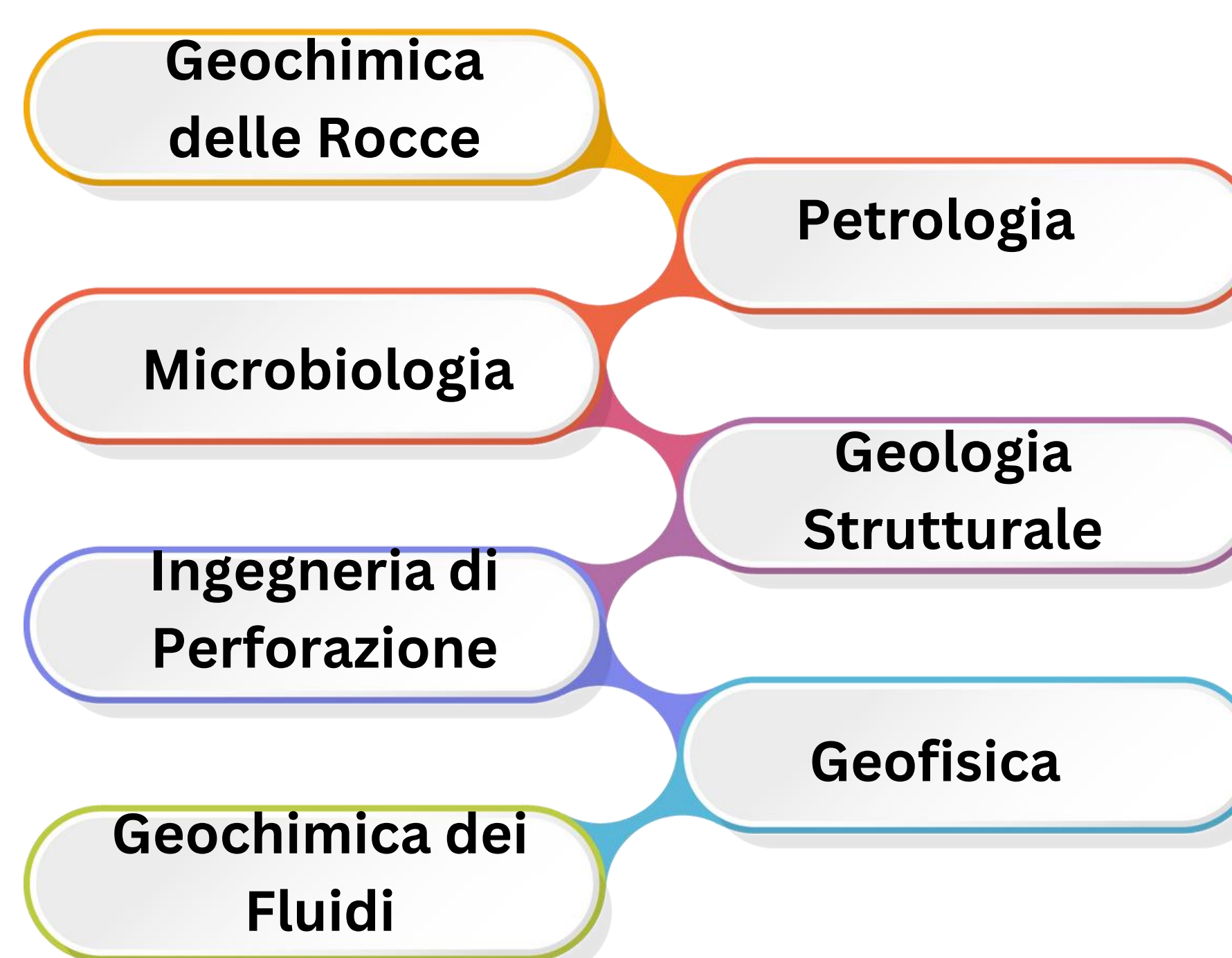
IVZ può essere poco profonda o addirittura in superficie, mostrando la crosta inferiore continentale esposta

Impatto sociale e rilevanza del DIVE

- Valutazione della pericolosità sismica
- Nuove conoscenze sull'esplorazione dell'energia geotermica
- Sviluppo di piattaforme educative per scuole, studenti universitari, formazione della prossima generazione di ricercatori.

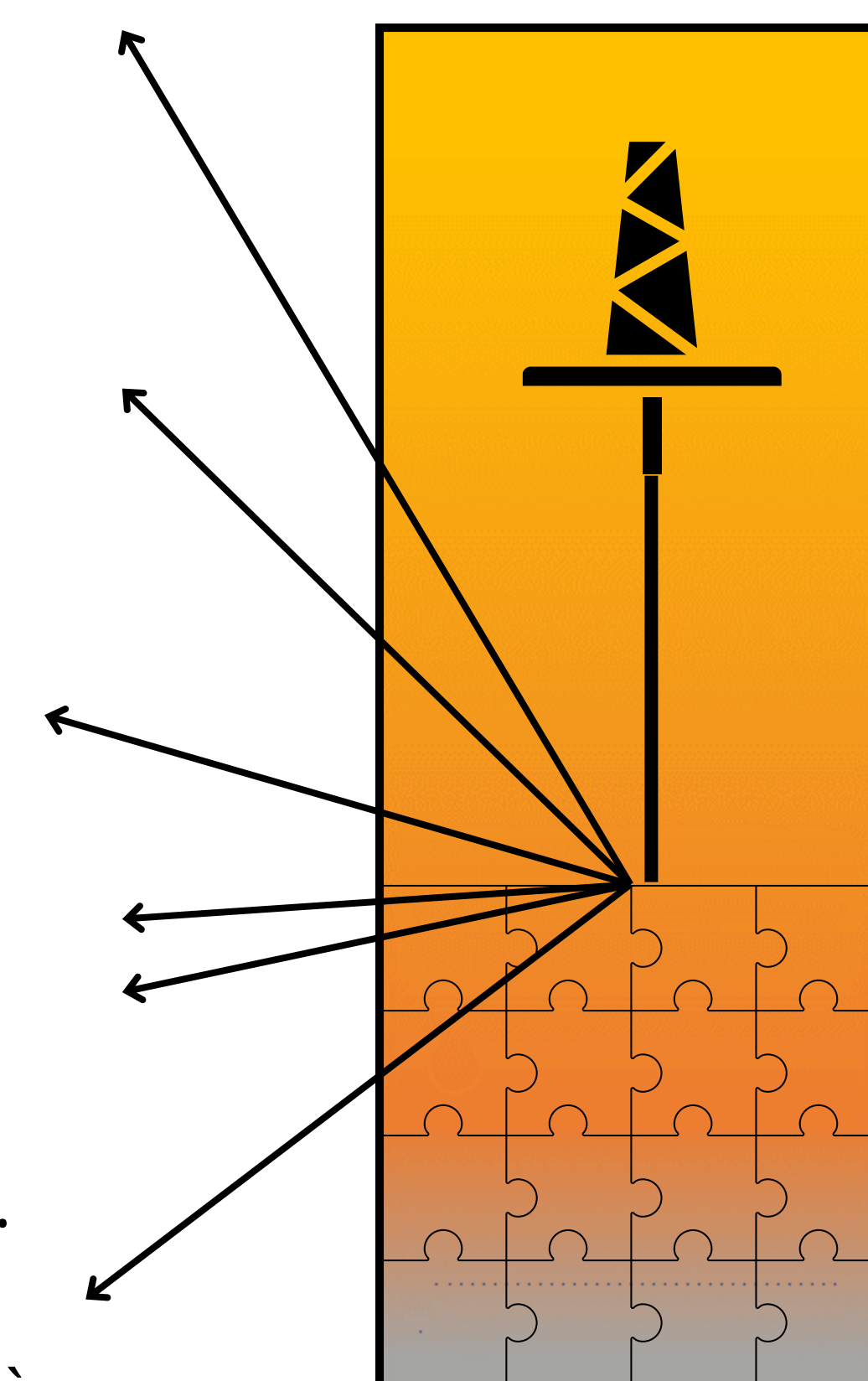
Obiettivi scientifici nel progetto DIVE

Combinando dati geofisici ad alta risoluzione e dati sulle rocce superficiali, il nostro obiettivo è analizzare la struttura e la composizione della transizione crosta-mantello continentale. Questa analisi ci aiuterà a comprendere meglio il movimento sotterraneo dei fluidi e del calore, essenziale per comprendere l'evoluzione dei magmi e la loro influenza sulla crosta continentale inferiore. Inoltre, fornirà preziose informazioni sull'esistenza della vita in condizioni estreme.



Quali sono le incognite e gli obiettivi generali?

