



## PROGRAMMA STM 2017 – RELAZIONE FINALE

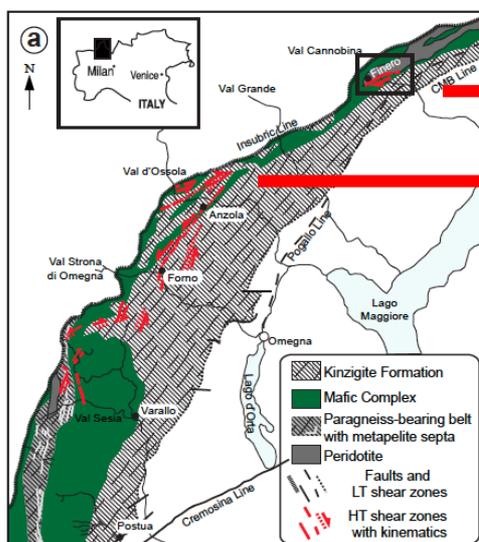
### Titolo del programma:

Analisi microstrutturale e deformazione intracristallina di zirconi in zone di taglio di crosta profonda esposta nella Zona di Ivrea-Verbanò (Alpi occidentali): evidenze di tettonica terrestre o extraterrestre?

### Attività svolte

Durante il soggiorno a Leeds sono state eseguite analisi EBSD su zirconi e porzioni di rocce con lo scopo di caratterizzare dettagliatamente gli stili della deformazione intracristallina registrata nei livelli profondi della crosta continentale dalle zone di taglio. Studi molto recenti mostrano che dalle caratteristiche microstrutturali degli zirconi si possono ottenere informazioni uniche sulla tipologia di deformazione (alta temperatura e/o alto *stress*) e il regime deformativo, i.e. terrestre o extraterrestre subito da questi minerali e quindi dalle rocce che li contengono (e.g. Timms et al., 2017).

Sono stati studiati campioni provenienti da due zone di taglio profonde della sezione continentale di crosta esposta nella Zona Ivrea-Verbanò (Fig. 1). Sono stati presi in esame campioni provenienti dalla zona di taglio di alta temperatura in Val Cannobina (Langone et al., 2018) e campioni di miloniti nella zona di taglio di Anzola precedentemente descritti da Brodie et al. (1989).



Val Cannobina SZ  
A - Mylonites  
B - Pseudotachylytes

Val d'Ossola - Anzola SZ  
A - Mylonites

Fig. 1: Schema geologico della Zona di Ivrea Verbanò mostrando la localizzazione delle zone di taglio studiate.

In Val Cannobina sono state descritte anche litologie contenenti pseudotachiliti in vene da millimetriche a centimetriche e a volte con aspetto di breccia (Fig. 2). Pseudotachiliti sono state descritte in diverse località della Zona di Ivrea-Verbano e sono state attribuite alla deformazione Alpina (e.g. attività della Linea Insubrica, Techmer et al., 1992) o a fasi tettoniche precedenti (Mesozoiche, Pittarello et al., 2012).

