

THE UNIVERSITY OF NEWCASTLE, AUSTRALIA

COAN3:

Individuazione, caratterizzazione  
e datazione di concrezioni antiche  
in Trentino

Silvia Frisia & Andrea Borsato

[ NOVEMBRE 2013 ]

## **Introduzione**

La ricerca COAN3 “Individuazione, caratterizzazione e datazione di concrezioni antiche in Trentino” si è svolta all’interno delle attività del “Tavolo provinciale di coordinamento e di azione sui cambiamenti climatici” (Prot. PAT n. S158/2012/683527/3.5-2012-1301).

Lo studio prende spunto da considerazioni di carattere globale riguardo i prossimi scenari di riscaldamento (IPCC, 2013) che hanno portato gli scienziati di tutto il mondo a guardare con interesse il clima del Pliocene (tra 2.6 e 5.3 milioni di anni or sono), quando la temperatura nella fascia tropicale e temperata era da 3 a 4°C più calda del presente, e i livelli di CO<sub>2</sub> tra 365 e 415 ppm (Pagani et al., 2009; Fedorov et al., 2010; Zhang et al., 2013) valori del tutto confrontabili ai livelli verso cui stiamo tendendo (IPCC, 2013).

In quest’ottica l’Università di Newcastle (Australia), in collaborazione con l’Università di Melbourne, ha eseguito delle datazioni preliminari su campioni di concrezione provenienti da grotte del Trentino che hanno dato risultati inaspettati e incoraggianti riguardo l’antichità dei campioni considerati: alcuni campioni si sono rivelati più antichi di ca. 500.000 anni, il limite inferiore per le datazioni con il metodo Uranio-Torio (U/Th).

Grazie a nuove tecnologie sviluppate negli ultimi anni è ora possibile datare campioni più antichi di 500.000 anni attraverso la tecnica Uranio-Piombo (Vaks et al., 2013; Woodhead et al., 2006; Woodhead and Pickering, 2012)

Considerata la complessità e il costo delle datazioni Uranio-Torio e Uranio-Piombo si è pertanto pensato ad un progetto pilota che permettesse di individuare attraverso due serie parallele di datazioni U/Th e U/Pb possibili campioni antichi da sottoporre successivamente ad analisi geochimiche ai fini di una ricostruzione paleoclimatica ad alta risoluzione attraverso l’utilizzo di serie temporali multiproxy (isotopi stabili, microstratigrafia, petrografia, elementi maggiori e in traccia, velocità di crescita assiale, etc.).

Il presente progetto è inteso pertanto come parte preliminare e propedeutica di un più vasto progetto di ricerca da sottoporre per finanziamento a enti esterni quali l’ European Research Council (Horizon 2020 grants) e l’Australian Research Council (Discovery projects), e che potrà coinvolgere anche studenti di Dottorato dell’Università di Newcastle e Università di Padova a partire dal prossimo anno.

La ricerca si è concretizzata in alcune campagne di campionamento nelle grotte del Trentino: i campioni selezionati sono stati sezionati tramite l’esecuzione di sezioni assiali seriate dalle quali si sono ricavate sezioni sottili lungo l’asse di crescita.

La fase successiva è consistita nell’analisi petrografica e microstratigrafica presso il laboratorio di microscopia dell’Università di Newcastle secondo protocolli sviluppati dalla Dr. Frisia (Frisia and Borsato, 2010; Frisia et al., 2000) che hanno permesso di evidenziare fenomeni di alterazione e/o ricristallizzazione responsabili della possibile alterazione del segnale geochimico delle concrezioni e della loro corretta datazione radiometrica.

I campioni più interessanti dal punto di vista petrografico sono stati quindi preparati per le successive datazioni radiometriche. Si sono eseguite due serie di datazioni U/Th per un totale di 24 campioni e 18 datazioni U/Pb raggruppate in tre serie isocrone.

## Parte 1. Selezione grotte di interesse e campionamento speleotemi

La selezione delle grotte di interesse per il progetto è stata eseguita da A. Borsato in funzione di dati pubblicati (Bini et al., 1991; Borsato, 1995; Borsato et al., 2005; Borsato and Terzan, 2012), dei campioni già presenti in archivio e della logistica delle grotte.

Alcune datazioni preliminari effettuate in spettrometria alfa (Borsato, 1995; Borsato et al., 2005) indicavano come possibili grotte di interesse per la presenza di speleotemi antichi le grotte di Collalto, Costalta, e Cesare Battisti. A queste si sono aggiunte le cavità Abisso di Lamar, Grotta della Lovara, e Abisso Freezer per le quali una serie di campioni si concrezione erano già disponibili in archivio.

Sono state inoltre considerate vene di calcite spatica rinvenute in paleocavità presso il Covello di Rio Malo (Lavarone), il Ghiacciaio XII Apostoli (Dolomiti di Brenta) e il Ghiacciaio Fradusta (Pale di S. Martino). In particolare, le concrezioni rinvenute presso i ghiacciai XII Apostoli e Fradusta (Fig. 1) sono di grande interesse in quanto attualmente in aree prive di suolo e dove non si formano concrezioni vista la scarsa mineralizzazione e conseguente sottosaturazione dell'acqua di percolazione (cfr. Frisia & Borsato, 1994; Borsato et al., 2007). Ciò suggerisce che le concrezioni siano piuttosto antiche legate ad un periodo interglaciale più caldo dell'attuale o, alternativamente, un periodo precedente il Quaternario (>2.6 Ma) durante il quale l'area attualmente interessata dai ghiacciai si trovava ad una quota molto meno elevata a causa del sollevamento isostatico che ha interessato l'arco alpino negli ultimi 3 milioni di anni (cfr. Meyer et al., 2009, 2011).

**Fig. 1.** Calcite spatica rinvenuta presso il Ghiacciaio XII Apostoli, a quota 2626 m s.l.m.



Grotta	Quota m slm	Località	Gruppo montuoso	Bibliografia
Abisso di Lamar	740	Lago di Lamar	Paganella	---
Grotta della Lovara	985	Fausior	Paganella	Borsato, 1995
Covelo Rio Malo	990	Piccoli, Lavarone	Altipiano Lavarone	Borsato, 1995
Grotta di Collalto	1000	Val d'Ambiez	Dolomiti di Brenta	Borsato, 1995;
Grotta di Costalta	1710	Val di Sella	Altipiano Lavarone	Borsato, 1995; Borsato et al., 2005
Grotta Cesare Battisti	1880	Paganella	Paganella	Bini et al., 1991; Borsato et al., 2005
Abisso Freezer	2105	Lasteri	Dolomiti di Brenta	Borsato e Terzan, 2012
Grotta Ghiacciaio XII Apostoli	2626	Gh. XII Apostoli	Dolomiti di Brenta	Frisia e Borsato, 1994
Grotta Ghiacciaio Fradusta	2660	Passo Pradidali	Pale di S. Martino	---

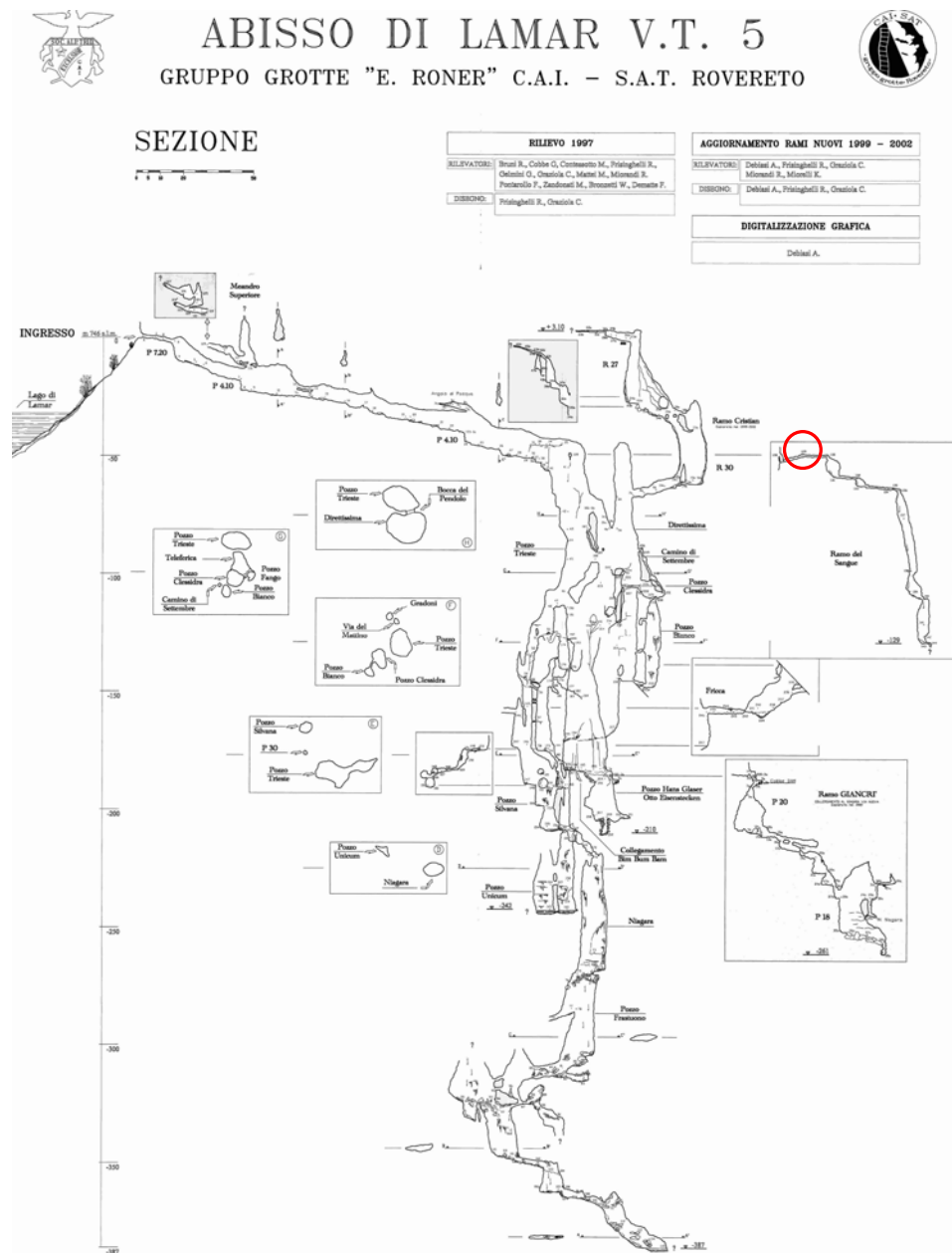
**Tab.1:** Cavità considerate per il campionamento speleotemi

## Parte 2. Ubicazione e descrizione concrezioni

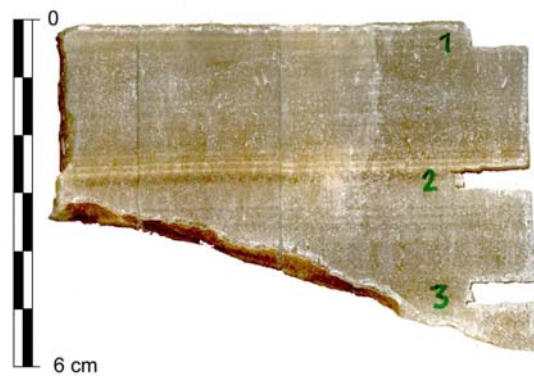
### 2.1. Abisso di Lamar

All'interno dell'Abisso di Lamar, ubicato presso il lago omonimo, si è campionato un *flowstone* (crostone concrezionale) fossile e parzialmente corroso rinvenuto nella parte iniziale del Ramo del Sangue, poco sotto la partenza del grande Pozzo Trieste.

**Fig.2.** Rilievo Abisso di Lamar (Gruppo Grotte Rovereto, 1997) con ubicazione punto di campionamento LAM-1 nel tratto iniziale del Ramo del Sangue.