- Composizione della crosta continentale e sua transizione al mantello.
- Strutture e processi nelle radici profonde dei sistemi idraulici vulcanici.
- Caratterizzazione geofisica dei corpi ultramafici derivanti dal mantello e delle loro zone di transizione verso la crosta inferiore.
- Analisi dei gas e relazioni con le fratture.
- Interazione fluido-roccia durante la messa in posto e il raffreddamento della crosta inferiore.
- Vita profonda, colonizzazione, attività e diversità

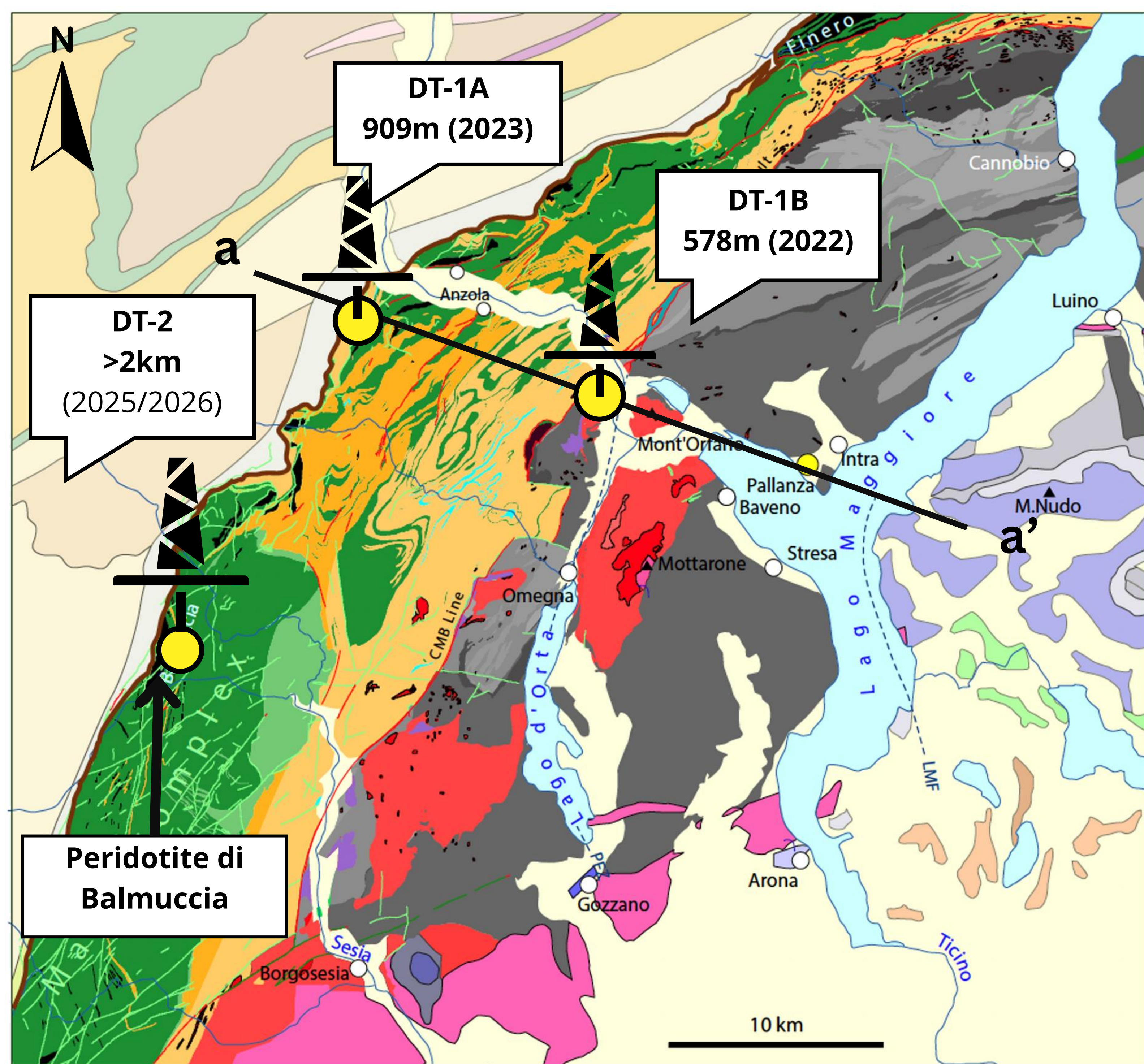


References

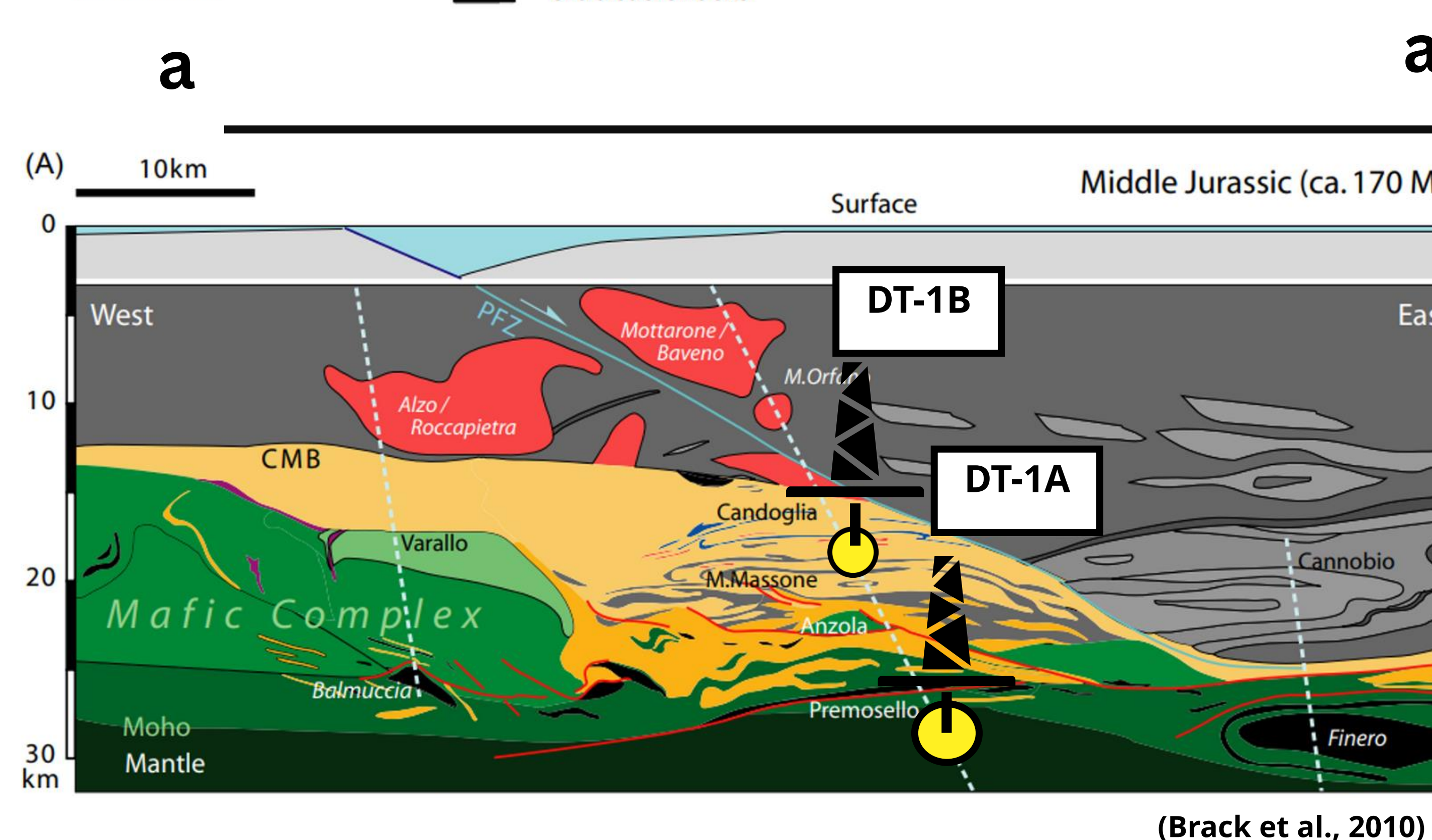
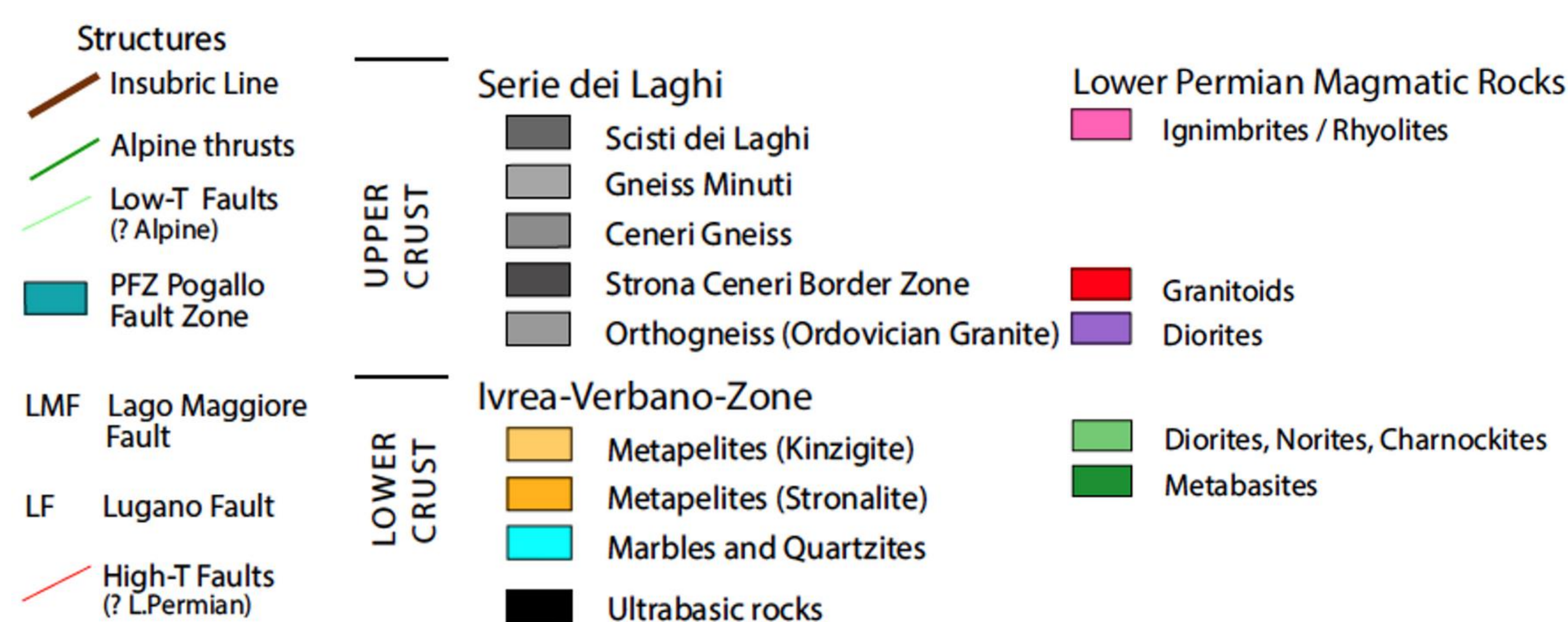
Scarponi, M., Hetényi, G., Berthet, T., Baron, L., Manzotti, P., Petri, B., ... & Müntener, O. (2020). New gravity data and 3-D density model constraints on the Ivrea Geophysical Body (Western Alps). *Geophysical Journal International*, 222(3), 1977-1991.