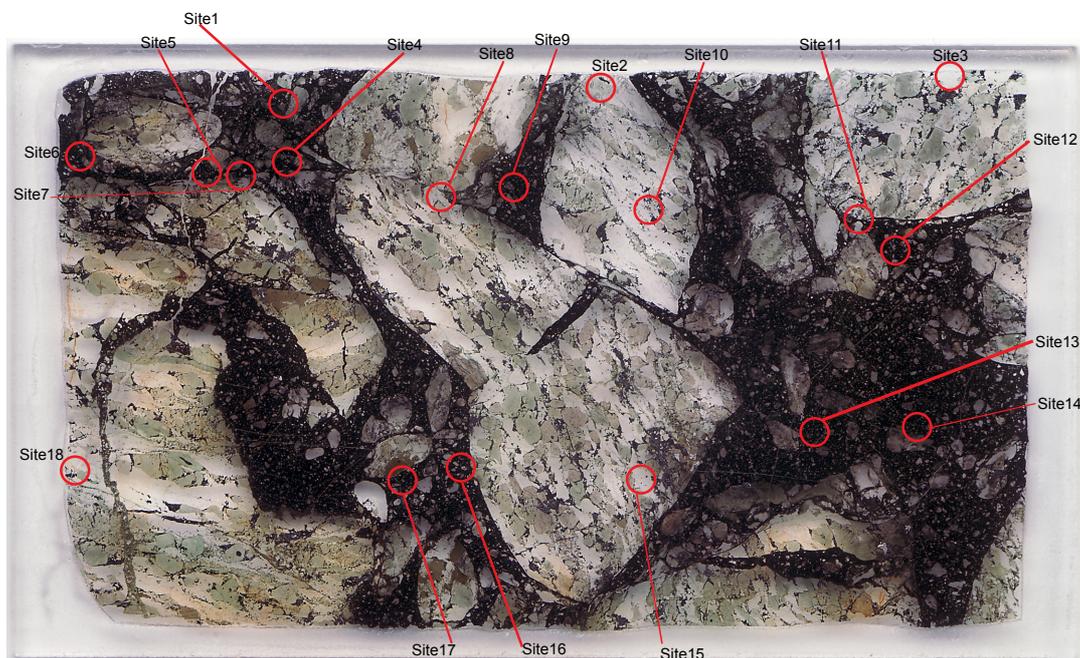


Fig. 2: scansione di una sezione sottile (SB35C-1) nella quale sono stati osservati 20 zirconi (siti in rosso).

Gli zirconi studiati sono stati preventivamente localizzati in Italia presso il proprio istituto di ricerca (IGG-CNR di Pavia) e sono stati caratterizzati dal punto di vista chimico-tessiturale e deformativo presso i laboratori di microscopia elettronica dell'Università di Leeds.

In primo luogo, per ogni grano di zircone riconosciuto in sezione sottile è stata acquisita un'immagine al SEM (microscopio elettronico a scansione) con il detector di catodoluminescenza (CL, Fig. 3) che mette in evidenza eventuali zonature composizionali e caratteri tessiturali interni (zone danneggiate/ricristallizzate) ed esterni (forme e contorni).

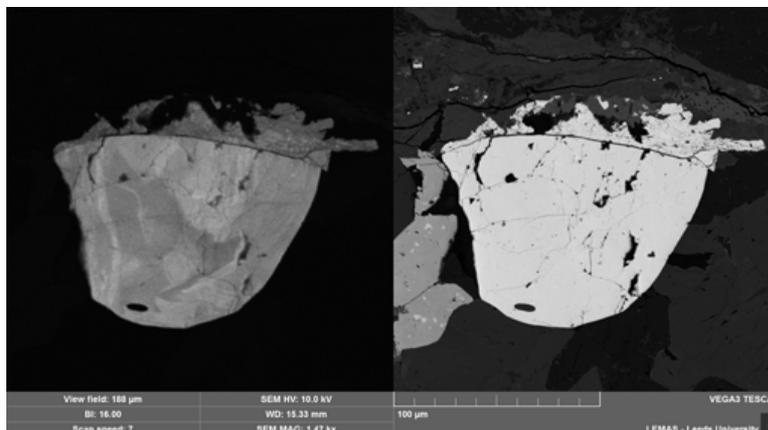


Fig. 3: immagini SEM con detector CL (sinistra) e degli elettroni retrodiffusi (BSE; destra) di uno zircone nel campione SB35C-2.

Di alcuni grani selezionati sono state acquisite le orientazioni cristallografiche mediante il SEM dotato di un detector di EBSD (Electron-Backscattered Diffraction). In particolare, sono state acquisite mappe EBSD di 48 zirconi usando uno step analitico variabile da 0.1 a 1 µm. Per l'acquisizione di ogni mappa è stato impiegato un tempo variabile da poche decine di minuti fino a qualche ora in funzione dello step di campionatura e delle dimensioni del cristallo. Ogni mappa è stata poi processata in modo da rimuovere eventuali effetti del rumore strumentale e per rendere le immagini in scale di colori usate convenzionalmente (Fig. 4). Il software impiegato (AZtechKl - Oxford Instruments) ha permesso anche di costruire il diagramma dei poli delle orientazioni cristallografiche misurate.