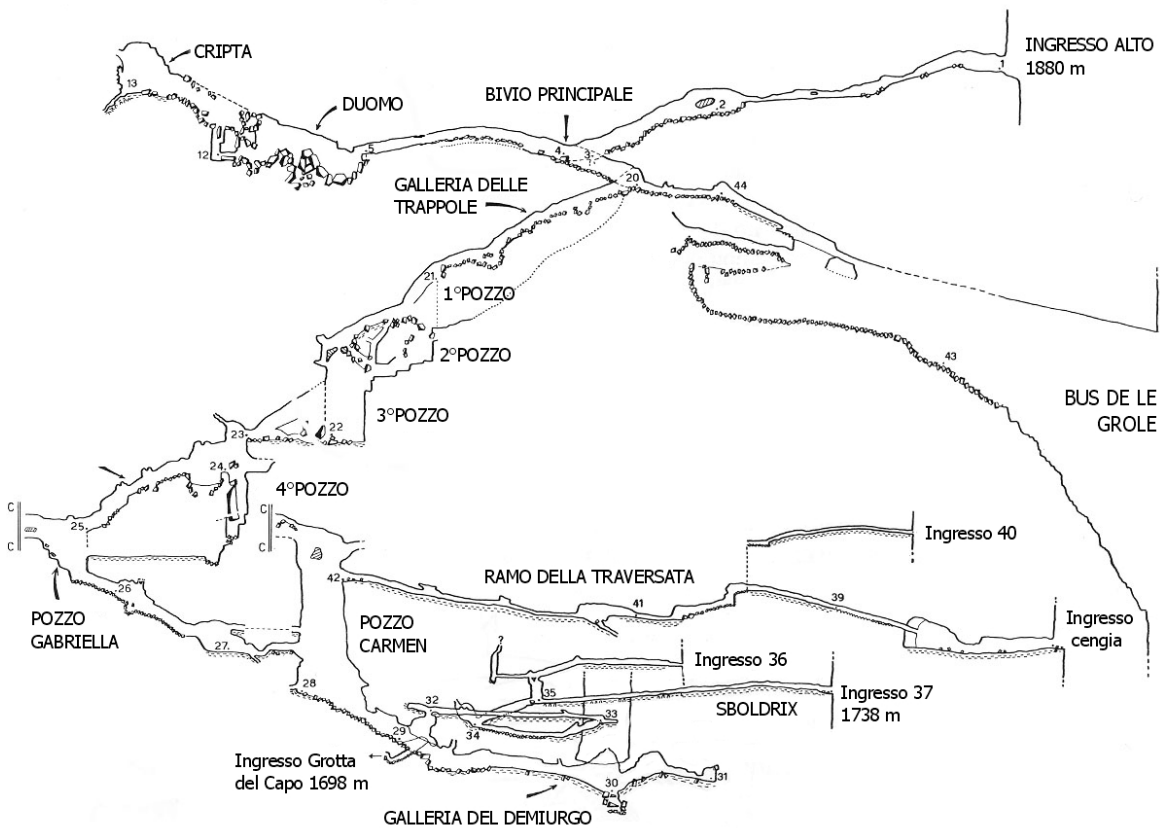


**Fig.3.** Campione LAM-1 prelevato nella parte iniziale del Ramo del Sangue. Si tratta di un *flowstone* (colata stalagmitica) parzialmente alterato e in via di dissoluzione. La datazione effettuata (LAM1-2) ha restituito un'età di  $225.79 \pm 5.9$  ka.



## 2.2. Grotta Cesare Battisti

La Grotta Cesare Battisti in Paganella è già stata oggetto di studi riguardanti le concrezioni presenti che avevano rivelato età sia moderne (Olocene, ultimi 11,700 anni, Borsato et al., 2000) sia molto antiche, probabilmente più vecchie di 500.000 anni, il limite inferiore per le datazioni con il metodo Uranio-Torio (Borsato et al., 2005). Due campagne di campionamento effettuate nel corso del 2013 hanno permesso di ottenere nuovi campioni che si sono aggiunti a quelli già presenti in archivio.



**Fig. 4.** Sezione Grotta Cesare Battisti (dal rilievo Gruppo Speleologico SAT Arco in Bini et al., 1991)

Di seguito si riporta la descrizione dei campioni selezionati per lo studio petrografico e le successive datazioni radiometriche.

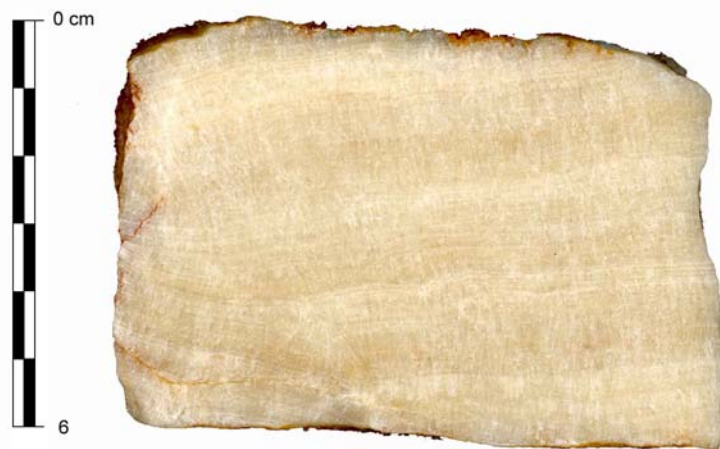


**Fig. 5.** Grotta C. Battisti, campione CB16 proveniente dal tratto iniziale della Galleria del Demiurgo. Si tratta di un *flowstone* alterato, eroso e fratturato (-0.85 dal top della concrezione). La datazione U/Th effettuata (CB16.2) ha restituito un'età di  $390.09 \pm 125$  ka. L'ampio margine di errore è legato alla contaminazione da parte di Torio detritico che rende più impreciso il calcolo dell'età.



**Fig. 6.** Grotta C. Battisti, campione CB18 proveniente dalla base del Pozzo Gabriella in una mensola a ca. 1 m dal pavimento. Si tratta di un *flowstone* con intercalazioni detritiche simile al campione CB17 descritto in Bini et al., 1991 e Borsato et al., 2005. La datazione U/Th effettuata su un livello più cristallino e con poco detrito (CB18.1) ha restituito un'età di  $529.42 \pm 89$  ka.





**Fig. 7.** Grotta C. Battisti, campione CB34 proveniente dai pressi del Bivio Iniziale. Si tratta di un *flowstone* molto pulito e privo di intercalazioni detritiche. Le due datazioni U/Th effettuate (CB34b e CB34t) hanno entrambe restituito rapporti isotopici dell'U e del Th prossimi all'equilibrio, cioè un'età superiore a 600 ka.



**Fig. 8.** Grotta C. Battisti, campione CB43 proveniente dalla base del Pozzo Gabriella, e sottostante i campioni CB17 e CB18. Si tratta di un *flowstone* con evidenti intercalazioni detritiche alternate a livelli cristallini puliti. Sono state effettuate due datazioni U/Th. La prima (CB43t) ha restituito un'età superiore ai 500 ka, mentre la seconda (CB43.1) un'età di  $589.19 \pm 165$  ka.



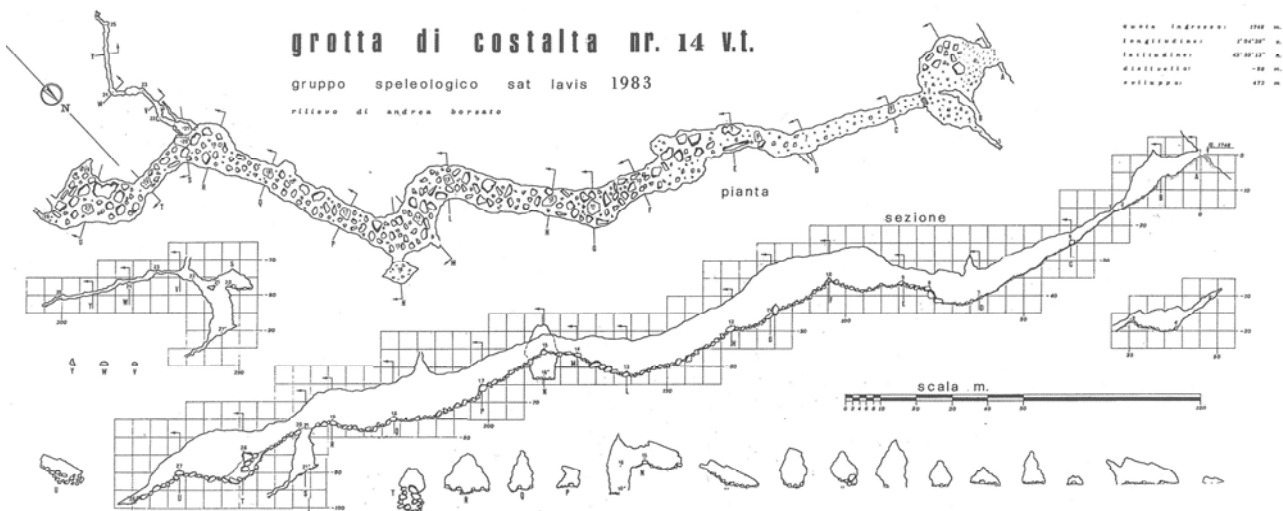
**Fig. 9.** Grotta C. Battisti, campione CB44 proveniente dai pressi del Bivio Iniziale. Si tratta di un *flowstone* pulito con sottili intercalazioni detritiche. Il campione si trova placcato in parete ed è pertanto di difficile campionamento. La datazione effettuata (CB44.1) ha restituito rapporti isotopici dell'U e del Th prossimi all'equilibrio, cioè un'età superiore a 600 ka.



**Fig. 10.** Grotta C. Battisti, campione CB49 proveniente dai pressi del Bivio Iniziale. Si tratta di un *flowstone* stalagmitico (parte basale di stalagmite) che andava a confluire nel *flowstone* CB34 sebbene la correlazione diretta sia di difficile dimostrazione. La datazione effettuata (CB49.1) ha restituito rapporti isotopici dell'U e del Th prossimi all'equilibrio, cioè un'età superiore a 600 ka.

### 2.3. Grotta di Costalta

La Grotta di Costalta in Val Sella sopra Borgo Valsugana è già stata oggetto di studi riguardanti le concrezioni presenti che avevano rivelato problemi di alterazione legati alla presenza di acque di percolazione aggressive che andavano a modificare gli originali rapporti isotopici della serie dell'uranio rendendo impossibile la datazione (Borsato, 1995; Borsato et al., 2005). Per questo motivo si sono effettuate due ulteriori campagne di campionamento nel corso del 2013 con il preciso scopo di individuare concrezioni in parti della grotta non interessate attualmente da acque di stillicidio in modo da evitare o limitare possibili alterazioni.



**Fig. 11.** Rilievo della Grotta di Costalta (Gruppo Speleologico SAT Lavis, 1983)

Di seguito si riporta la descrizione dei campioni selezionati per lo studio petrografico e le successive datazioni radiometriche.



**Fig. 12.** Grotta di Costalta, campione CS5 nel tratto di galleria tra i punti 17-18. Frammento di *flowstone* staccato da blocco franato, corrispondente a CS6 (vedi sotto).



**Fig. 13.** Grotta di Costalta, campione CS6 nel tratto di galleria tra i punti 17-18. Frammento di *flowstone* staccato da blocco franato. Le due datazioni effettuate in precedenza sul campione CS6 hanno entrambe evidenziato l'apertura del sistema per gli isotopi dell'Uranio (Borsato et al., 2005).



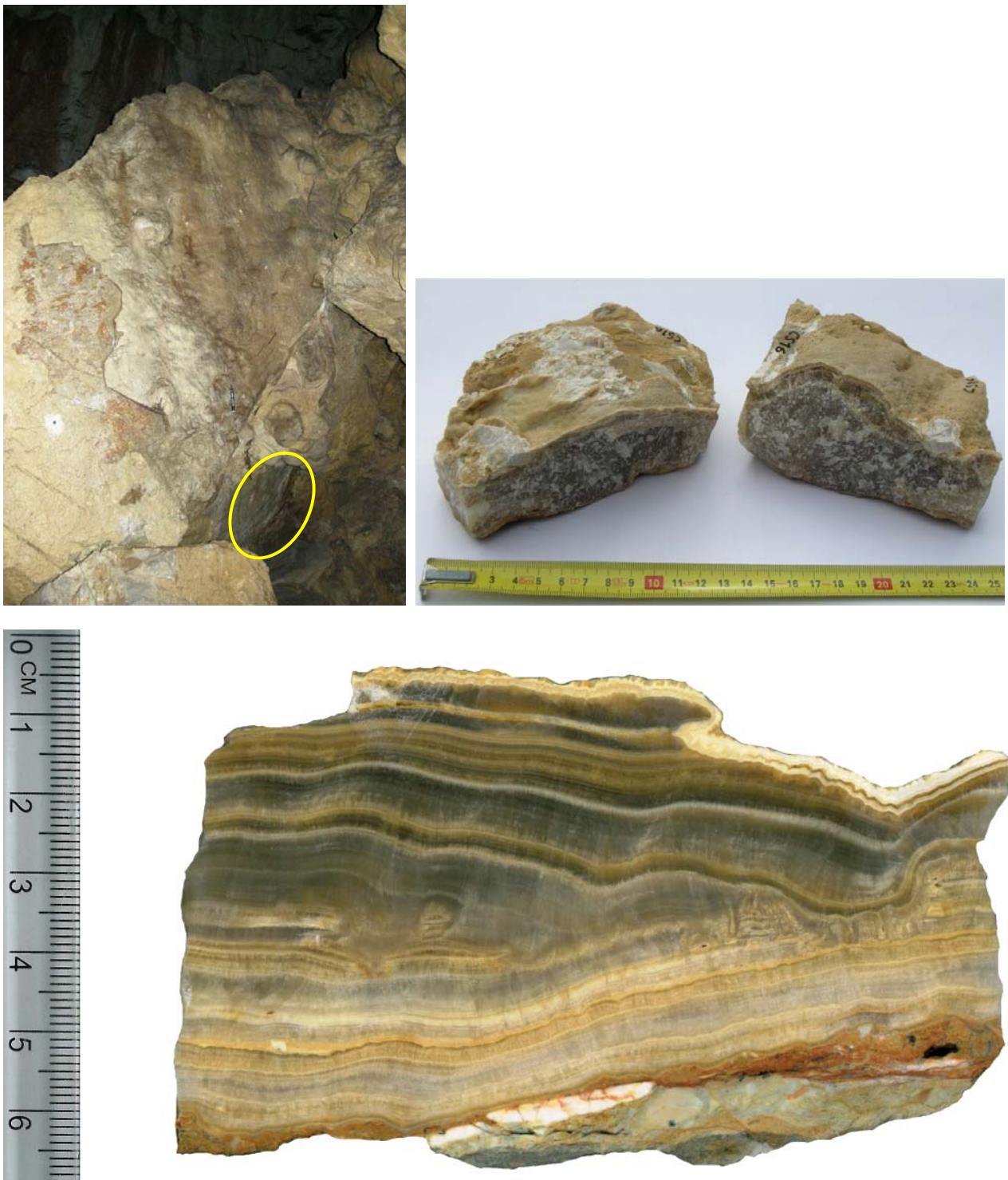
**Fig. 14.** Grotta di Costalta, campione CS13 nel tratto di galleria tra i punti 9-10. Stalagmite rotta (vandali?) ritrovata vicino a CS14 (vedi sotto) ma probabilmente asportata dalla galleria soprastante. Sono state effettuate due datazioni U/Th. Entrambe le date alla base (CS13.1) e verso il top della stalagmite (CS13.2) hanno restituito un'età superiore ai 500 ka.