Diehl, T., Husen, S., Kissling, E., and Deichmann, N.: High-resolution 3-D P-wave model of the Alpine crust, *Geophys. J. Internat.*, 179, 1133-1147, 2009.

Carta geologica e obiettivi di perforazione



Ivrea-Verbano Zone and Serie dei Laghi



Ricostruzione della sezione trasversale della Serie dei Laghi e della IVZ basata sulla cartografia superficiale

Attività di perforazione

DT-1B 2022



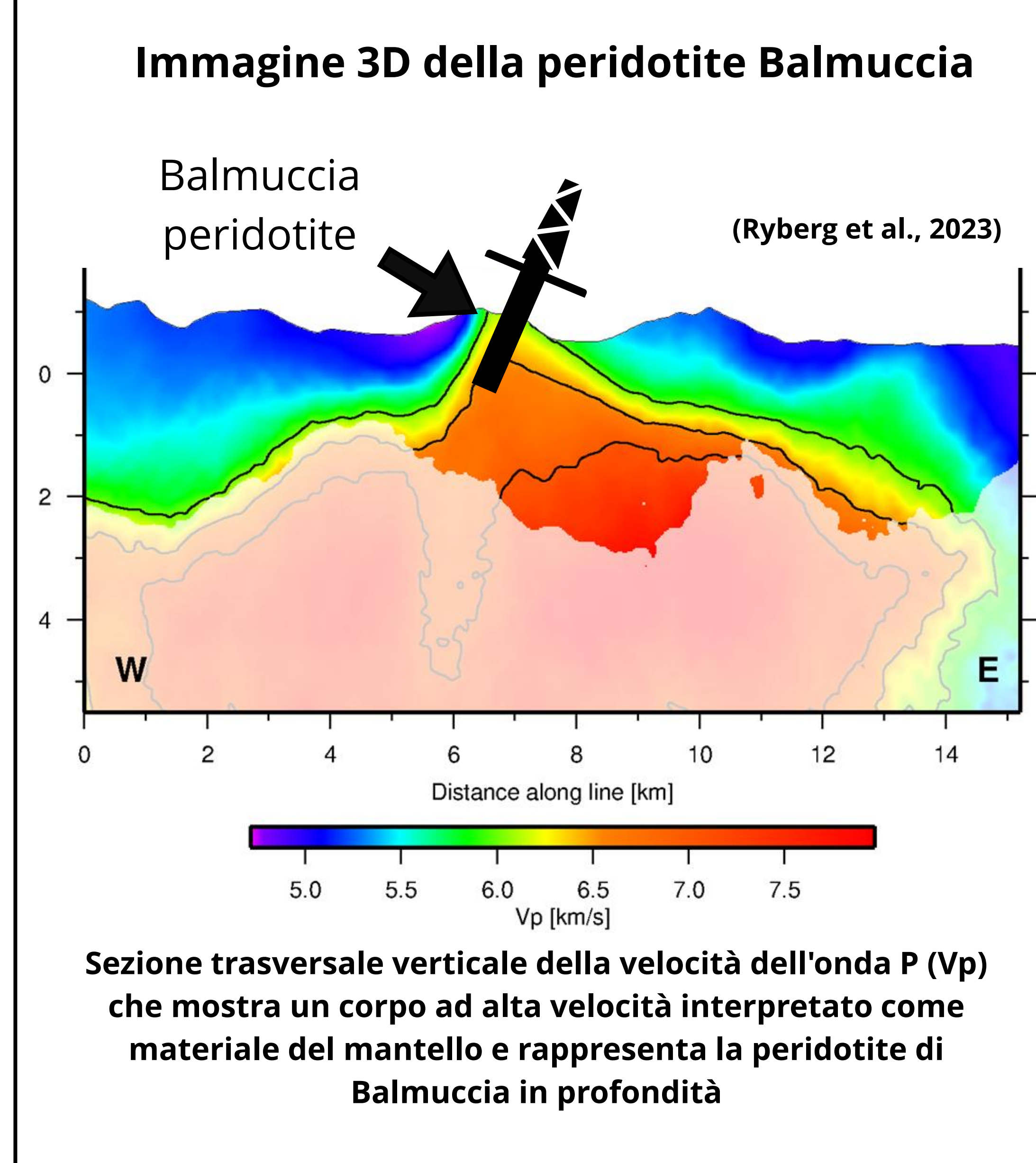
Data: da ottobre a dicembre 2022
Metodo di perforazione: carotaggio diamantato a filo
Diametro del nucleo: 61 – 123 mm
Profondità: 578,5 m

DT-1A 2023/2024



Data: da novembre 2023 ad aprile 2024
Obiettivo: crosta più profonda da metasedimentaria a mafica e ultramafica
Inclinazione del pozzo: 17° dalla verticale
Profondità: 909,5 m

DT-2 2025/2026

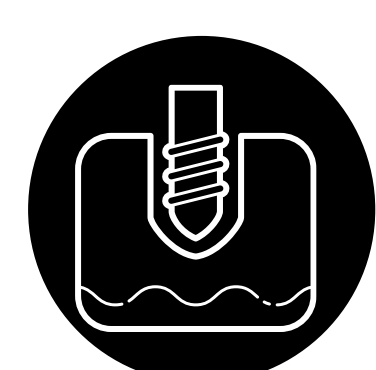


Data: 2025/2026
Obiettivo: peridotite di Balmuccia
L'obiettivo di questo pozzo è quello di avvicinarsi, e possibilmente attraversare, la zona di transizione crosta-mantello.
Profondità: >2000 m



References

- Brack, P., Ulmer, P., and Schmid, S.: A crustal magmatic system from the Earth mantle to the Permian surface: Field trip to the area of lower Valsesia and val d'Ossola (massiccio dei Laghi, Southern Alps, Northern Italy), Swiss Bull. Angew. Geol., 15, 3–21, 2010.
- Pistone, M., Müntener, O., Ziberna, L., Hetényi, G., & Zanetti, A. (2017). Report on the ICDP workshop DIVE (Drilling the Ivrea-Verbano zone). Scientific Drilling, 23, 47–56.
- Ryberg, T., Haberland, C., Wawerzinek, B., Stiller, M., Bauer, K., Zanetti, A., ... & Krawczyk, C. M. (2023). 3-D imaging of the Balmuccia peridotite body (Ivrea-Verbano zone, NW-Italy) using controlled source seismic data. Geophysical Journal International, 234(3), 1985–1998.



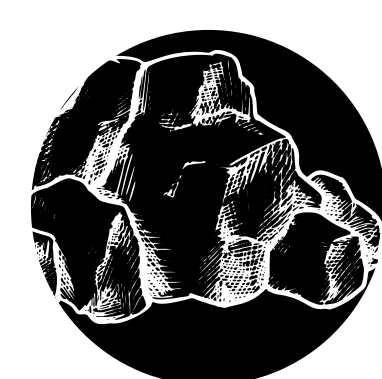
MISURAZIONI IN POZZO

La registrazione del pozzo può essere paragonata a una radiografia dettagliata del sottosuolo terrestre durante la perforazione. Fornisce informazioni preziose sulla natura delle rocce, rivelando informazioni essenziali come la densità delle rocce, la porosità e la velocità delle onde sismiche mentre viaggiano attraverso le sequenze rocciose.