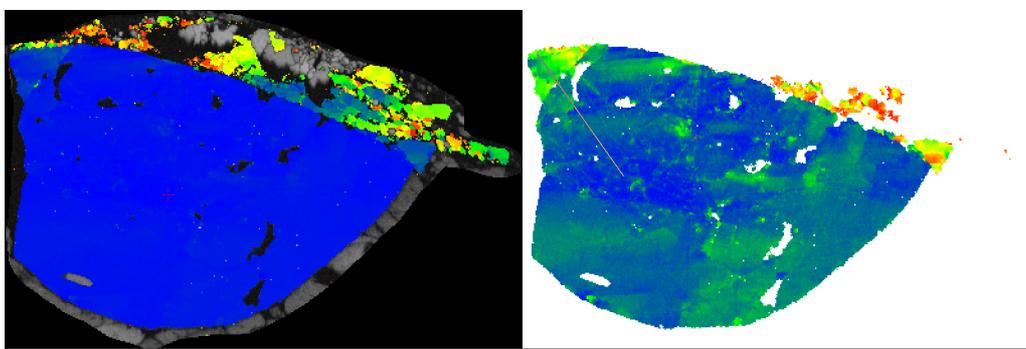
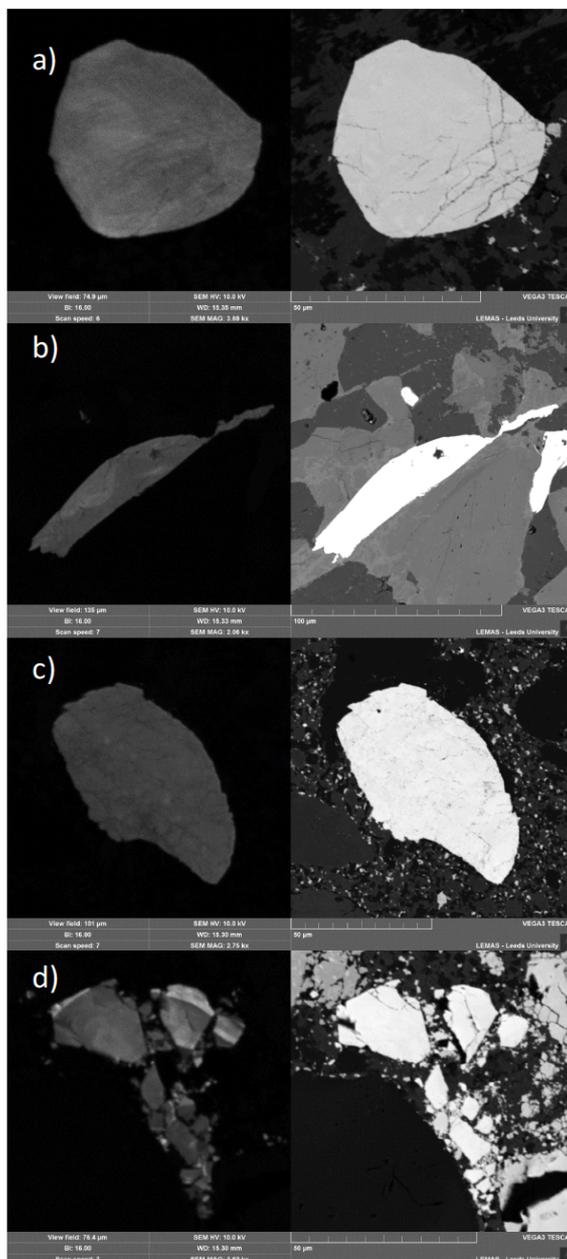


Fig. 4: immagini SEM-EBSD dello zircone in Fig. 2 mostrante le variazioni cristallografiche tra il grano principale (blu) e i nuovi frammenti/grani di zircone (grani di colore diverso dal blu). A destra è messa in evidenza la variazione dell'orientazione cristallografica interna al grano principale di zircone. Le diverse tonalità da blu a verde, giallo e rosso, indicano variazioni interne fino a 10° come evidenza di deformazione intracristallina.