**Fig. 15.** Grotta di Costalta, campione CS14 nel tratto di galleria tra i punti 9-10, pozzetto sul lato Est. Frammento di *flowstone* (intero spessore) staccato per il crollo di un blocco. La datazione U/Th effettuata verso la base della concrezione (CS14.1) ha restituito un'età superiore ai 600 ka.



**Fig. 16.** Grotta di Costalta, campione CS15 nel tratto di galleria tra i punti 9-10. Stalagmite rotta e parzialmente alterata (dissoluzione laterale) ritrovata sotto un blocco di frana (possibile posizione originale).



**Fig. 17.** Grotta di Costalta, campione CS16 nel tratto di galleria tra i punti 9-10 lato W. Flowstone (intero spessore) staccatosi da un grosso blocco di frana.



**Fig. 18.** Grotta di Costalta, campione CS18 nel tratto di galleria al punto 11 lato E. Parte sommitale del *flowstone* sottostante la “Medusa”.

Attualmente l’acqua di stillicidio proveniente dal camino soprastante è sottosatura ma si infila prontamente tra il detrito. Tutte le concrezioni sono ricoperte da una patina di calcite biancastra polverulenta (1-2 mm).







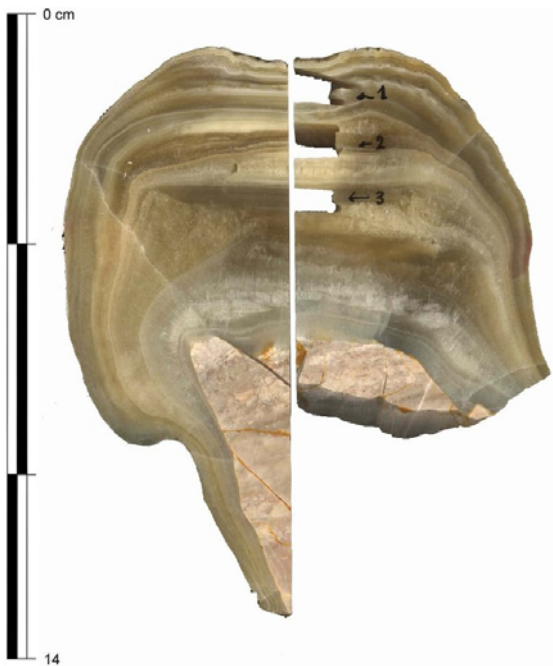
**Fig. 19.** Grotta di Costalta, campione CS19 nel tratto di galleria presso il punto 14. *Flowstone* (intero spessore) proveniente da un grosso frammento sul pavimento e probabilmente collegato alla grossa stalagmite nella foto. La datazione U/Th effettuata verso la base della concrezione (CS19.2) ha restituito un'età superiore ai 500 ka.





**Fig. 20.** Grotta di Costalta, campione CS20 nella depressione nel tratto di galleria presso tra i punti 9-10 lato W. Frammento di *flowstone*, probabilmente la parte sommitale di quello nel fotogramma in alto a sinistra.





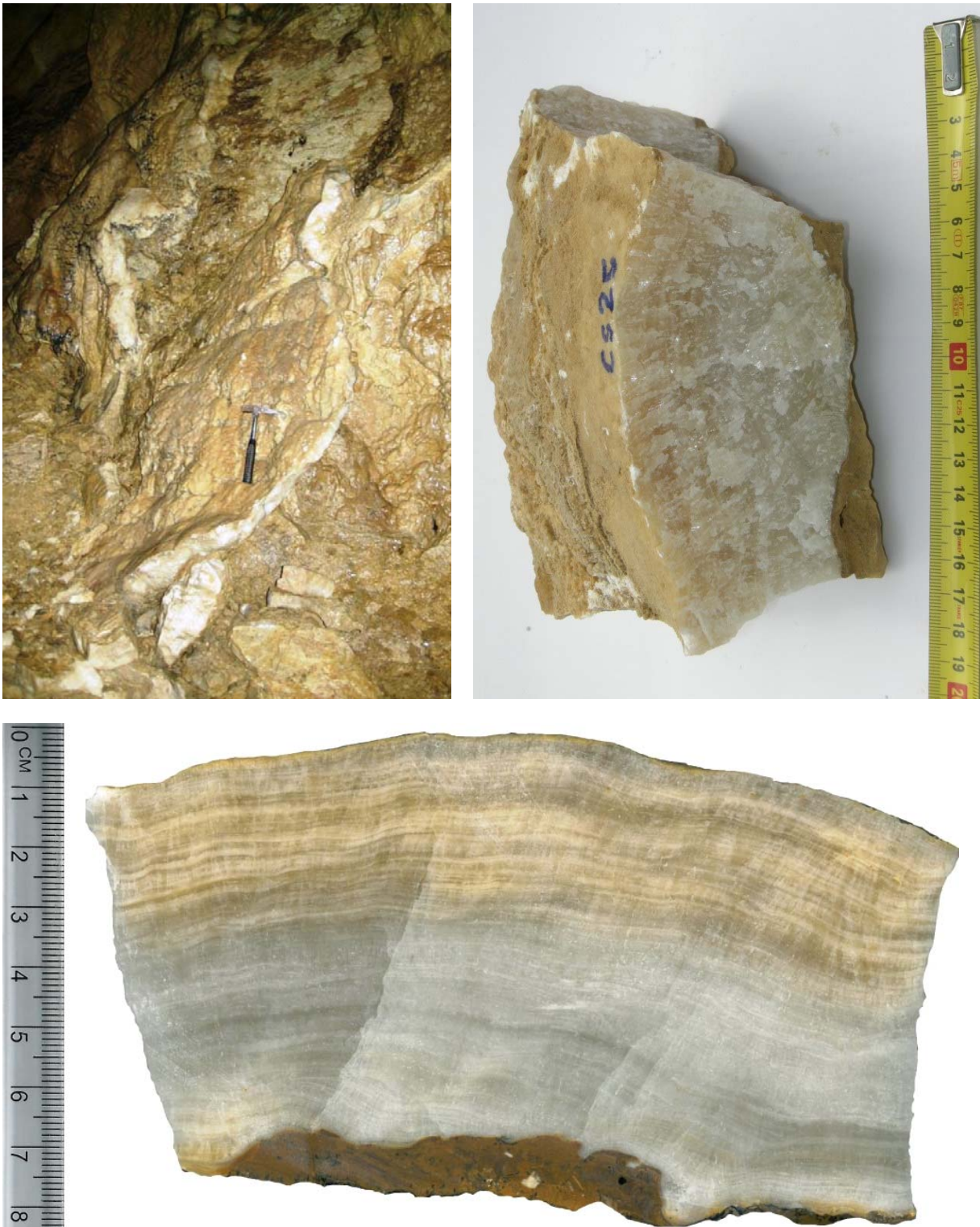
**Fig. 21.** Grotta di Costalta, campione CS21 nel tratto di galleria tra i punti 12-13. Stalagmite ritrovata spezzata sul pavimento (vandali?). Le due datazioni U/Th effettuate su i campioni hanno rivelato un'età recente (Olocene), di  $4.71 \pm 0.1$  ka (CS21-1) e  $9.71 \pm 0.2$  ka (CS21-3).



**Fig. 22.** Grotta di Costalta, campione CS22 nel tratto di galleria tra i punti 12-13. Frammento di grossa colonna stalagmitica crollata (base). La datazione effettuata (campione CS22-1) ha restituito un'età di  $366.60 \pm 55.5$  ka.



**Fig. 24.** Grotta di Costalta, campione CS24: stalagmite trovata sul pavimento nel tratto di galleria al punto 14. Si tratta di una stalagmite complessa costituita dalla sovrapposizione di due corpi stalagmitici con diversi assi di crescita. Si sono effettuate due datazioni U/Th. La data al top del primo edificio stalagmitico (CS24.2) ha restituito un'età superiore ai 600 ka, mentre quella alla base (CS24.1) si è rivelata di sistema aperto (alterata). Nel complesso la stalagmite è caratterizzata da una concentrazione in U molto bassa (35 – 70 ppb) che ne rende comunque difficile la datazione.



**Fig. 25.** Grotta di Costalta, campione CS25 nel tratto di galleria tra i punti 17-18 lato W. Pezzo di *flowstone* (intero spessore) staccatosi dalla parete W, forse per una recente scossa sismica. Il *flowstone* è appoggiato su un livello di argilla che ha ne condizionato il distacco dalla parete della grotta e, a differenza di altri presenti nella cavità, non presenta segni di dissoluzione o alterazione. Ciò porta a ipotizzare un'età recente (Olocene?).

## 2.4. Abisso Freezer

L'Abisso Freezer, che si apre sull'altipiano dei Lasteri nelle Dolomiti Brenta a quota 2102 m s.l.m. (Borsato e Terzan, 2012), è la grotta alla quota più elevata considerata in questo studio. Vista l'alta quota e la scarsità di suolo nella zona d'infiltrazione la cavità non presenta concrezioni attive. Il campione studiato (FZ1) proveniente dal Meandro del Ghiaccio è l'unica concrezione di spessore centimetrico rinvenuta nella grotta. La datazione U/Th effettuata ha rivelato un'età di  $401.88 \pm 66.9$  ka corrispondente all'interglaciale MIS 11.

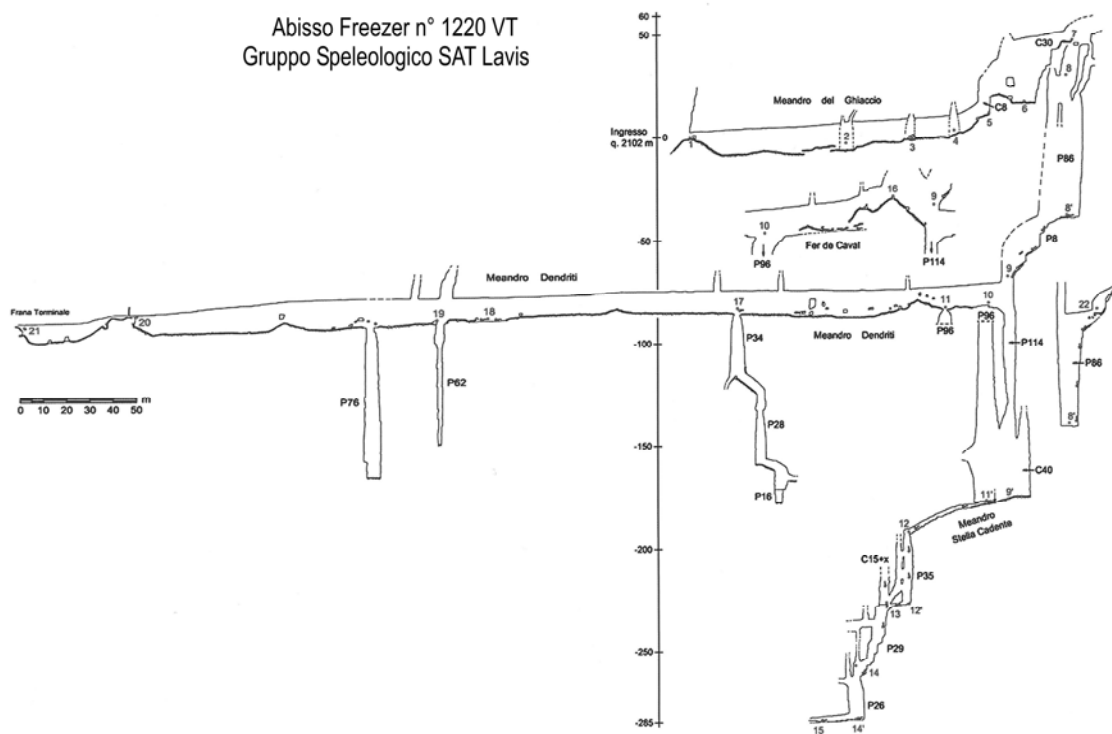


Fig. 26. Rilievo dell'Abisso dei Lasteri (Gruppo Speleologico SAT Lavis, 2012)



Fig. 27. Campione FZ1 dell'Abisso dei Lasteri. La datazione U/Th ha rivelato un'età di  $401.88 \pm 66.9$  ka

## 2.5. Grotta della Lovara

La Grotta della Lovara si apre lungo la cresta Nord del Monte Fausior a quota 1000 m s.l.m. E' caratterizzata da concrezioni recenti (Olocene) e una spessa colata di tufo calcareo che ricopre ampi tratti di pavimento (Borsato, 1995). Le stalagmiti più antiche sono rare in quanto la maggior parte sono state asportate da vandali. Un'unica stalagmite a candelina alta ca. 42 cm è stata campionata e datata nella sua parte sommitale nell'ambito del presente progetto.