Questi dati sono particolarmente cruciali per comprendere la transizione tra la crosta continentale e il mantello, aiutandoci ad identificare come cambiano le rocce in questa zona di confine.



Sito di perforazione di Megolo Dt-1b

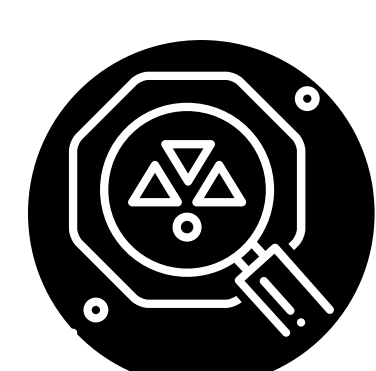


CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

Determinare la variabilità compositiva e strutturale delle rocce della crosta continentale inferiore e della zona di transizione crosta-mantello è fondamentale per comprendere i processi geologici. Questa analisi implica lo studio della composizione chimica, della mineralogia e delle caratteristiche fisiche delle rocce. Inoltre, miriamo a correlare questi risultati con le misurazioni geofisiche effettuate lungo il pozzo.



Un geologo sta esaminando i carotaggi perforati.



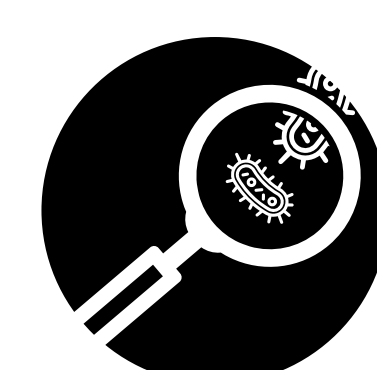
CARATTERIZZAZIONE IN SITO DELLE CAROTE

Descrizioni dettagliate su scala micro-centimetrica delle carote perforate sono importanti per comprenderne la composizione. La registrazione panoramica (360°) mediante scansione delle carote ha prodotto immagini ad alta risoluzione, catturando parametri strutturali chiave come l'orientamento delle fratture, le strutture e le interfacce litologiche.

Correlando queste osservazioni con le descrizioni delle carote, possiamo interpretare il modo in cui le analisi geofisiche registrano le informazioni delle rocce



Esecuzione di una scansione completa a 360 gradi su una carota

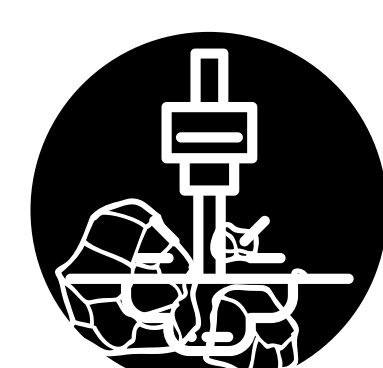
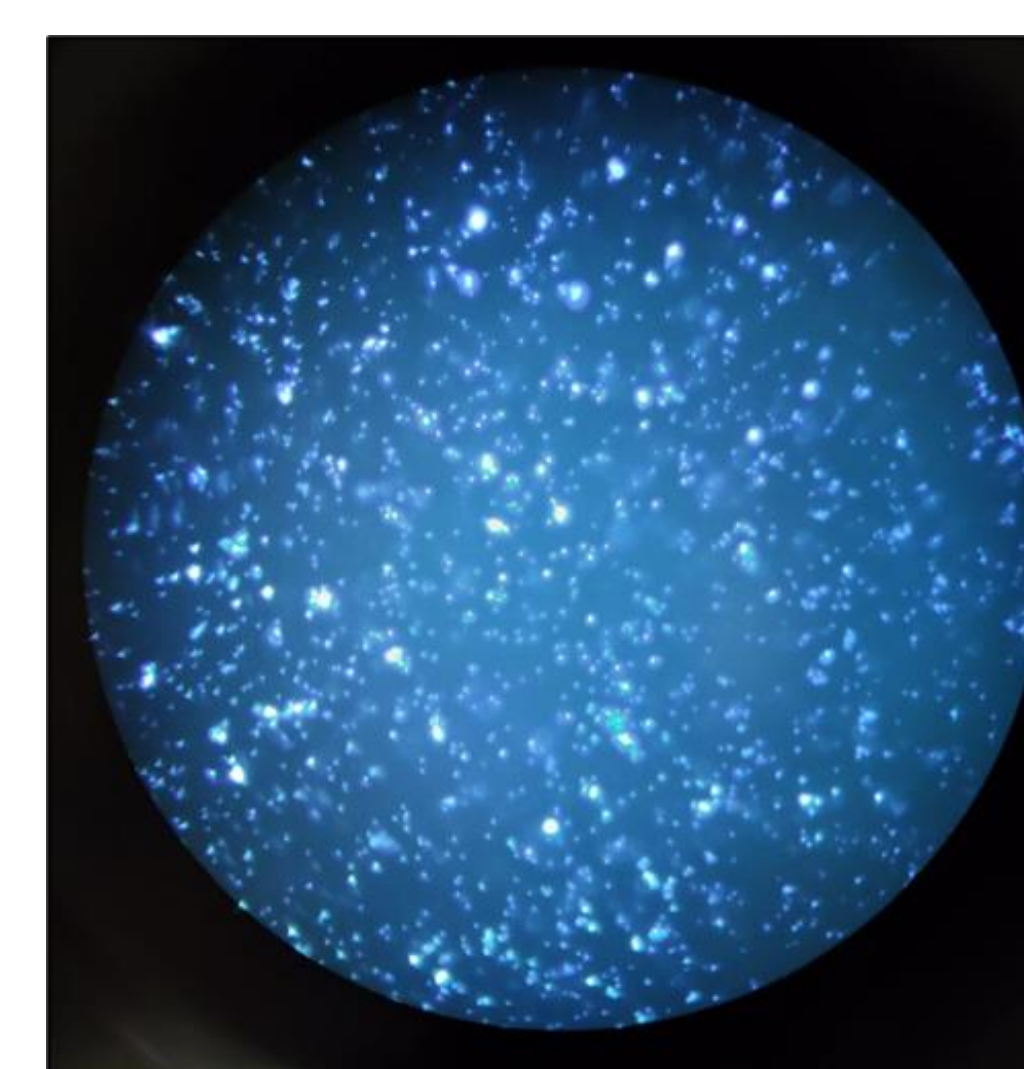


CAMPIONI PER MICROBIOLOGIA

Un team dedicato di scienziati ha raccolto campioni microbiologici ogni 20 metri in ciascun foro. Questi campioni sono serviti come istantanee della vita microbica che si sviluppa in ambienti estremi nelle profondità della Terra. Attraverso le analisi del DNA, miriamo a ricostruire come la geochimica influenza la loro ecologia.



Esaminare campioni microbiologici al microscopio

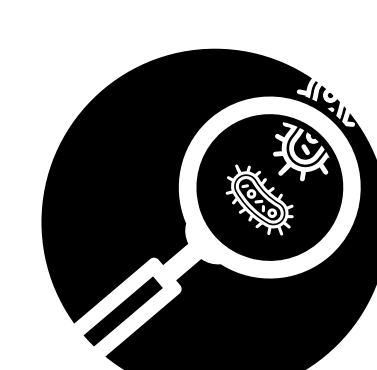


MONITORAGGIO DELLA FASE GASSOSA DURANTE LA PERFORAZIONE

I gas nobili e altri traccianti transienti sono stati analizzati per discernere l'origine geochimica dei fluidi. Queste analisi aiutano a determinare se i fluidi provengono dal mantello o dalla crosta. Inoltre, facilitano la valutazione di potenziali perdite di fluidi o gas da strati permeabili sotto la superficie della Terra.



Monitoraggio della fase gassosa nel sito di perforazione



ALTRE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE

- **Geocronologia:** Determinazione dell'età delle rocce utilizzando elementi radioattivi.
- **Indagini sismiche:** Mappatura delle strutture sotterranee.
- **Petrologia:** Composizione elementare dei minerali e come si sono formati
- **Produzione di flussi di calore:** come sono distribuiti gli elementi radioattivi nella crosta.



Uno scienziato sta studiando un nucleo perforato per determinarne le proprietà magnetiche.



Cos'è una roccia metamorfica?

Le rocce metamorfiche sono rocce che sono cambiate rispetto alla loro forma originale a causa del calore, della pressione o di processi chimici nelle profondità della crosta terrestre. Questi cambiamenti spesso portano alla formazione di nuovi minerali e strutture senza fondere completamente la roccia.