## Risultati ottenuti

Le osservazioni al SEM hanno messo in evidenza che gli zirconi presentano delle evidenze di deformazione sia di tipo fragile che duttile. In particolare, sono stati osservati grani di zircone nelle pseudotachiliti integri con alcune fratture (**Fig. 5a**) e frammenti dislocati (**Fig. 5b**), completamente frantumati senza spostamento (**Fig. 5c**) o con dispersione dei frammenti (**Fig. 5d**).



*Fig. 5: Immagini SEM-CL e SEM-BSE di grani di zircone quasi integri (a) che mostrano fratture (b, c), e spostamento dei frammenti.*

I grani di zirconio che mostrano tendenzialmente uno spostamento dei vari frammenti sono stati osservati nella roccia incassante delle pseudotachiliti (e.g. sito 15 in Fig. 2).

Le analisi EBSD hanno messo in evidenza che gli zirconi possono presentare diverse caratteristiche intracristalline riconducibili ad un processo di deformazione plastica.

In particolare, è stata osservata una deformazione intracristallina intensa, con formazione di vere e proprie “deformation bands” (Fig. 6a, b e c).

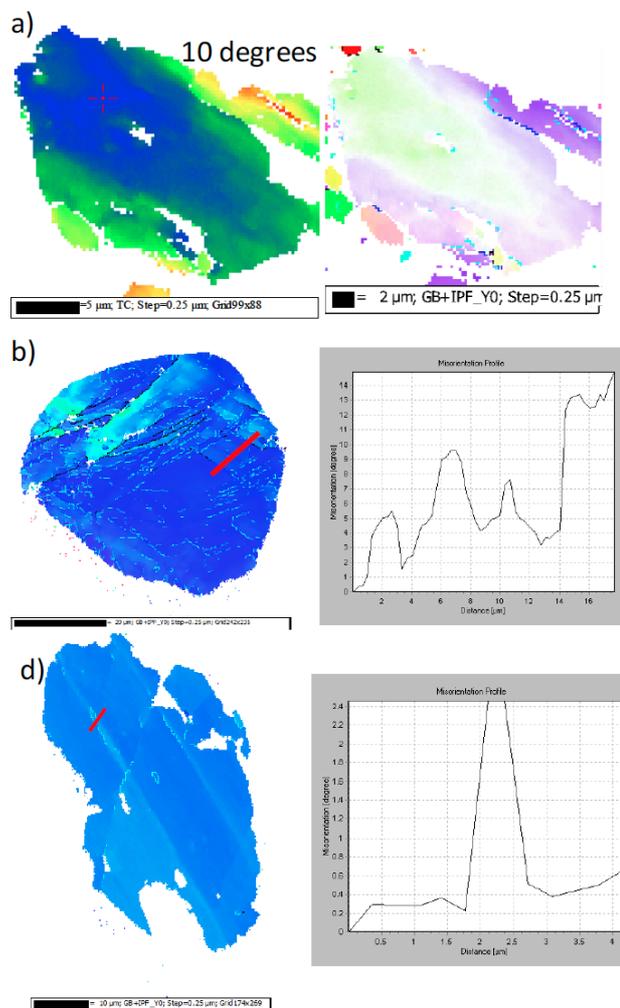
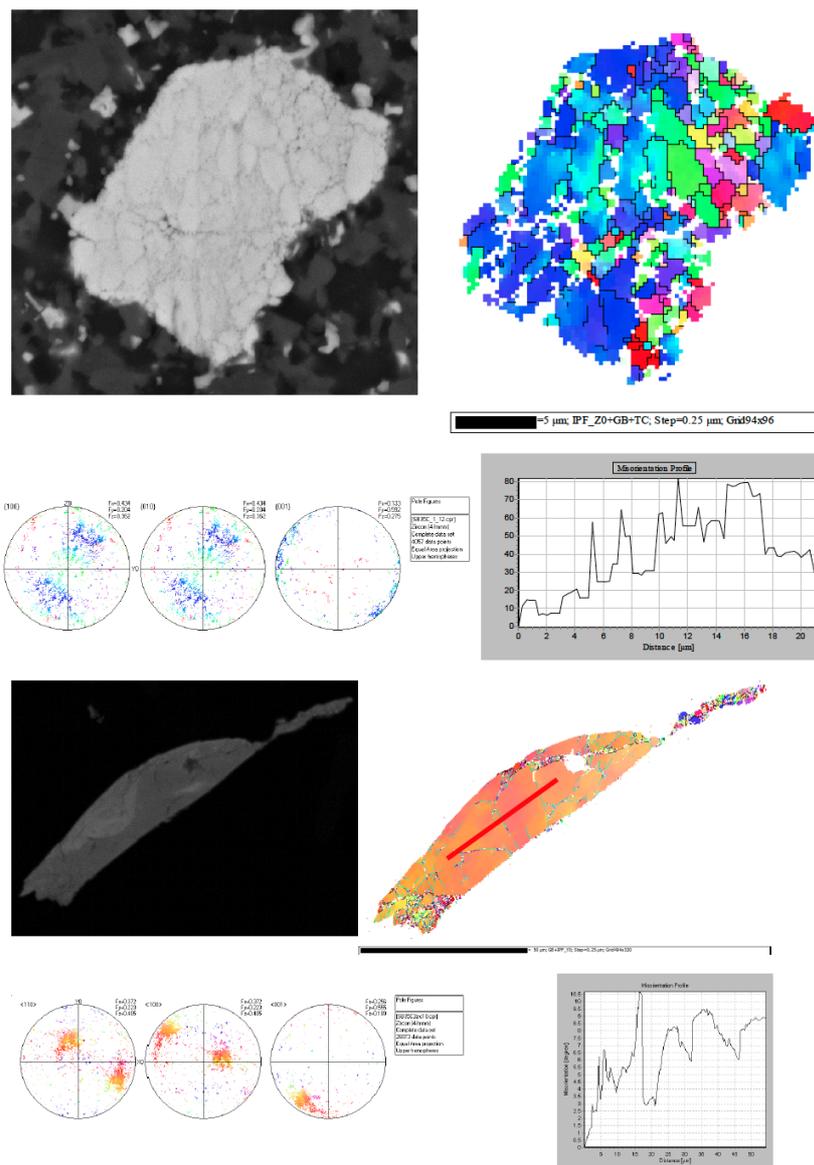