**Fig. 28.** Stalagmite LO11 dalla Grotta della Lovara caratterizzata da diversi livelli detritici. Si sono effettuate due datazioni nella parte sommitale della stalagmite che hanno rivelato età di  $203.25 \pm 9.2$  ka (LO11.1) e  $181.43 \pm 14.1$  ka (LO11.2). Le due date sono nell'inverso ordine stratigrafico, sebbene i relativi margini di errore si sovrappongano, e suggeriscono una parziale apertura del sistema per gli isotopi della serie dell'Uranio.

### Parte 3. Analisi petrografica

Sulla base delle osservazioni delle sezioni spesse lucidate sono stati selezionati una serie di campioni da sottoporre ad analisi petrografica in sezione sottile. Per campioni di spessore limitato si è effettuata una singola sezione sottile della lunghezza di ca. 40 mm, mentre per campioni più spessi si sono eseguite alcune sezioni sottili in serie in modo da coprire l'intero spessore della concrezione.

Il taglio e la preparazione delle sezioni sottili sono state eseguite presso il laboratorio di microscopia dell'Università di Newcastle sotto la supervisione della Dr. Silvia Frisia.

I report delle analisi petrografiche sono riportati in allegato mentre le tabelle seguenti riassumono le principali caratteristiche tessiturali per ciascun campione. Per la descrizione delle metodologie e dei termini petrografici utilizzati si fa riferimento agli articoli in bibliografia (Frisia, 1996; Frisia and Borsato, 2010; Frisia et al., 2000; Frisia et al., 2002).

Campione	Grotta	Morfologia	Tessitura prevalente	Note
CS-13	Costalta	stalagmite	Colonnare chiusa con alcuni hiatus	Colore marrone scuro dovuto alla presenza di materia organica indecomposta
CS-14	Costalta	flowstone	Colonnare da aperta a chiusa, microcristallina, sottili livelli microstromatolitici	Numerosi livelli detritici e livelli di corrosione
CS-19	Costalta	flowstone	Colonnare da aperta a chiusa, con sottili livelli microstromatolitici	Tessitura a piuma dovuta all'elevato contenuto in Mg. Plaghe ricristallizzate e livelli di corrosione
CS-20	Costalta	flowstone	Colonnare con lateral overgrowth	Sottili livelli detritici e livelli di corrosione
CS-21	Costalta	stalagmite	Colonnare da aperta a chiusa	Alcuni hiatus e livelli di corrosione
CS-22	Costalta	stalagmite	Colonnare aperte e microcristallina	Sottili livelli di corrosione e frequenti lateral overgrowth
CS-24	Costalta	stalagmite	Colonnare da chiusa a aperta	sovrapposizione di due corpi stalagmitici con diversi assi di crescita.
CB16	C. Battisti	flowstone	Microcristallina stromatolitica con lamine micritiche e peloidi	Fortemente diagenizzato e litificato. Tessitura aperta con materia organica
CB18	C. Battisti	flowstone	Colonnare con lateral overgrowth	Fortemente diagenizzato. Presenza di sottili orizzonti micritici e orizzonti ricchi in materia organica
CB34	C. Battisti	flowstone	Colonnare da chiusa a aperta	Assenza di livelli detritici, orizzonti ricchi in materia organica
CB43	C. Battisti	flowstone	Colonnare aperta	Presenza di orizzonti a elevata porosità e orizzonti ricchi in materia organica

**Tab. 2.** Sintesi dei campioni investigati in microscopia ottica.



Campione	Grotta	Morfologia	Tessitura prevalente	Note
CB44	C. Battisti	flowstone	Colonnare da chiusa a aperta	Rari livelli detritici, presenza di orizzonti ricchi in materia organica
CB49	C. Battisti	stalagmite	Colonnare da chiusa a aperta	Orizzonti ricchi in materia organica
LAM-1	Lamar	flowstone	Colonnare aperta	Parzialmente alterato e dissolto
LO-11	Lovara	stalagmite	Colonnare da aperta a chiusa	Diversi livelli detritici
FZ1.1	Freezer	flowstone	Microcristallina	Concrezione plurifasica con diversi hiatus e livelli di alterazione
FRA1.1	Gh. Fradusta	flowstone	Colonnare chiusa	Vena di calcite spatica in cavità subcutanea sottostante il ghiacciaio
RiMa.1	Rio Malo	sparite	Sparite	Cristallo di calcite spatica
PF22.1	Gh. Pratofiorito	flowstone	Colonnare aperta	Vena di calcite spatica in cavità subcutanea sottostante il ghiacciaio

**Tab. 2.** (continua) Sintesi dei campioni investigati in microscopia ottica.

## Parte 4. Datazioni U/Th

Sulla base delle osservazioni petrografiche sulle sezioni spesse lucidate e sulle sezioni sottili sono stati selezionati una serie di campioni da sottoporre a analisi U/Th tramite spettrometria di massa con multicollettore (MC-ICP-MS). I campioni (100 mg) sono stati prelevati tramite microtrapano direttamente sulla sezione lucida previa pulizia ad ultrasuoni della superficie e asportazione del primo livello (ca. 10  $\mu\text{m}$ ) di calcite per evitare possibile contaminazione.

I campioni sono stati analizzati in due serie distinte nel laboratorio di Geochimica isotopica dell'Università di Melbourne sotto la supervisione del Dr. John Hellstrom e secondo la procedura consolidata del laboratorio (cfr. Hellstrom, 2003). La prima serie di datazioni U/Th ha riguardato campioni provenienti dalla maggior parte delle grotte considerate, mentre nella seconda serie ci si è concentrati su campioni della Grotta di Costalta e Grotta Cesare Battisti che si erano rivelate le grotte più interessanti in termini di concrezionamento antico.

I risultati delle analisi dei 24 campioni sono riportati nella tabella 3. Accanto ad alcuni campioni recenti (<10 ka) e moderatamente antichi (tra  $181.43 \pm 14.0$  e  $225.79 \pm 5.9$  ka) si evidenzia un gruppo di campioni antichi con età comprese tra  $390.09 \pm 125$  e  $599.59 \pm 191$  ka (CB16, CB18, CB43, FZ1, FRA1, RiMa1, PF22).

Vi sono quindi 5 campioni (CS13, CS14, CS19, CS24, CB43) con età compresa tra 500 ka (equilibrio per il rapporto di attività  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ ) e 1000 ka (equilibrio per il rapporto di attività  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ).

Infine, solamente 3 campioni (CB34, CB44 e CB49) hanno restituito un'età superiore a 600 ka e si sono rivelati idonei per la successiva datazione U/Pb in quanto caratterizzati da assenza di Th detritico (rapporto di attività  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} > 100$ ) e contenuto in U superiore a 1000 ppb.

Campione	Grotta	Morfologia	U (ppb)	$\pm 2\sigma$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ (AR)	$\pm 2\sigma$	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ (AR)	$\pm 2\sigma$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (AR)	$\pm 2\sigma$	Età (ka)	$\pm 2\sigma$
LAM-1.2	Lamar	flowstone	284.1	$\pm 1.2$	401	$\pm 3.7$	1.09672	$\pm 0.0089$	1.2029	$\pm 0.0032$	225.79	$\pm 5.9$
LO_11-1	Lovara	stalagmite	161.4	$\pm 0.8$	79	$\pm 1.1$	0.97874	$\pm 0.0116$	1.1282	$\pm 0.0103$	203.25	$\pm 9.2$
LO_11-2	Lovara	stalagmite	154.0	$\pm 1.2$	43	$\pm 1.0$	0.93438	$\pm 0.0201$	1.1258	$\pm 0.0216$	181.43	$\pm 14.0$
CS-21.1	Costalta	stalagmite	157.0	$\pm 0.8$	246	$\pm 8.0$	0.14460	$\pm 0.0042$	3.4080	$\pm 0.0354$	4.71	$\pm 0.1$
CS-21.3	Costalta	stalagmite	201.4	$\pm 1.5$	670	$\pm 23.3$	0.34754	$\pm 0.0058$	3.9651	$\pm 0.0521$	9.91	$\pm 0.2$
CS-22.1	Costalta	stalagmite	110.6	$\pm 0.6$	300	$\pm 4.0$	1.06114	$\pm 0.0132$	1.0736	$\pm 0.0116$	366.60	$\pm 55.5$
CS-13.1	Costalta	stalagmite	82.5	$\pm 6.2$	65.6	$\pm 4.0$	1.06750	$\pm 0.00419$	1.04573	$\pm 0.00229$	>500 e <1000	
CS-13.2	Costalta	stalagmite	803.1	$\pm 61.0$	95.2	$\pm 6.1$	1.10488	$\pm 0.00407$	1.07292	$\pm 0.00301$	>500 e <1000	
CS-14.1	Costalta	flowstone	91.2	$\pm 6.8$	168.7	$\pm 11.2$	1.01814	$\pm 0.00459$	1.00833	$\pm 0.00229$	>600 e <1000	
CS-19.2	Costalta	flowstone	25.9	$\pm 1.9$	172.2	$\pm 9.0$	1.24152	$\pm 0.00664$	1.16421	$\pm 0.00449$	>600 e <1000	
CS-24.1 <sup>(1)</sup>	Costalta	stalagmite	35.2	$\pm 2.6$	71.1	$\pm 5.0$	1.33059	$\pm 0.00868$	1.21300	$\pm 0.00379$	open system <sup>(1)</sup>	
CS-24.2	Costalta	stalagmite	70.7	$\pm 5.3$	503.9	$\pm 11.6$	1.49632	$\pm 0.00713$	1.33868	$\pm 0.00261$	>600 e <1000	
<b>CB34b</b>	<b>C. Battisti</b>	<b>flowstone</b>	<b>1855</b>	<b><math>\pm 49</math></b>	<b>1842</b>	<b><math>\pm 33.2</math></b>	<b>1.01961</b>	<b><math>\pm 0.0089</math></b>	<b>1.00051</b>	<b><math>\pm 0.00153</math></b>	<b>&gt;600</b>	
<b>CB34t</b>	<b>C. Battisti</b>	<b>flowstone</b>	<b>2513</b>	<b><math>\pm 85</math></b>	<b>6493</b>	<b><math>\pm 116</math></b>	<b>0.99808</b>	<b><math>\pm 0.0010</math></b>	<b>0.99492</b>	<b><math>\pm 0.00102</math></b>	<b>&gt;600</b>	
CB43t <sup>(2)</sup>	C. Battisti	flowstone	181	$\pm 1.5$	3.1	$\pm 0.1$	1.13407	$\pm 0.0024$	1.04896	$\pm 0.00147$	>500 e <1000	
CB43.1	C. Battisti	flowstone	60.7	$\pm 4.6$	103.2	$\pm 1.9$	1.01286	$\pm 0.00521$	1.01282	$\pm 0.00274$	589.19	$\pm 165$
CB16.2 <sup>(2)</sup>	C. Battisti	flowstone	94.0	$\pm 7.1$	3.0	$\pm 2.8$	1.17452	$\pm 0.00661$	1.13227	$\pm 0.00273$	390.09	$\pm 125$
CB18.1	C. Battisti	flowstone	123.7	$\pm 9.3$	22.7	$\pm 3.2$	1.01714	$\pm 0.00488$	1.01282	$\pm 0.00199$	529.42	$\pm 89.0$
<b>CB44.1</b>	<b>C. Battisti</b>	<b>flowstone</b>	<b>975.8</b>	<b><math>\pm 74</math></b>	<b>485.7</b>	<b><math>\pm 18.9</math></b>	<b>1.00469</b>	<b><math>\pm 0.00448</math></b>	<b>1.00377</b>	<b><math>\pm 0.00165</math></b>	<b>&gt;600</b>	
<b>CB49.1</b>	<b>C. Battisti</b>	<b>stalagmite</b>	<b>1344.0</b>	<b><math>\pm 102</math></b>	<b>1253.6</b>	<b><math>\pm 51.7</math></b>	<b>1.01538</b>	<b><math>\pm 0.00510</math></b>	<b>1.00211</b>	<b><math>\pm 0.00236</math></b>	<b>&gt;600</b>	
FZ1.1	Freezer	flowstone	108.8	$\pm 8.2$	562.9	$\pm 30.3$	0.99461	$\pm 0.01407$	1.01561	$\pm 0.00418$	401.88	$\pm 66.9$
FRA1.1	Fradusta	flowstone	2.9	$\pm 0.2$	38.5	$\pm 3.7$	1.67220	$\pm 0.13587$	1.47954	$\pm 0.16772$	411.05	$\pm 305$
RiMa.1	Rio Malo	sparite	26.9	$\pm 2.0$	165.8	$\pm 11.9$	1.08661	$\pm 0.02038$	1.05491	$\pm 0.01530$	599.59	$\pm 191$
PF22.1 <sup>(2)</sup>	Pratofiorito	flowstone	8.5	$\pm 0.6$	7.4	$\pm 1.7$	1.25154	$\pm 0.04563$	1.20336	$\pm 0.02634$	417.57	$\pm 216$

**Tab. 3.** Risultati delle datazioni MC-ICP-MS U/Th sui campioni di speleotemi. Note: (1): *open system* denota l'apertura geochemica del sistema e l'alterazione dei rapporti isotopici  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$  e  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ : non è pertanto possibile datare il campione. (2) campione seriamente contaminato da Th detritico (rapporto di attività  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} < 10$ ): è necessario introdurre una correzione in base al rapporto  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  che aumenta notevolmente il margine di errore in funzione del maggior contenuto relativo in  $^{232}\text{Th}$ . In grassetto i campioni idonei per datazione U/Pb caratterizzati da età >600ka, assenza di Th detritico e contenuto in U superiore a 1000 ppb.