GRANITO



GNEISS



MIGMATITE

Aumento della pressione



Calore in aumento



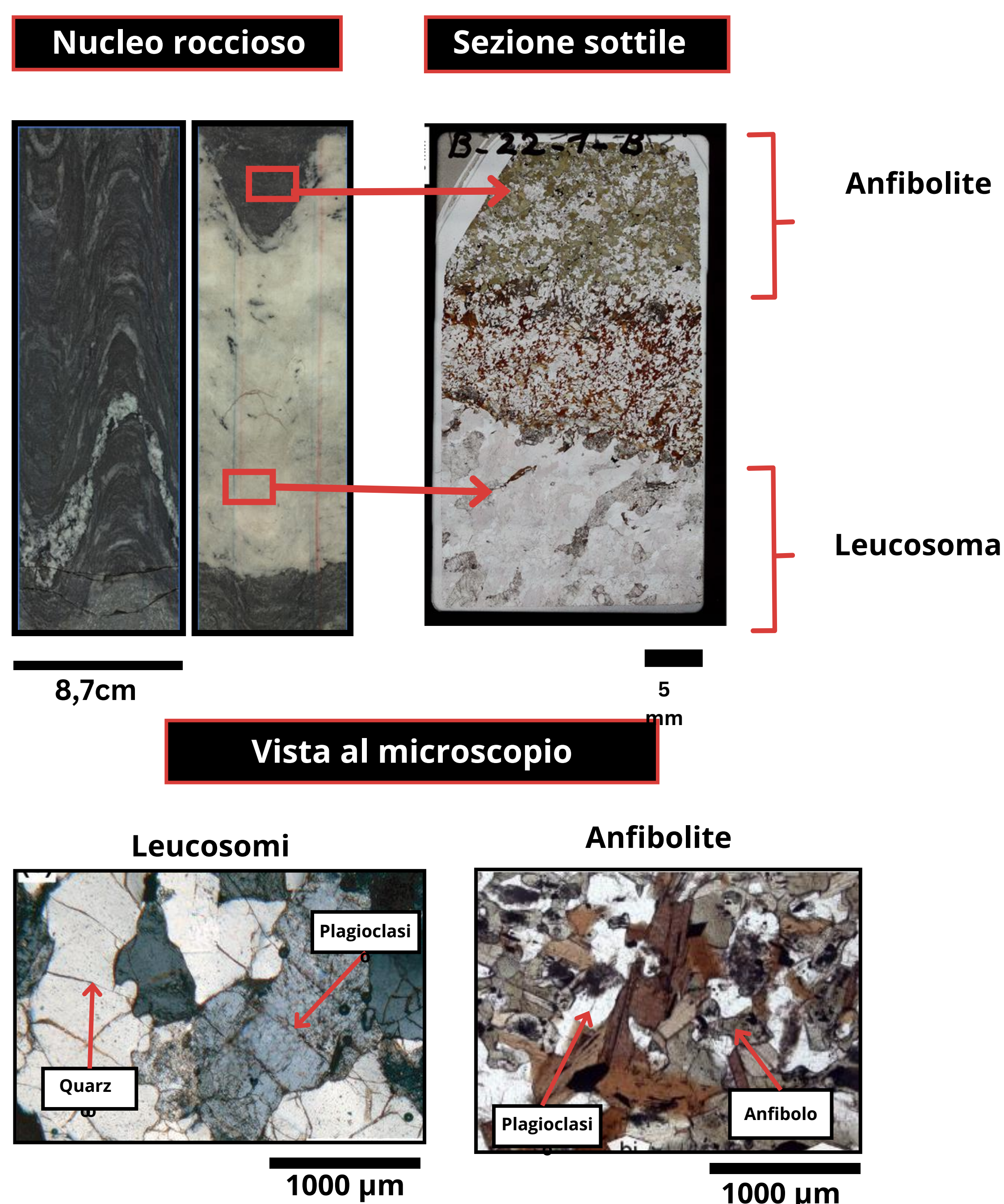
Leucosomi

Parte di colore più chiaro di una roccia formata dalla segregazione di minerali di colore chiaro durante il metamorfismo e la fusione parziale.



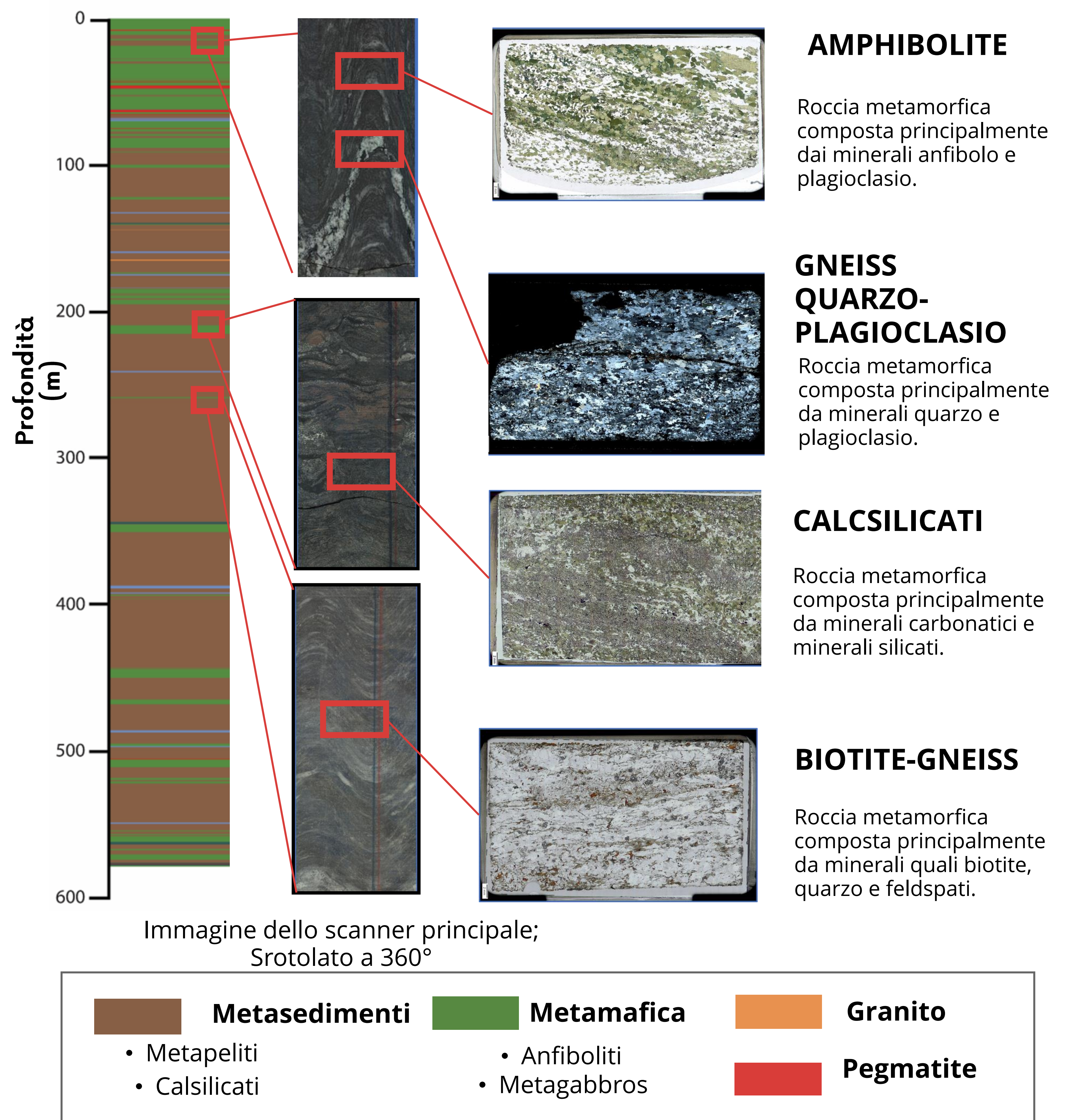
Osservazioni dalla macro alla microscala

Esempio: leucosomi e strutture migmatitiche

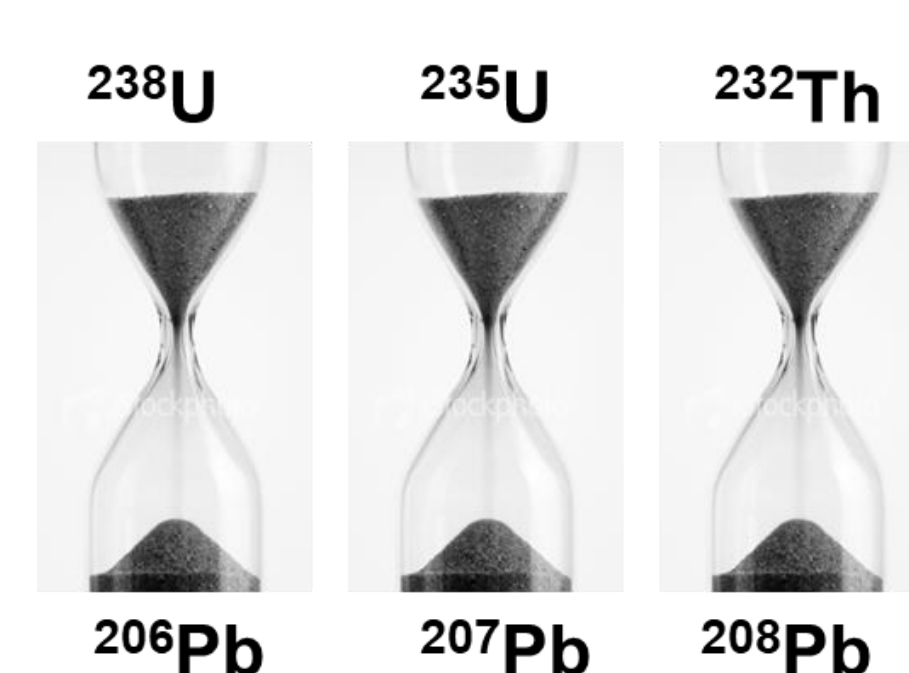


Principali litologie

Dalla caratterizzazione preliminare in sito



Come determinare l'età di una roccia?