Fig. 6: Immagini SEM-EBSD di tre grani di zirconio (colonna di sinistra) che mostrano estinzioni a bande con nette variazioni del reticolo cristallino di pochi gradi (<20).

Sono state riconosciute inoltre delle variazioni interne del reticolo cristallino molto ampie fino a  $80^\circ$  per i cristalli che appaiono completamente frantumati, alle immagini SEM, con o senza spostamento dei frammenti (**Fig. 7**).



*Fig. 7: Immagini SEM-EBSD di grani di zircono completamente fratturati con alte variazioni angolari dei singoli frammenti ma con pochissimo spostamento degli stessi.*



Le condizioni più estreme della deformazione intracristallina sono state osservate solo in un grano di zirconio presente al bordo tra la pseudotachilite e la roccia incassante (Fig. 8; sito 16 Fig. 2) dove sono state osservate delle geminazioni da deformazione (“deformation twins”).

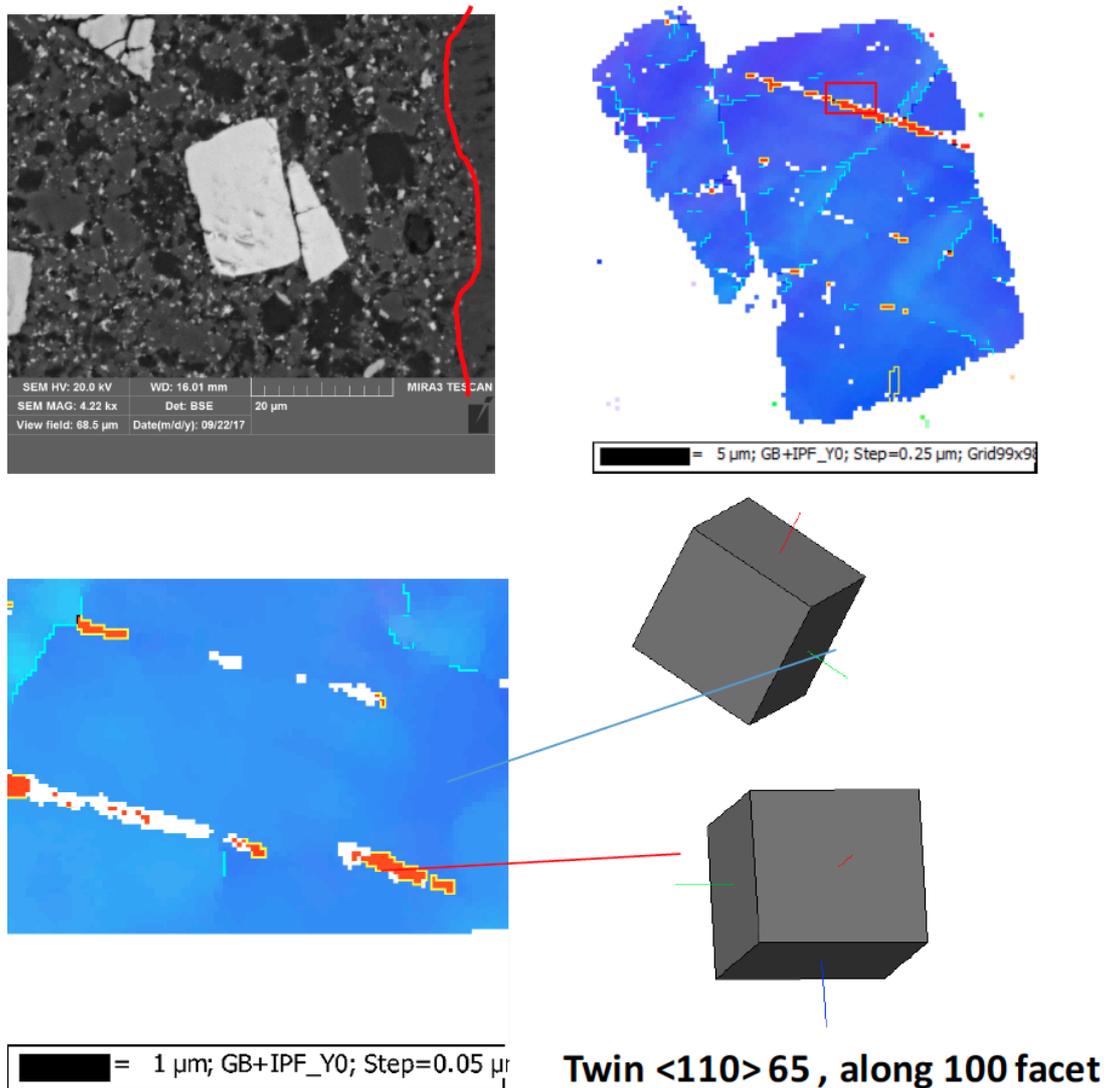


Fig. 8: Immagini SEM-BSE e SEM-EBSD di uno zirconio caratterizzato da lamelle di geminazioni da deformazione con variazioni angolari nette di circa  $65^\circ$  rispetto al resto del cristallo.

Secondo i lavori sperimentali, lo zirconio può sviluppare delle geminazioni da deformazioni per alti valori di pressione (>20GPa, dominio A in Fig. 9; Timms et al., 2012) e precedono la formazione del polimorfo di alta pressione dello zirconio, la reidite (P > 40GPa; dominio B in Fig. 9 Timms et al., 2012).