## Parte 5. Datazioni U/Pb

Il metodo di datazione U/Pb necessita di stringenti condizioni per poter essere applicato con successo nella datazione di carbonati (calcite o aragonite) (Woodhead et al., 2006, 2012):

- Età U/Th superiore a 500 ka ( rapporto di attività  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U} = 1$ ).
- Assenza di Pb comune non radiogenico. Questa condizione è solitamente testata dal contenuto in Th detritico ( $^{232}\text{Th}$ ) che nella maggior parte dei casi si accompagna al Pb comune non radiogenico. Solitamente un alto rapporto di attività  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  ( $>100$ ) è garanzia di assenza di Pb radiogenico (Woodhead et al., 2012).
- Elevato contenuto in Uranio, possibilmente  $> 1000$  ppb.

Come osservato nel capitolo precedente, i 3 campioni che hanno restituito un'età superiore a 600 ka (CB34, CB44 e CB49) sono anche caratterizzati da rapporti di attività  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} > 100$  e un relativamente alto contenuto in U (tra  $975.8 \pm 74$  e  $2513 \pm 85$  ppb). Queste condizioni li rendono idonei per un'accurata datazione con il metodo U/Pb.

Quest'ultimo è però molto complesso in quanto combina tre diverse catene di decadimento radioattivo che coinvolgono gli isotopi  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$  e  $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb}$ . La metodologia più accurata consiste pertanto nel misurare una serie di sub-campioni all'interno dello stesso livello stratigrafico possibilmente caratterizzati da differenti rapporti di attività  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  e utilizzarne i risultati per costruire delle isocrone (Tera-Wasserburg concordia isochron plots; cfr. Woodhead & Pickering, 2012). Ciò significa che per ottenere una accurata datazione U/Pb è necessario analizzare almeno 5-6 campioni dallo stesso livello stratigrafico e ciò comporta dei costi molto elevati.

Per questo motivo all'interno del presente studio si è optato per concentrarsi su un unico campione per verificare la robustezza delle età in senso stratigrafico. Il campione ideale selezionato è il flowstone CB34 caratterizzato dal più alto contenuto in U e i più alti rapporti di attività  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ .

Si sono individuati tre livelli petrograficamente ideali del campione e per ciascun livello si sono eseguite da 5 a 7 analisi per complessive 18 analisi.

I risultati sono riportati nella tabella seguente, mentre le isocrone relative sono illustrate in fig. 29. Le età calcolate in milioni di anni (Ma) sono pertanto le seguenti:

CB34-a:  $5.417 \pm 0.099$  Ma (distanza dal top 55 mm)  
 CB34-b:  $5.315 \pm 0.048$  Ma (distanza dal top 45 mm)  
 CB34-a:  $5.376 \pm 0.248$  Ma (distanza dal top 10 mm)



L'età combinata utilizzando tutte le analisi dei tre livelli (CB34-a,b,c) è risultata di:  $5.278 \pm 0.045$  Ma (distanza dal top 37 mm). I risultati sono riportati graficamente in figura 30.

Sub Sample	Compositional Parameters					Sample (Radiogenic + Initial Pb) Isotope Ratios						
	Wt. mg	U ppm	Pb ppm	Pb* Pbc	<sup>238</sup> U/ <sup>206</sup> Pb	% err	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	% err	corr.coef 8/6-7/6	<sup>204</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	% err	
34ab-1	91.2	1.943	0.008	0.236	562.31	0.89	0.4739	0.8242	-0.9855	0.0290	0.9459	
34ab-2	300.4	2.346	0.006	0.406	726.01	0.31	0.3689	0.4262	-0.9253	0.0217	0.5077	
34ab-3	191.9	1.849	0.013	0.140	375.78	0.30	0.5904	0.1605	-0.9775	0.0367	0.1832	
34ab-4	205.8	1.988	0.013	0.146	390.84	0.29	0.5801	0.1552	-0.8965	0.0361	0.1710	
34ab-5	144.2	2.027	0.006	0.333	662.89	0.64	0.4080	0.7810	-0.9924	0.0244	0.9168	
34ab-6	134.9	1.933	0.012	0.150	403.55	0.44	0.5725	0.2563	-0.9743	0.0355	0.2988	
34ab-7	92.5	2.044	0.008	0.263	592.74	0.89	0.4539	0.8819	-0.9889	0.0275	1.0265	
34a-1	245.2	1.982	0.004	0.569	849.68	0.49	0.2992	0.9998	-0.9908	0.0171	1.2050	
34a-2	258.8	1.934	0.004	0.541	821.36	0.46	0.3095	0.8910	-0.9953	0.0178	1.0705	
34a-3	110.8	1.898	0.003	0.946	961.66	1.28	0.2200	4.0134	-0.9988	0.0115	5.2896	
34a-4	104.7	1.937	0.004	0.503	815.57	1.13	0.3193	2.0832	-0.9985	0.0185	2.4804	
34a-5	134.7	1.936	0.004	0.511	810.77	0.87	0.3188	1.6141	-0.9969	0.0184	1.9212	
34c-1	78.5	1.995	0.005	0.456	791.40	1.42	0.3310	2.4761	-0.9986	0.0194	2.9087	
34c-2(*)	95.7	1.727	0.006	0.391	571.35	0.97	0.3913	1.2827	-0.9988	0.0227	1.6145	
34c-3	56.4	2.090	0.004	0.560	844.18	2.01	0.2985	4.1057	-0.9992	0.0169	4.9798	
34c-4	57.7	1.947	0.004	0.479	803.92	2.01	0.3219	3.6623	-0.9994	0.0187	4.3252	
34c-5	48.1	2.050	0.005	0.493	823.05	2.34	0.3095	4.5337	-0.9995	0.0180	5.4077	
34c-6	88.2	2.266	0.006	0.416	760.54	1.07	0.3531	1.6796	-0.9985	0.0209	2.0947	

**Tab. 4.** Risultati delle datazioni MC-ICP-MS U/Pb dei campioni CB34 a,b,c. (\*) Il campione CB34c-3 non è stato utilizzato nella costruzione dell'isocrona relativa.

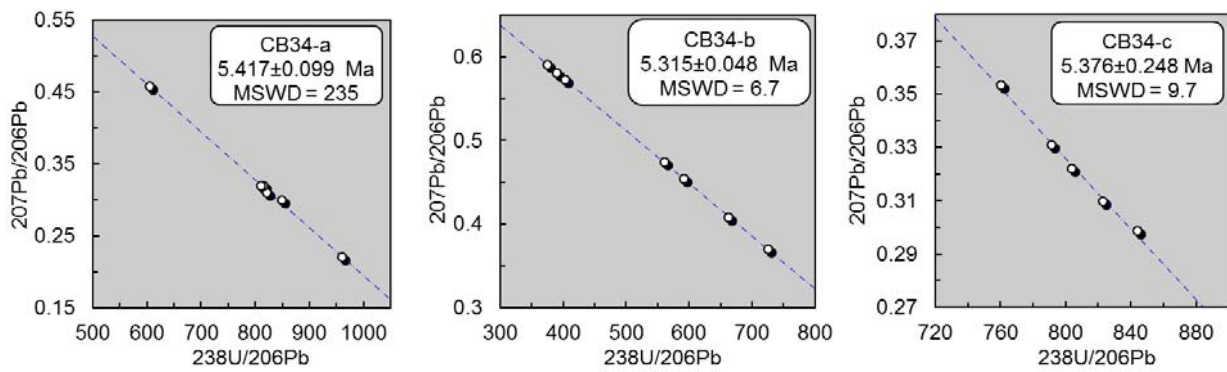


Fig. 29. Isochron plots per i campioni CB34 a, b, c con relative età calcolate.

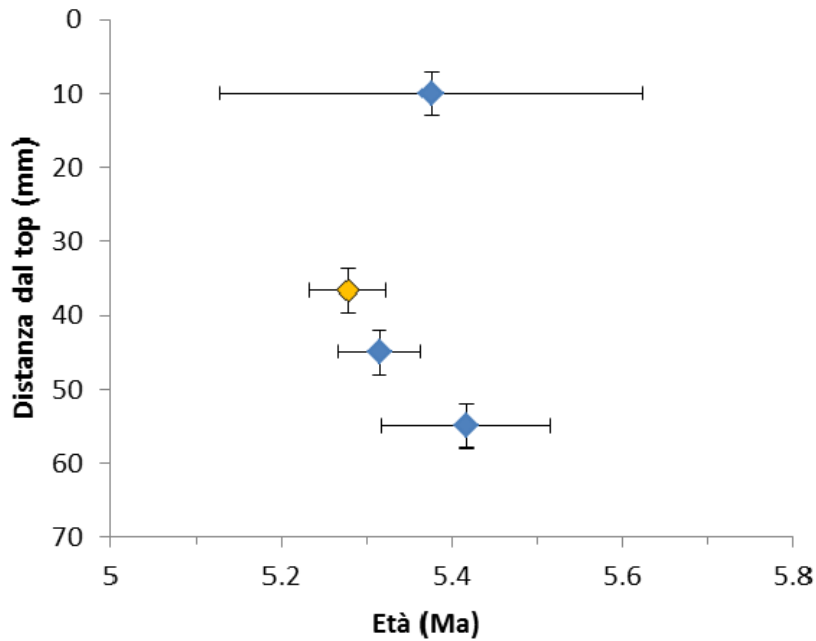


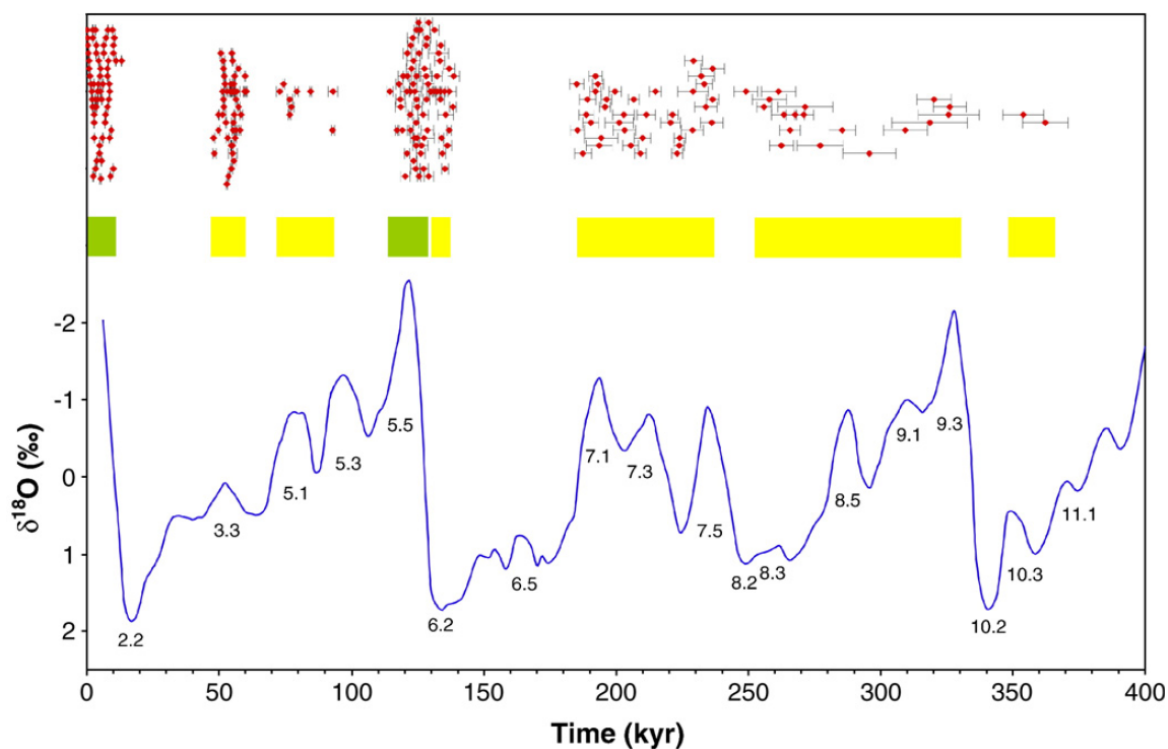
Fig. 30. Età calcolate (in Milioni di anni) e posizione stratigrafica per i campioni CB34 a, b, c con i relativi margini di errore. Il punto in giallo rappresenta l'età combinata per i tre campioni (CB34-abc).