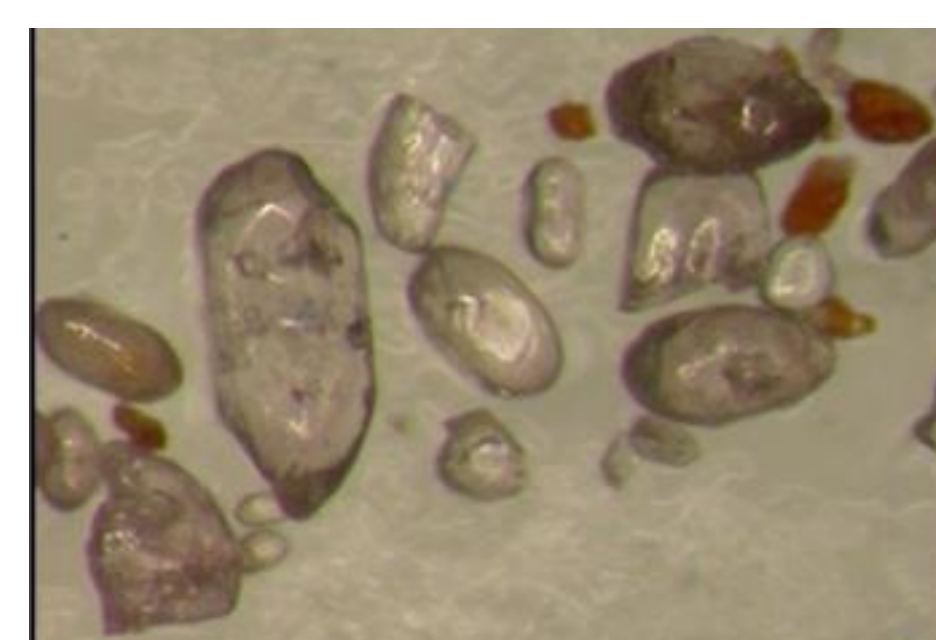


Uno dei fenomeni più robusti per i minerali che si sono formati ad alta temperatura è il decadimento radioattivo degli elementi **uranio (U)** e **torio (Th)** in **piombo (Pb)**.

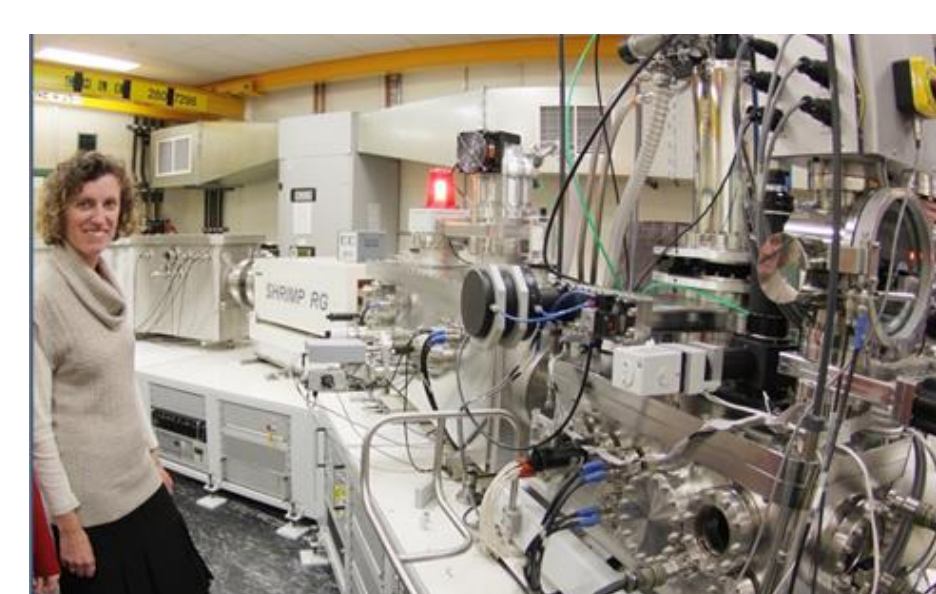
Misurando la concentrazione di questi elementi in un minerale (ad esempio zircone o monazite) possiamo calcolare a ritroso il momento in cui si è formato il minerale.



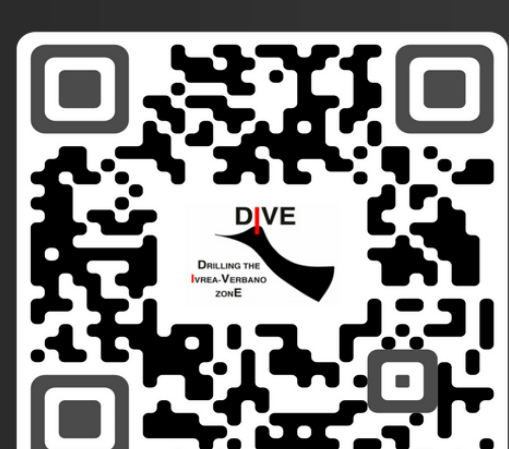
Granulite della Zona Ivrea-Verbano contenente zirconi



Zirconi contenente **U**, **Th** e **Pb** estratti dalla roccia



Strumento (**spettrometro di massa**) utilizzato dallo scienziato per misurare U, Th e Pb per calcolare l'età