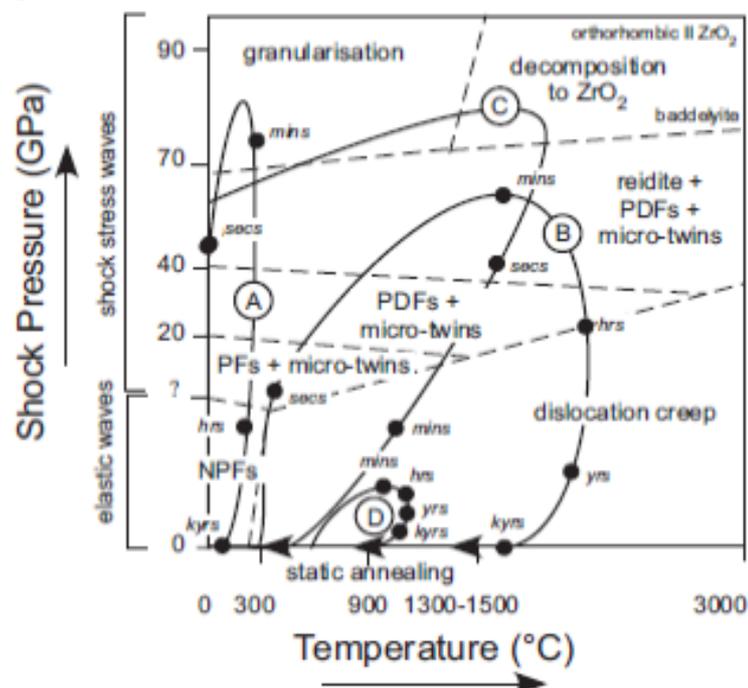


Fig. 9: Mappa schematica dei meccanismi di deformazione da impatto negli zirconi (da Timms et al., 2012). Nella mappa sono visibili le relazioni tra le varie microstrutture da deformazione in zirconi in funzione di pressione, temperatura e tempo. Ogni campo è nominato secondo il processo deformativo dominante.



### **Conclusioni**

- Lo studio microstrutturale dei grani di zircone presenti nei campioni di rocce milonitiche con pseudotachiliti provenienti dalla Zona di Ivrea-Verbano (Fig. 1) ha messo in evidenza che lo zircone ha sviluppato delle microstrutture da deformazione duttile e fragile tipiche degli ambienti in cui le rocce hanno subito l'impatto di un meteorite (e.g. Timms et al., 2012; 2017).
- Non essendoci altre evidenze di un impatto nella zona studiata (strutture sul terreno e microstrutture registrate da altri minerali) le microstrutture osservate possono essere attribuite ad eventi sismici (paleo-terremoti).
- Le condizioni di pressione elevate evidenziate dalle microstrutture degli zirconi, e documentate per la prima volta, potrebbero indicare condizioni di elevato stress ( $>20\text{GPa}$ ) in un contesto crostale non molto profondo ( $<1\text{GPa}$ ).
- Nonostante le numerose pubblicazioni sulle pseudotachiliti sia dal punto di vista petrologico, sperimentale e geocronologico, per la prima volta sono stati studiati zirconi "deformati" all'interno delle pseudotachiliti cercando di accedere alle informazioni contenute all'interno di questi minerali accessori molto resistenti e utili come geocronometri.

### **Lavoro futuro**

- Gli zirconi provenienti dalle miloniti delle due zone di taglio, caratterizzati direttamente in sezione sottile a Leeds mediante SEM-CL e EBSD saranno analizzati presso i laboratori IGG-CNR di Pavia per determinare le età radiometriche (età U-Pb mediante LA-ICP-MS). Questi dati saranno inseriti in una pubblicazione di scopo geologico che è in preparazione e che sarà una continuazione di un lavoro recentemente pubblicato (Langone et al., 2018).
- Le analisi EBSD degli zirconi presenti nelle pseudotachiliti sono già in fase di elaborazione per la stesura di un articolo che sarà pubblicato su riviste di alto impatto data la loro originalità e unicità.

### **Riferimenti bibliografici**

Brodie et al. (1989). Geological Society - Special Publications, 45(1), 203–210.

Langone et al. (2018), Tectonics, 10.1002/2017TC004638

Pittarello et al. (2012), Tectonophysics, 580, 43-57.

Techmer et al., (1992), Tectonophysics, 204, 307-322.

Timms et al. (2012), Meteorics and Planetary Sciences, 47, 120-141.

Timms et al. (2017), Earth-Science Reviews, 165, 185-202

Pavia, giovedì 01 Marzo 2018

In fede,

Il Dichiarante  
(Dott. Antonio Langone)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Antonio Langone', written in a cursive style.