## Parte 6. Discussione e conclusioni

Le concrezioni campionate e analizzate in prospettiva della loro possibile antichità hanno fornito importanti indicazioni relative alle fasi di concrezionamento nella nostra regione. In particolare si sono evidenziati alcuni periodi di concrezionamento sconosciuti fino ad ora e che rivestono particolare importanza ai fini della ricostruzione del clima durante periodi chiave della storia della Terra.

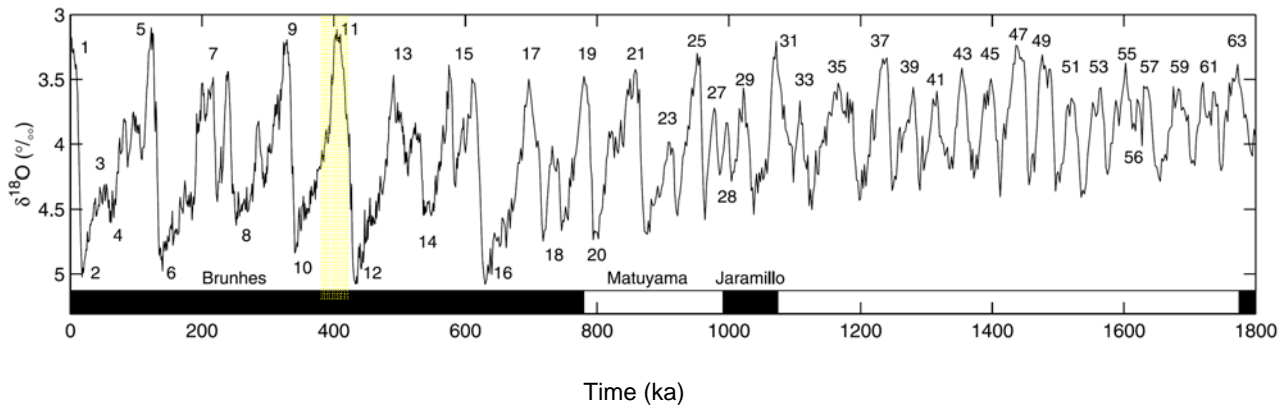
### 6.1. Il concrezionamento interglaciale in Trentino

Fino ad ora i più importanti periodi di concrezionamento in grotte del Trentino erano conosciuti durante l'Olocene (ultimi 12 ka, cfr. Scholz et al., 2012) e durante gli ultimi interglaciali corrispondenti agli stadi isotopici marini (MIS, Marine Isotope Stages) MIS 3, 5 e 7 (Bini et al., 1991; Borsato et al., 2005; Johnston et al., 2012) similmente a quanto succede in Tirolo a Nord dell'arco alpino (Spötl & Mangini, 2007; Fig. 31).



**Fig. 31.** Compilazione di 251 datazioni TAMS U/Th di concrezioni di grotte di alta quota in Tirolo con i relativi errori 2-sigma (in alto) confrontata con la curva del record composito del  $\delta^{18}\text{O}$  bentonico (linea blu in basso). I numeri si riferiscono agli stadi isotopici marini e la scala delle età è espressa in migliaia di anni (kyr). Il concrezionamento non è limitato ai picchi caldi dei periodi interglaciali (barre verdi), ma anche durante interstadiali moderatamente caldi (barre gialle, da Spötl & Mangini, 2007).

I risultati delle 24 datazioni U/Th hanno confermato la fase di concrezionamento durante lo stadio isotopico marino MIS 7 (Tab. 2) ma hanno anche evidenziato un gruppo di campioni antichi con età comprese tra  $390.09 \pm 125$  e  $417.57 \pm 216$  ka (CB18, FZ1, FRA1, PF22) corrispondenti allo stadio isotopico marino MIS 11 (Fig. 32).



**Fig. 32.** Il record composito del  $\delta^{18}\text{O}$  bentonico LR04 ricostruito tramite correlazione grafica di 57 record di  $\delta^{18}\text{O}$  bentonici distribuiti globalmente a livello planetario (da Lisieki & Reymo, 2005). I numeri in alto si riferiscono agli stadi isotopici marini (Marine Isotope Stages: MIS). Il box in giallo evidenzia il MIS 11 tra 374 e 423 ka noto anche come “superinterglaciale” (vedi testo).

Lo stadio isotopico marino 11 (MIS 11) e il futuro prossimo condividono simili caratteristiche in termini di *forcing* climatici in quanto i parametri orbitali e le variazioni dell’insolazione alle medie latitudini mostrano simili variazioni (Loutre, 2003; Tzedakis, 2010). Per questo motivo è stato suggerito che MIS 11 può considerarsi come un analogo per i cambiamenti climatici naturali (Howard, 1997; Loutre, 2000; Tzedakis, 2010), e ciò è confermato anche dal livello medio del mare durante il MIS 11 che si suppone di alcuni metri più elevato dell’attuale (van Hengstum et al., 2009; Bowen, 2010).

Sfortunatamente i campioni di concrezione analizzati nella presente ricerca sono contraddistinti da contenuti in Uranio estremamente ridotti, inferiori a 10 ppb per i campioni rinvenuti al di sotto dei ghiacciai di Pratofiorito e Fradusta. Ciò compromette l’accuratezza delle datazioni U/Th e comporta un ampio margine di errore che supera i  $\pm 200$  ka (Tab. 2). L’unico campione con un contenuto in U moderatamente elevato e un errore ridotto è il *flowstone* dell’Abisso Freezer (FZ1) che ha restituito un’età di  $402 \pm 67$  ka. E’ comunque di estremo interesse che il concrezionamento alle quote più elevate (FZ1, quota 2102 m slm; FRA1, quota 2660 m slm; PF22, quota 2626 m slm) sia limitato al MIS 11 considerato da molti l’interglaciale più caldo del Quaternario e citato spesso come “superinterglaciale” (Howard, 1997; Loutre, 2003).

Uno studio paleoclimatico sulla concrezione FZ1 sarebbe pertanto di grande interesse a livello internazionale in quanto esistono solo un paio di lavori pubblicati fino ad ora su record di speleotemi del MIS 11 entrambi caratterizzati da bassa risoluzione (Berstad et al., 2002; Lauritzen & Lundberg, 2004).



## 6.2. Il concrezionamento del Pleistocene Inferiore in Trentino

Cinque campioni (CS13, CS14, CS19, CS24, CB43) hanno restituito un'età compresa tra 500 ka (equilibrio per il rapporto di attività  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ ) e 1000 ka (equilibrio per il rapporto di attività  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ). Avvicinandosi al limite inferiore del *range* di datazione per il metodo U/Th l'errore in età aumenta esponenzialmente (Hellstrom, 2003; Woodhead et al., 2012) e ciò rende estremamente difficile ottenere datazioni accurate e/o con errori limitati. Per questo motivo si tende a utilizzare per questo *range* di età la datazione U/Pb (Woodhead et al., 2006, 2012). Questo metodo però richiede un contenuto in Uranio medio-alto (possibilmente superiore a 1000 ppb), condizione che non è verificata in nessuno dei campioni analizzati.

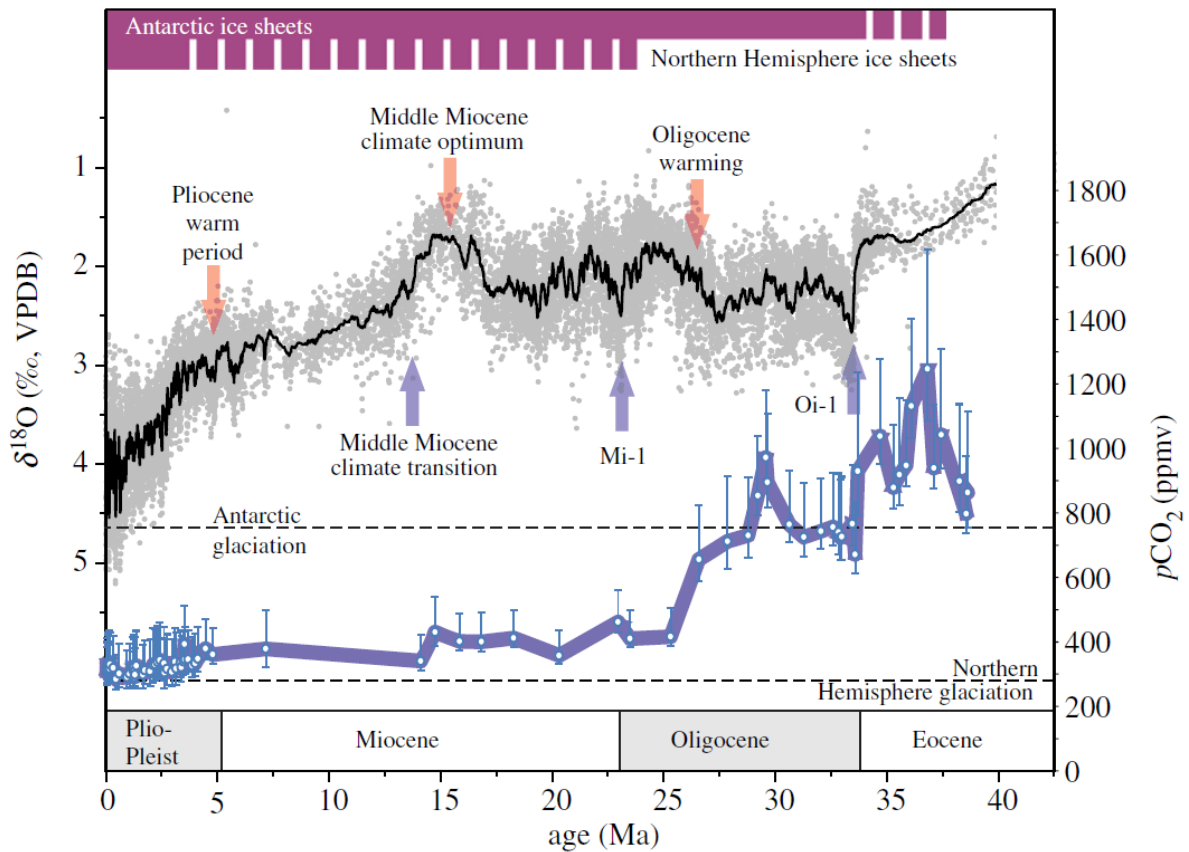
Per questo motivo è difficile datare con precisione i campioni della Grotta di Costalta (CS13, CS14, CS19 e CS24) e alcuni flowstone della Grotta Cesare Battisti (CB43, CB18) sebbene l'esecuzione di nuove datazioni U/Th su livelli contigui possa determinare una sensibile riduzione nel margine di errore.

## 6.3. Il concrezionamento nel Pliocene e il limite Miocene/Pliocene

Dei tre campioni della Grotta Cesare Battisti che hanno restituito un'età superiore a 600 ka (CB34, CB44 e CB49) si è scelto di concentrarsi per le successive datazioni U/Pb sul *flowstone* CB34 che è risultato il più promettente in funzione del suo spessore, dei rapporti isotopici e del contenuto in Uranio (Tab. 2).

Questa scelta si è rivelata vincente in quanto le datazioni effettuate su tre livelli differenti hanno dato età stratigraficamente consistenti e con margini di errore estremamente ridotti. L'età combinata includente le analisi dei tre livelli (CB34-a,b,c) è risultata di:  $5.278 \pm 0.045$  Ma che corrisponde al limite tra Miocene Superiore (Messiniano) e Pliocene Inferiore (Zancleano). Si tratta pertanto del più antico campione di concrezione di grotta fino ad oggi analizzato in tutta Europa, superando di gran lunga l'età dei campioni della grotta Wilder Mann nelle Alpi Calcaree Settentrionali datati tra  $2.16 \pm 0.02$  Ma e  $1.730 \pm 0.032/-0.068$  Ma (Meyer et al., 2009, 2011).