SONDAGGIO DELLA CROSTA CONTINENTALE INFERIORE E
DELLA SUA TRANSIZIONE AL MANTELLO ATTRAVERSO
PERFORAZIONI SCIENTIFICHE



PRE-SEIZE

OTTOBRE 2017

**Imaging SEismico della
Zona di Ivrea.**

Località: Valsesia

Indagine sismica attiva a 1 km di
profondità in Val Sesia



MICRO E NANO-SEIZE

OTTOBRE 2019

Località: Val d'Ossola

Indagini sismiche attive
profonde in Val d'Ossola



SEIZE E HI-SEIZE

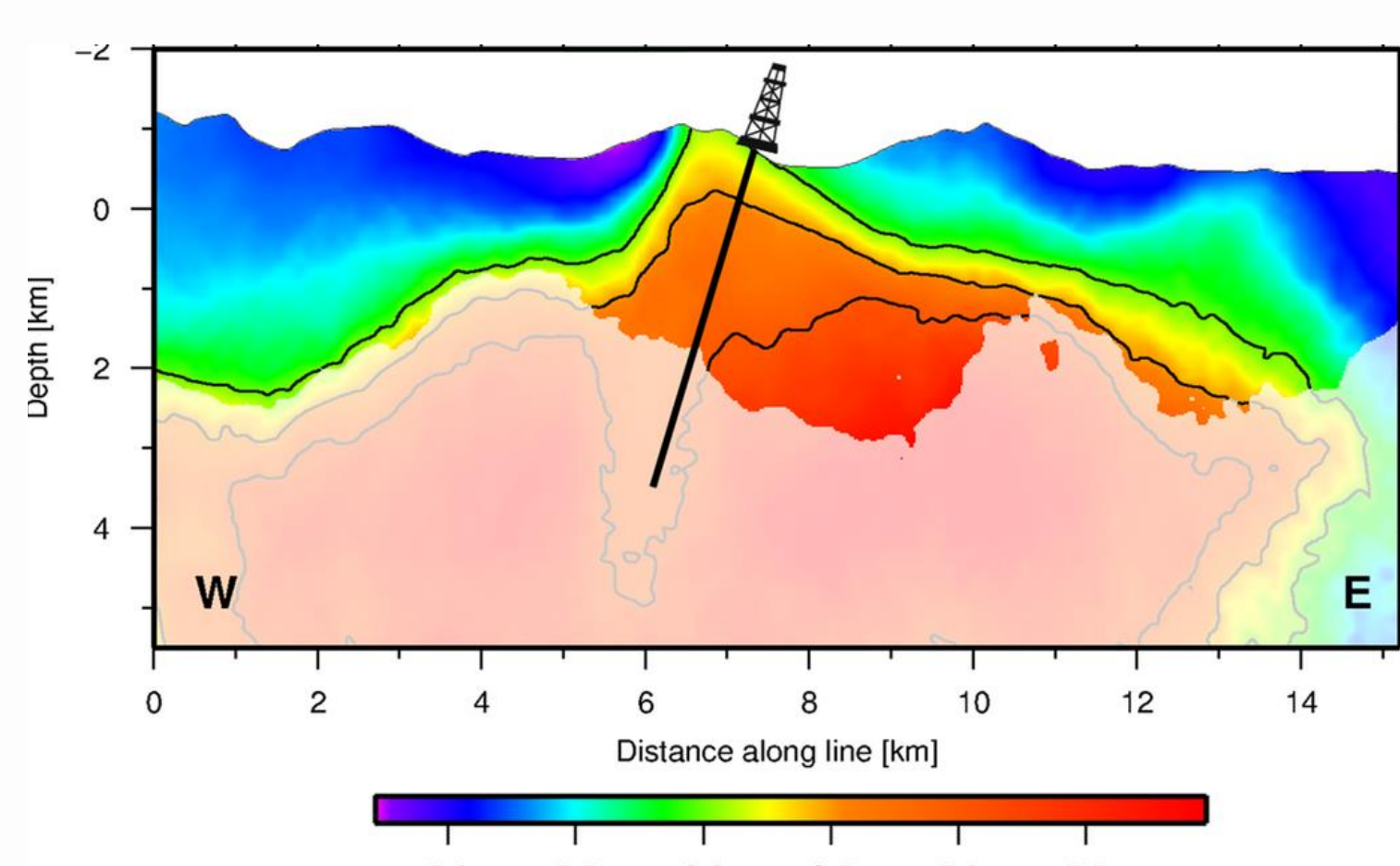
OTTOBRE 2020

Località: Valsesia

Indagini sismiche attive
profonde in Val Sesia



Sito di perforazione di Megolo



INIZIO PERFORAZIONE A DT-1A

**OTTOBRE 2023 -
APRILE 2024**

INIZIARE A PERFORARE A DT-2 BALMUCCIA

2025/2027

Obiettivo futuro

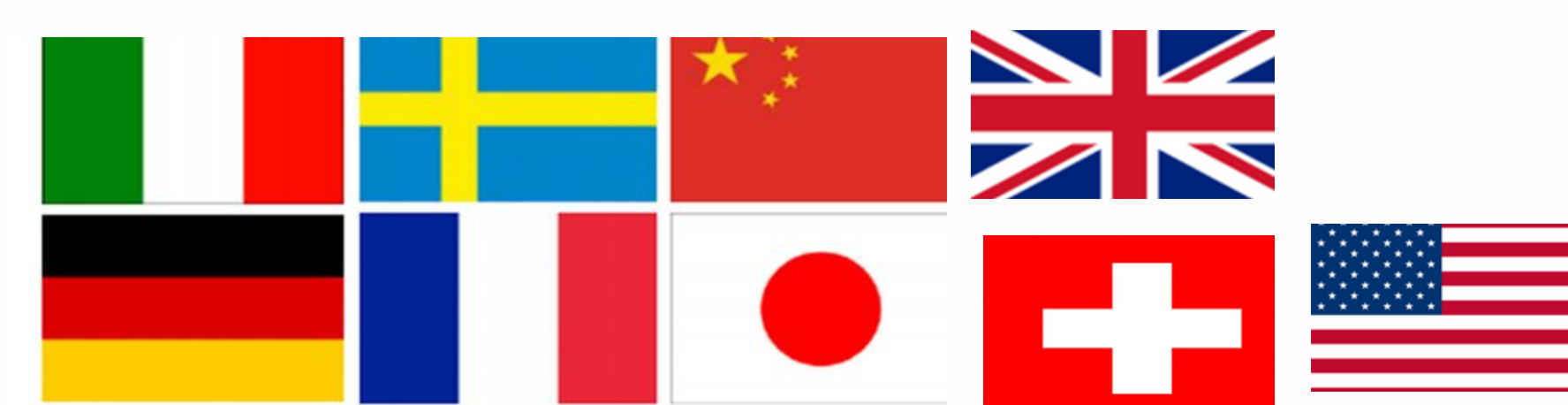
1

2

ICDP DIVE WORKSHOP

MAGGIO 2017

Ideazione del progetto



3

4

PROPOSTA PRESENTATA

GENNAIO 2020

5

PROPOSTA APPROVATA DALL'ICDP

SETTEMBRE 2020

6

7

INIZIO PERFORAZIONE A DT-1B ORNAVASSO

**OTTOBRE-DICEMBRE
2022**



Sito di perforazione di Ornavasso

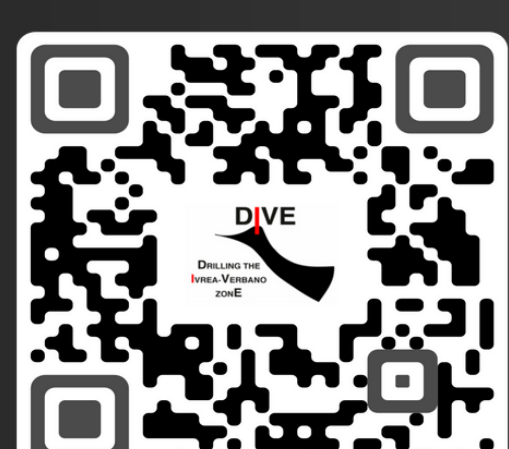
8

9

SCRITTURA DELLA PROPOSTA COMPLETA PER DT-2

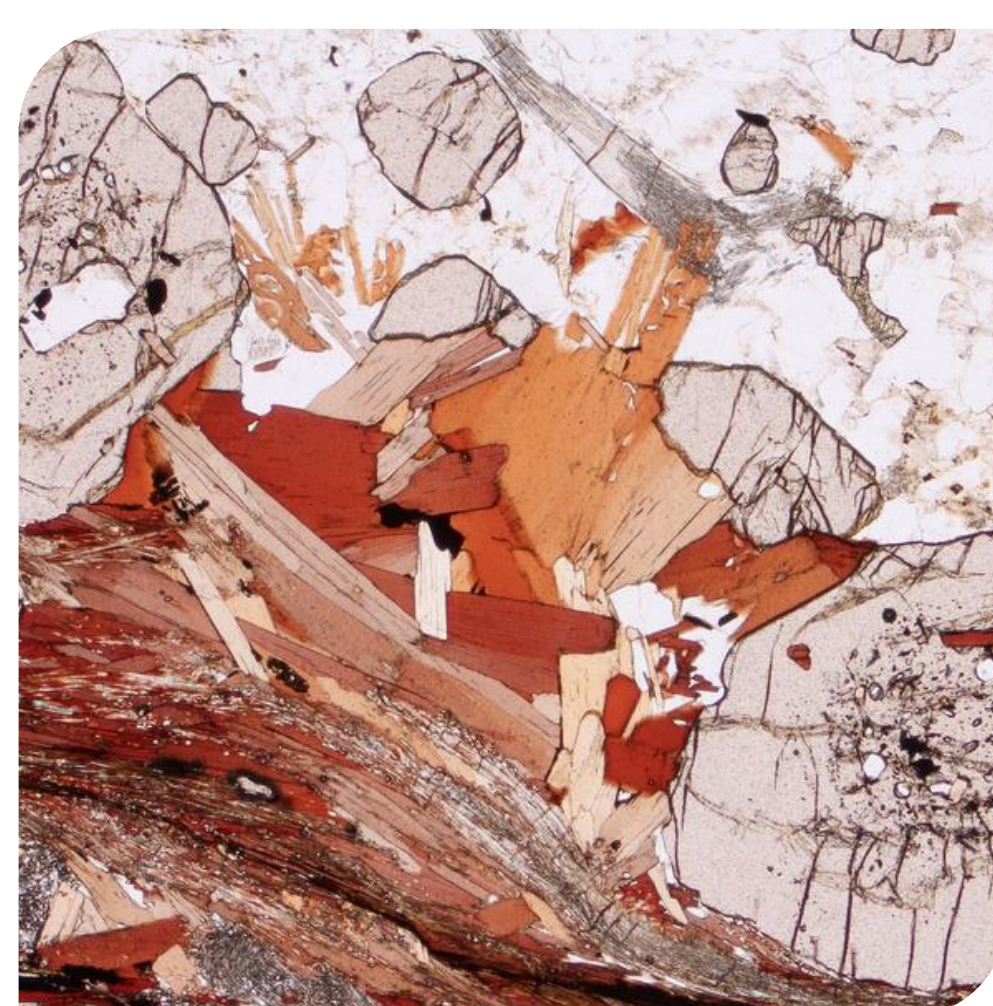
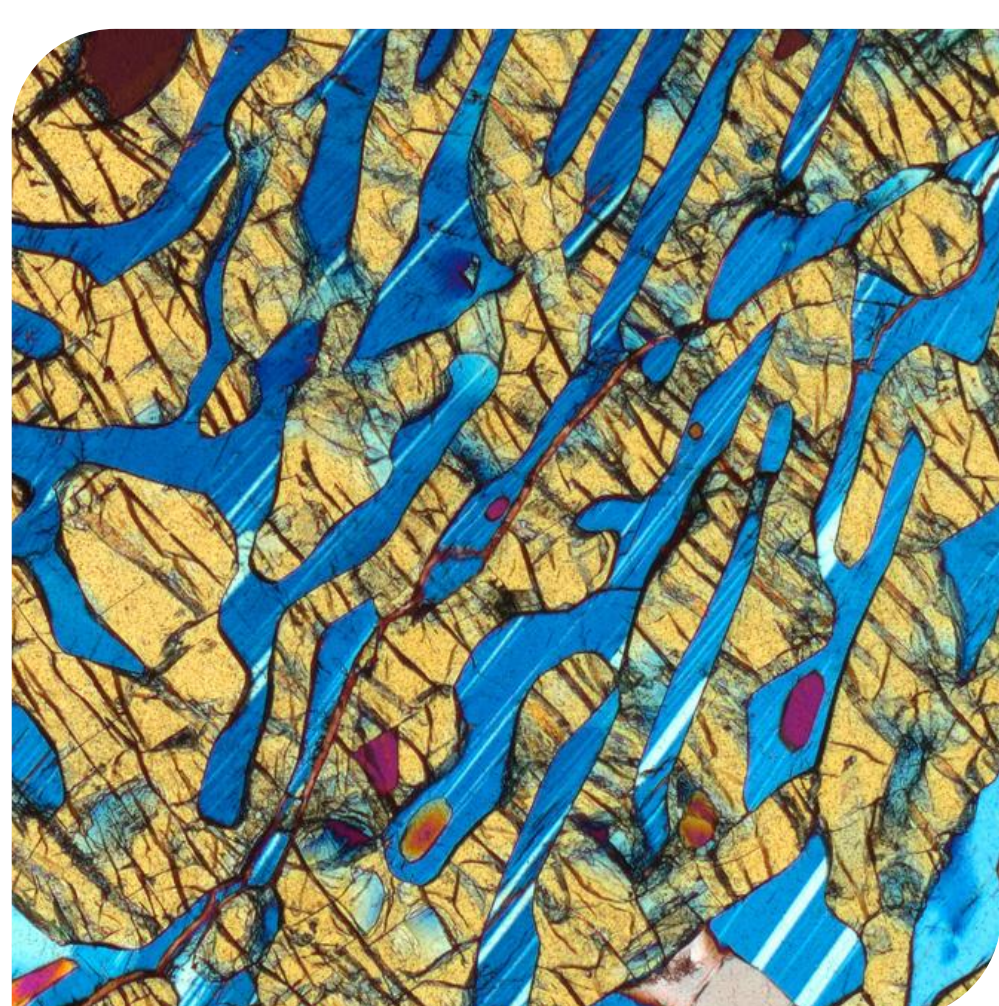
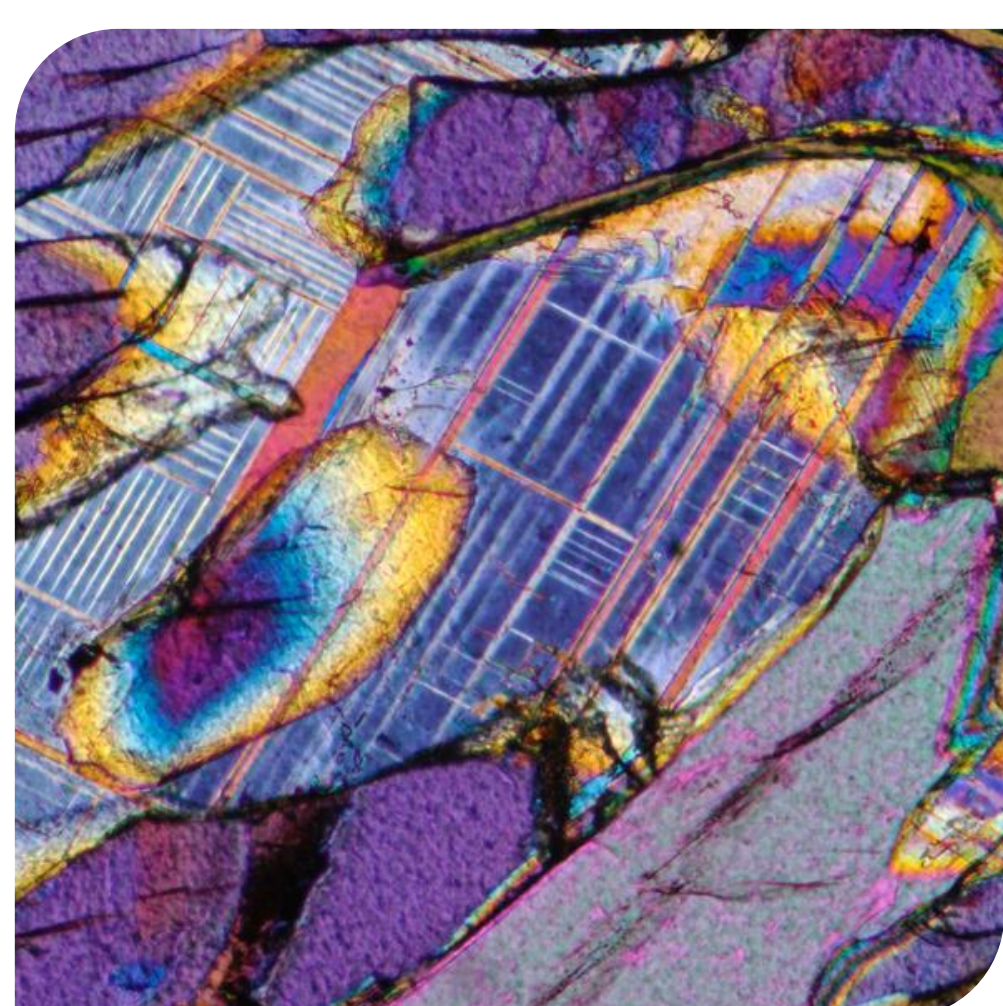
2025-2026

10





Granulites & Granulites 2024



Tra il **2** ed il **6 settembre** si è tenuto a **Verbania** presso il **Centro Eventi "Il Maggiore"** la **Conferenza internazionale Granulites & Granulites 2024**, sul tema delle rocce della crosta profonda delle Terra, le cosiddette granuliti.

Le granuliti costituiscono parte delle rocce esposte nell'area vicino a Verbania, tra Ornavasso e Pieve Vergonte (Zona Ivrea-Verbano), e sono ben rappresentate nelle carote del Progetto DIVE-ICDP della trivellazione di Megolo. Queste rocce si formano a temperature al di sopra degli 800°C ed a profondità tra i 20 e 35 km. Lo studio della loro formazione ed evoluzione fornisce importanti informazioni sui processi che occorrono nella crosta continentale inferiore.