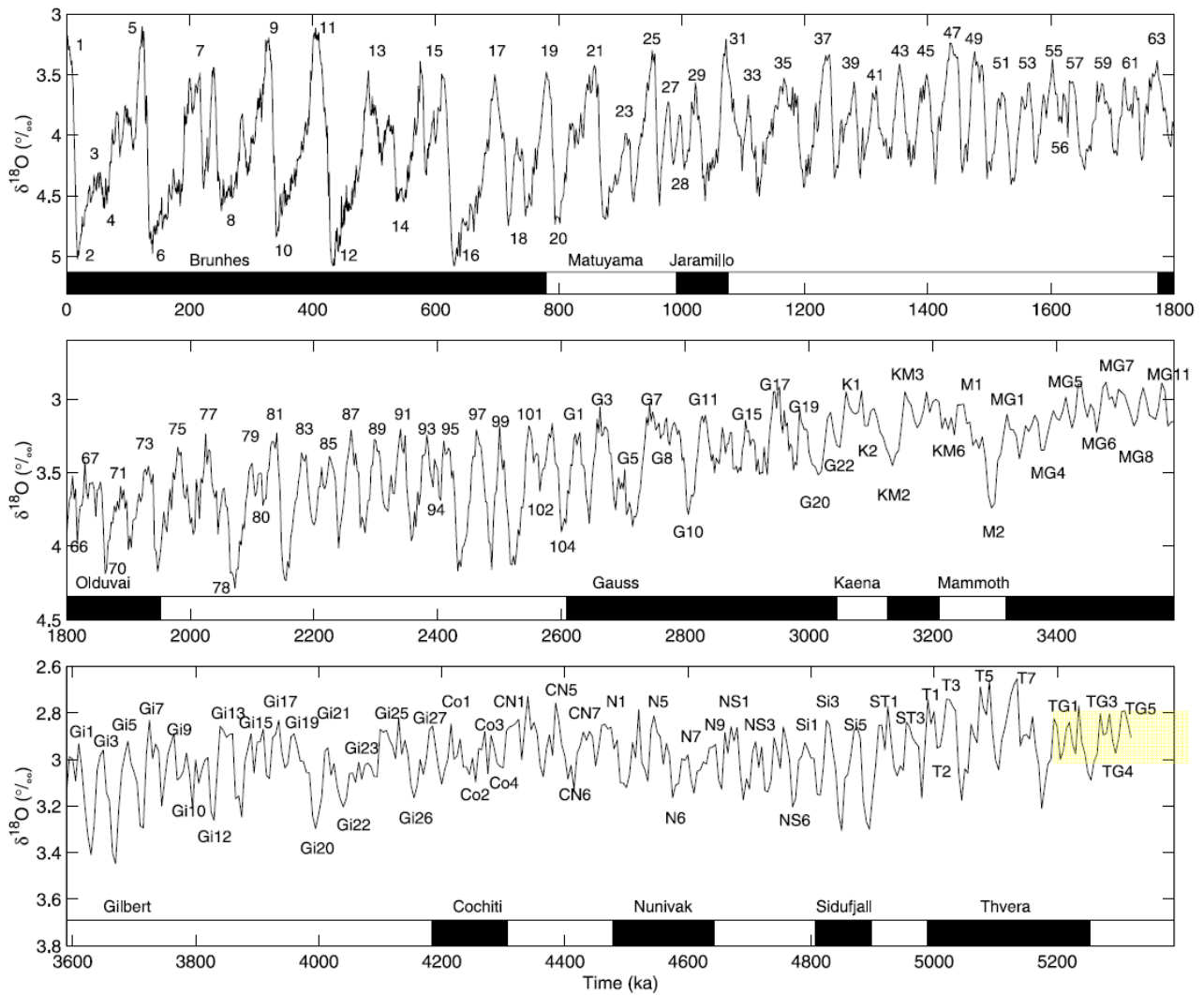
Come anticipato nell'introduzione, il Pliocene, e in particolare il suo primo stadio (Zancleano 3.6 – 5.3 Ma) è da molti considerato l'analogo più prossimo nell'ottica dell'attuale trend del riscaldamento globale sulla Terra (Brierley et al., 2009). Durante il Pliocene Inferiore in conseguenza dell'indebolimento delle celle di Hadley e l'instaurarsi di un'estesa fascia tropicale alle medie latitudini (Tropical Warm Pool) la temperatura nella fascia tropicale e temperata era di 3 a 4°C più calda del presente, e i livelli di CO<sub>2</sub> tra 365 e 415 ppm (Brierley et al., 2009; Pagani et al., 2009; Fedorov et al., 2010; Zhang et al., 2013; Fig. 33) valori del tutto confrontabili ai livelli verso cui stiamo tendendo (IPCC, 2013). L'assenza di calotte glaciali nell'emisfero settentrionale comportava inoltre fluttuazioni estremamente ridotte della temperatura superficiale degli oceani a scala millenaria (Lisiecki & Reymo, 2005; Fig. 34) favorendo un periodo prolungato di clima caldo e stabile conosciuto come Pliocene Warm Period (Fedorov et al., 2010).



**Fig. 33.** Oscillazioni climatiche ( $\delta^{18}\text{O}$  bentonico dato proxy per la temperatura superficiale degli oceani a scala globale, da Zachos et al. 2008) e  $\text{CO}_2$  atmosferica per gli ultimi 40 Ma (Deep Sea Drilling Project Site 925, Zhang et al., 2013) con evidenziati i maggiori periodi di riscaldamento (frecche rosse) e raffreddamento (frecche blu). Sono riportate le soglie di  $\text{CO}_2$  per le glaciazioni in Antartide (approx. 750 ppm) e nell'emisfero settentrionale (approx. 280 ppm) (Zhang et al., 2013). Si noti il periodo caldo all'inizio del Pliocene che corrisponde alla fase di crescita del *flowstone* CB34.

L'età del campione CB34 di  $5.278 \pm 0.045$  Ma si pone esattamente al limite Miocene/Pliocene (MP) attualmente datato a 5.33 Ma (Krijgsman et al., 1999; Roveri et al., 2008). Questo momento è di estremo interesse nella storia geologica della Terra e in quella del Mediterraneo in particolare in quanto segna la fine della crisi di salinità del Messiniano (Messinian salinity crisis) nel Mediterraneo.

La crisi di salinità del Messiniano è considerato l'episodio più drammatico nel regime oceanico degli ultimi 20 Milioni di anni (Hsü et al., 1973; Krijgsman et al., 1999). L'isolamento dall'Oceano Atlantico, stabilitosi tra 5.59 e 5.33 Ma, causò un forte calo del livello delle acque del Mediterraneo, seguito da una rapida fase erosiva ( $5.59 \div 5.50$  Ma) responsabile tra l'altro dell'incisione e approfondimento dei grandi laghi del versante meridionale delle Alpi (Hsü et al., 1973; Bini et al., 1978; Finkch, 1978) e, successivamente, dalla deposizione di sedimenti non marini in un grande "Lago Mare" ( $5.50 \div 5.33$  Ma; Hsü et al., 1973; Krijgsman et al., 1999). Si ritiene che la deposizione ciclica evaporitica sia quasi interamente legata a cambiamenti climatici legati alla variazione della precessione della Terra, e non ai cambiamenti del livello del mare glacio-eustatici (Krijgsman et al., 1999; Roveri et al., 2008).



**Fig. 34.** Il record completo LR04 del  $\delta^{18}\text{O}$  bentonico (dato proxy per la temperatura superficiale degli oceani a scala globale) ricostruito tramite correlazione grafica di 57 record di  $\delta^{18}\text{O}$  bentonici distribuiti a livello planetario (da Lisieki & Reymo, 2005). Si noti che le scale verticali nei tre pannelli sono diverse: l'ampia deviazione standard del  $\delta^{18}\text{O}$  durante gli ultimi 400 ka ( $\pm 1.0\text{‰}$ ), periodo caratterizzato dai più imponenti cicli glaciali-interglaciali, si contrappone alla ridotta deviazione standard del  $\delta^{18}\text{O}$  durante il Pliocene Inferiore ( $\pm 0.25\text{‰}$ ) contraddistinto dall'assenza di glaciazioni nell'emisfero settentrionale. Il box in giallo evidenzia il periodo di crescita del *flowstone* CB34 caratterizzato dalla più bassa deviazione standard del  $\delta^{18}\text{O}$  bentonico.

E' importante sottolineare che la cronologia del Messiniano non sia datata radiometricamente ma calibrata astronomicamente in base a modelli sedimentari ciclici che rispondono alle variazioni dei parametri orbitali della Terra (Krijgsman et al., 1999). Considerato che gli speleotemi rispondono in tempi rapidi alle variazioni climatiche (Neff et al., 2001; Wang et al., 2001), che la fine del Messiniano è caratterizzata dal ritorno a clima umido legato all'improvvisa riapertura della comunicazione con l'Oceano Atlantico (Roveri et al., 2008), e che la deposizione dei *flowstone* è legata ad un'abbondante disponibilità di acque meteoriche (Frisia e Borsato, 2010; Johnston et al., 2012) il *flowstone* CB34 della Grotta Cesare Battisti offre un'opportunità unica di datare radiometricamente la fine della crisi di salinità del Messiniano.

Le ricostruzioni climatiche riferite al Pliocene Inferiore si riferiscono solitamente a sequenze marine (Krijgsman et al., 1999; Roveri et al., 2008; Pagani et al., 2009; Zhang et al., 2013), mentre i record continentali sono scarsi e frammentari: a tutt'oggi gli unici record di speleotemi più antichi di 3.5 Ma sono conosciuti solamente per il plateau del Nullarbor in Australia (Woodhead, dati non pubblicati). Da queste considerazioni si può intuire l'estremo interesse per uno studio paleoclimatico multiproxy (datazioni U/Pb, isotopi stabili, elementi in traccia, petrografia, microstratigrafia, ecc.) del *flowstone* CB34 della Grotta Cesare Battisti.

#### **6.4. Speleogenesi della Grotta Cesare Battisti e evoluzione del territorio**

Un altro aspetto che emerge dalla datazione del *flowstone* CB34 è l'antichità stessa della Grotta Cesare Battisti che, ovviamente, precede la formazione delle concrezioni al suo interno. Già dagli anni 1990' era stata suggerita la possibile antichità del sistema carsico sommitale della Paganella (Bini et al., 1991) le cui direzioni strutturali incorporano elementi di tutte le fasi deformative alpine ed in particolare del sistema deformativo delle Giudicarie datato al Miocene Superiore (Tortoniano e Messiniano) (Castellarin et al., 1987; Doglioni e Bosellini, 1988; Laubscher, 1988). A tutt'oggi mancavano comunque elementi probanti di questa teoria, che viene invece corroborata dalla datazione del *flowstone* CB34 a 5.3 Ma.

Il sistema carsico della Paganella si è pertanto evoluto già durante le prime fasi del sollevamento del massiccio (Miocene medio e parte del superiore) non appena il territorio è emerso dal mare, e in un contesto climatico caldo umido che favoriva un'intensa pedogenesi (Bini et al. 1991, Audra et al., 2007). La maggior parte del sistema carsico ha quindi smesso di evolvere nel Pliocene prima dell'inizio delle fasi fredde del Quaternario, sebbene durante gli ultimi 5 milioni di anni il sollevamento e l'erosione della porzione sommitale del massiccio siano continuate (Doglioni e Bosellini, 1988; Sauro e Meneghel, 1980). La Grotta Cesare Battisti rappresenta pertanto uno degli esempi migliori di carsismo neogenico di tutto il settore meridionale delle Alpi.

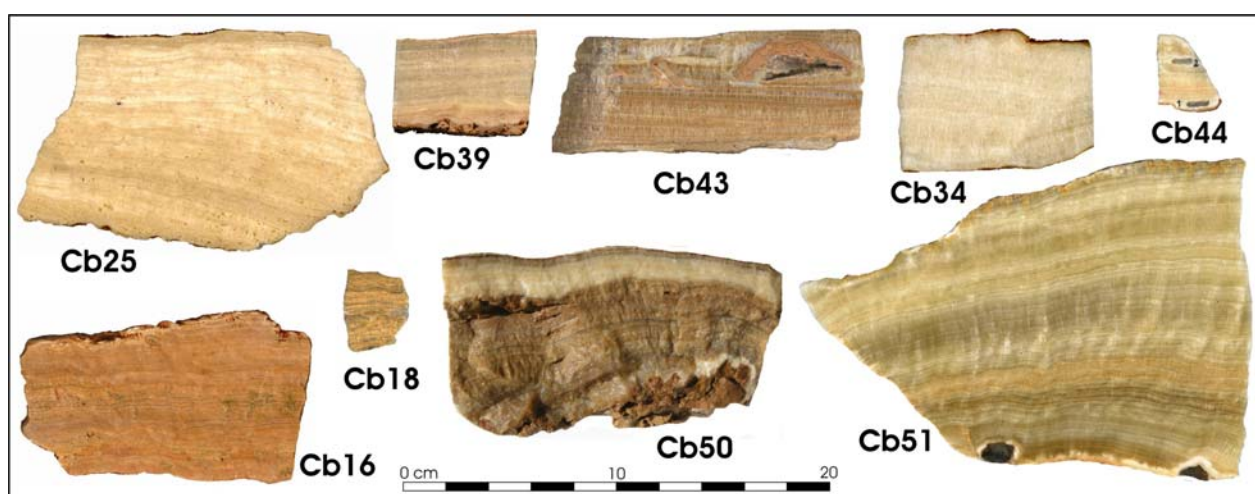
Infine, nel lavoro citato sulle Alpi Calcaree Settentrionali (Meyer et al., 2009, 2011) lo studio paleoclimatico di speleotemi antichi in cavità di alta quota, attualmente prive di concrezionamento (cfr. Borsato et al., 2007), è stato impegnato con successo per calcolare i tassi di sollevamento ed erosione durante il Quaternario (ultimi 2.6 Ma). Un simile lavoro sul versante meridionale delle Alpi ed esteso agli ultimi 5.3 Ma darebbe un contributo inestimabile alla conoscenza dell'evoluzione del clima e del paesaggio alpino.