La **Conferenza Granulites & Granulites** ha portato a Verbania 140 esperti di granuliti, provenienti da 20 paesi e 6 continenti, i quali hanno presentato i loro risultati scientifici e discusso le proprietà fisiche e chimiche delle rocce profonde, la fusione crostale, la formazione di magmi, la struttura e composizione della crosta inferiore.

La Conferenza è stata preceduta da un'escursione geologica di due giorni nella Zona Ivrea-Verbano, la quale ha permesso ai partecipanti di osservare sul campo le spettacolari rocce della regione nelle famose sezioni della Val Sesia e Val Strona. Visite alla cava di Candoglia e agli affioramenti rocciosi di Ornavasso, Cuzzago, Colloro e Premosello sono state parte del programma della Conferenza. Un'escursione successiva alla Conferenza, ha portato gli studiosi a visitare i settori più settentrionali della Zona Ivrea-Verbano in Val Cannobina e parte delle Alpi Centrali.

Informazioni e contatti

contact_granulite@sfmc-fr.org

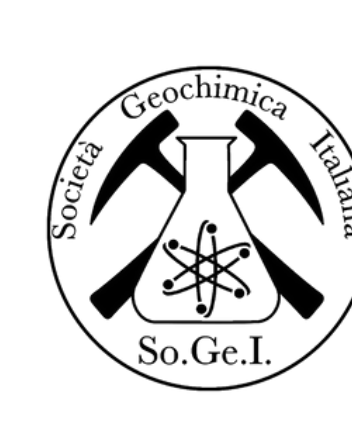
<https://granulites2024.sfmc-fr.org/>

02-06
SETTEMBRE

LUOGO

Centro Il Maggiore
Verbania, Italia

SPONSORS



ENTI ORGANIZZATORI



COMITATO ORGANIZZATIVO

Alberto Zanetti, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Italy

Daniela Rubatto, Universität Bern, Switzerland

Othmar Müntener, Université de Lausanne, Switzerland

Antonio Langone, Università di Pavia, Italy

Pierre Lanari, Universität Bern, and SFMC

Jörg Hermann, Universität Bern, Switzerland

Jacob Forshaw, Universität Bern, Switzerland

Patrizia Fiannacca, Università di Catania, Italy

Christian Chopin, Ecole Normale Supérieure de Paris (ENS), CNRS, SFMC, France

Bernardo Cesare, Università di Padova, Italy