### 6.3. Prospettive future

A seguito della fase analitica conclusasi nell'agosto 2013 è subito risultato evidente l'estremo interesse delle concrezioni della Grotta Cesare Battisti, ed in particolare dei *flowstone* CB34 e CB44 caratterizzati da tessitura colonnare e assenza di livelli detritici.

Per questo motivo nel settembre 2013 si è effettuato un ultimo campionamento in grotta focalizzato al reperimento di nuovi speleotemi che avessero caratteristiche macroscopiche simili ai *flowstone* CB34 e CB44. Un fortunato scavo effettuato nell'area limitrofa ai campioni CB34 e CB44 ha permesso di esumare due grossi frammenti di *flowstone*: CB50 e CB51 (Fig. 35). Mentre il primo è caratterizzato da numerosi livelli detritici soprattutto nella sua porzione inferiore, il campione CB51 si presenta di eccezionale interesse sia dal punto di vista tessiturale (assenza di livelli detritici e bassa porosità) sia per il notevole spessore che permetterebbe un'analisi ad alta risoluzione su un intervallo temporale esteso. Una preliminare analisi stratigrafica del campione suggerisce una sua possibile correlazione con il campione CB34 del quale potrebbe rappresentare una sequenza più estesa.

Il fortunato ritrovamento di questi due nuovi campioni apre pertanto possibilità di ricerca inattese e la Grotta Cesare Battisti si candida a diventare uno dei siti più importanti a livello globale per lo studio del clima passato da concrezioni di grotta.



**Fig. 35.** Sezioni di *flowstone* della Grotta Cesare Battisti. CB16: età  $390 \pm 125$  ka; CB18: età  $529 \pm 89$  ka; CB25: età  $126 \div 138$  ka (Johnston et al., 2012); CB39: età  $119 \div 138$  ka (Johnston et al., 2012); CB34: età  $4278 \pm 45$  ka; CB43: età  $>500 / <1000$  ka; CB44: età  $>600$  ka; CB50 e CB51 non datati.

## 6.4. Conclusioni

Le campagne di campionamento di concrezioni nelle grotte del Trentino e il loro successivo studio petrografico e datazione radiometrica hanno evidenziato numerosi nuovi aspetti di estremo interesse ai fini di possibili ricostruzioni paleoclimatiche e dell'evoluzione del territorio alpino negli ultimi 5 milioni di anni.

- I risultati delle 24 datazioni U/Th hanno evidenziato un gruppo di 4 campioni con età comprese tra  $390 \pm 125$  e  $418 \pm 216$  ka provenienti da cavità a quota elevata (Abisso Freezer, quota 2102 m slm; Grotta Ghiacciaio Fradusta, quota 2660 m slm; Grotta Ghiacciaio XII Apostoli, quota 2626 m slm). Questo intervallo di età corrisponde allo stadio isotopico marino MIS-11, l'interglaciale più caldo del Quaternario o "superinterglaciale" (Howard, 1997; Loutre, 2003) che viene considerato da vari Autori come un analogo del futuro prossimo per quanto riguarda i cambiamenti climatici naturali (Howard, 1997; Loutre, 2003; Tzedakis, 2010). Tra i 4 campioni datati il flowstone FZ1 dell'Abisso Freezer (età  $402 \pm 67$  ka) si propone come un ottimo candidato per uno studio paleoclimatico ad alta risoluzione dell'interglaciale MIS-11 e andrebbe a implementare i rari record pubblicati di speleotemi (Berstad et al., 2002; Lauritzen & Lundberg, 2004) caratterizzati peraltro da bassa risoluzione.
- Diversi campioni della Grotta di Costalta (CS13, CS14, CS19, CS24) hanno restituito un'età U/Th compresa tra 500 ka (equilibrio per il rapporto di attività  $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ ) e 1000 ka (equilibrio per il rapporto di attività  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ). Sebbene le caratteristiche petrografiche e tessiturali dei campioni siano promettenti ai fini di possibili ricostruzioni paleoclimatiche, il loro basso contenuto in Uranio ne rende difficile l'accurata datazione con i metodi U/Th e U/Pb. Ciò nonostante, l'esecuzione di nuove datazioni U/Th su livelli contigui può determinare una sensibile riduzione dell'errore in età e permetterebbe lo studio paleoclimatico in un intervallo ancora poco conosciuto per quanto riguarda i record continentali e quelli da speleotemi in particolare.
- I risultati più sorprendenti ed importanti sono emersi dalla datazione di campioni della Grotta Cesare Battisti tre dei quali hanno restituito un'età U/Th superiore a 600 ka (CB34, CB44 e CB49). Le successive datazioni U/Pb effettuate sul *flowstone* CB34 (il più promettente in funzione dei rapporti isotopici e del contenuto in Uranio) hanno restituito età comprese tra  $5.417 \pm 0.099$  e  $5.278 \pm 0.045$  milioni di anni, tra la fine del Miocene e l'inizio del Pliocene. Si tratta del più antico campione di concrezione di grotta fino ad oggi analizzato in tutta Europa, superando di gran lunga l'età dei campioni della grotta Wilder Mann nelle Alpi Calcaree Settentrionali datati tra  $2.16 \pm 0.02$  Ma e  $1.730 \pm 0.032 / -0.068$  Ma (Meyer et al., 2009, 2011).
- L'età del campione CB34 di  $5.278 \pm 0.045$  Ma si pone esattamente al limite Miocene/Pliocene. Questo momento è di estremo interesse nella storia geologica globale e in quella del Mediterraneo in particolare in quanto segna la fine della crisi di salinità del Messiniano nel Mediterraneo. E' questo l'episodio più drammatico nel regime oceanico degli ultimi 20 Milioni di anni (Hsü et al., 1978; Krijgsman et al., 1999) che ha comportato l'isolamento dall'Oceano Atlantico causando un forte calo del livello delle acque del Mediterraneo, seguito da una rapida fase erosiva e dalla deposizione di una spessa sequenza evaporitica (Hsü et al., 1973; Krijgsman et al., 1999). Il flowstone CB34 della Grotta Cesare Battisti offre pertanto l'opportunità unica di datare radiometricamente la fine di questo evento straordinario.

- Le ricostruzioni climatiche riferite al Pliocene Inferiore si riferiscono solitamente a sequenze marine (Krijgsman et al., 1999; Roveri et al., 2008; Pagani et al., 2009; Zhang et al., 2013), mentre i record continentali e quelli da speleotemi in particolare sono scarsi e frammentari (Vaks et al., 2013; Woodhead & Pickering, 2012). Gli speleotemi della Grotta Cesare Battisti offrono pertanto questa possibilità e possono diventare un punto di riferimento per lo studio del paleoclima nell'area del Mediterraneo.
- La datazione del *flowstone* CB34 stabilisce inoltre l'antichità stessa del sistema carsico della Paganella evolutosi durante le prime fasi del sollevamento del massiccio (Miocene medio e parte del superiore e che ha smesso di evolvere nel Pliocene prima dell'inizio delle fasi fredde del Quaternario, sebbene durante gli ultimi 5 milioni di anni il sollevamento e l'erosione della porzione sommitale del massiccio siano continuate. La Grotta Cesare Battisti rappresenta pertanto uno degli esempi migliori di carsismo neogenico di tutto il settore meridionale delle Alpi.
- Speleotemi provenienti da cavità di alta quota, attualmente prive di concrezionamento, possono essere utilizzati per calcolare i tassi di sollevamento ed erosione dei massicci carsici, come dimostrato per le Alpi Calcaree Settentrionali (Meyer et al., 2009, 2011). Un simile approccio per il versante meridionale delle Alpi ed esteso agli ultimi 5.3 Ma darebbe un contributo inestimabile alla conoscenza dell'evoluzione del clima e del paesaggio alpino.
- Dall'insieme delle considerazioni sopra esposte si può intuire l'estremo interesse per uno studio paleoclimatico *multiproxy* (datazioni U/Pb, isotopi stabili, elementi in traccia, petrografia, microstratigrafia, ecc.) dei numerosi *flowstone* della Grotta Cesare Battisti che si candida pertanto a diventare uno dei siti più importanti a livello globale per lo studio del clima passato da concrezioni di grotta.

## Bibliografia

- Audra, P., Bini, A., Gabrovšek, F., Häuselmann, P., Hobléa, F., Jeannin, P.Y., Kunaver, J., Monbaron, M., Šušteršič, F., Tognini, P., Trimmel, H., Wildberger, A., (2007). Cave and Karst evolution in the Alps and their relation to paleoclimate and paleotopography. *Acta Carsologica*, 36, (1): 53-68.
- Bassinot, F.C., L.D. Labeyrie, E. Vincent, X. Quidelleur, N.J. Shackleton, Y. Lancelot, (1994). The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal, *Earth Planet. Sci. Lett.* 126: 91-108.
- Berstad, I.M., Lundberg, J., Lauritzen, S.-E., Linge, H.C., 2002. Comparison of the Climate during Marine Isotope Stage 9 and 11 Inferred from a Speleothem Isotope Record from Northern Norway. *Quaternary Research* 58, 361-371.
- Bini, A., Borsato, A., & Ischia, N., (1991). Morfologia ed evoluzione della Grotta Cesare Battisti (La Paganella, Trento). *Atti IX Convegno Reg. Spel. Trent. A. Adige, Lavis, 1989. Natura Alpina*, 42, (2-3), 41-77.
- Bini, A., Cita, M.B., Gaetani, M., (1978). Southern Alpine lakes - Hypothesis of an erosional origin related to the Messinian entrenchment. *Marine Geology*, 27: 271-288.
- Borsato, A., (1995). Ambiente di precipitazione e analisi microstratigrafiche di speleotemi in grotte delle Dolomiti di Brenta e Valsugana (Trento): interpretazioni genetiche e implicazioni paleoclimatiche. Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli Studi di Milano, 175 pp.
- Borsato, A., Frisia, S., Jones, B. & van Der Borg, K., (2000). Calcite moonmilk: crystal morphology and environment of formation in caves in the Italian Alps. *Journal of Sedimentary Research* v.70 (5): 1173-1182.
- Borsato, A., Miorandi, R., Frisia, S. & Corradini, F., (2007). Idrochimica delle acque ipogee in Trentino: specie, variabilità stagionale, gradiente altitudinale e implicazioni per gli studi climatico-ambientali da speleotemi. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica*, 82: 123-150.
- Borsato, A., Quinif, Y., Bini, A. & Dublyansky, Y., (2005). Open-system alpine speleothems: implications for U-series dating and paleoclimate reconstructions. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica* 80: 71-83.
- Borsato, A., Terzan, P., (2012). L'abisso Freezer ai Lasteri (Gruppo di Brenta Orientale). *Atti XV Conv. Reg. di Spel. Trent.-A. Adige. Quaderni della Biblioteca della Montagna*, 11-2012: 39-57.
- Bowen, D. Q., (2010). Sea level ~400 000 years ago (MIS 11): analogue for present and future sea-level? *Climate of the Past*, 6: 19-29.
- Brierley, C. M., Fedorov, A. V., Liu, Z., Herbert, T. D., Lawrence, K. T., & LaRiviere, J. P. (2009). Greatly expanded tropical warm pool and weakened Hadley circulation in the early Pliocene. *Science*, 323(5922), 1714-1718.
- Castellarin, A., Fesce, A.M., Picotti, V., Pini, G.A., Prosser, G., Sartori, R., Selli, L., Cantelli, L. e Ricci, R., (1987). Structural and kinematic analysis of the Giudicarie deformation belt. Implications for compressional tectonics of Southern Alps. *Miner. Petrog. Acta*, 30 (1986 - 1987): 287 - 310.
- Doglion, C. e Bosellini, A., (1988). Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps. *Gheologische Rund.* 76(3): 735 - 754.
- Fedorov, A.V., Brierley, C.M., Emanuel, K., (2010). Tropical cyclones and permanent El Niño in the early Pliocene epoch. *Nature* 463, 1066-1070.



- Finkch, P.G., (1978). Are southern Alpine lakes former Messinian canyons? Geophysical evidence for preglacial erosion in the southern Alpine lakes, *Marine Geology*, 27, 3-4: 289-302.
- Frisia, S. & Borsato A., (1994). Composizione, precipitazione e dissoluzione di carbonati subglaciali nelle Dolomiti di Brenta. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica* 69 (1992): 37-50.
- Frisia, S., Borsato, A., (2010). Karst, *Developments in Sedimentology*, pp. 269-318.
- Frisia, S., Borsato, A., Fairchild, I.J., McDermott, F., (2000). Calcite fabrics, growth mechanisms, and environments of formation in speleothems from the Italian Alps and Southwestern Ireland. *Journal of Sedimentary Research* 70, 1183-1196.
- Frisia, S., Borsato, A., Fairchild, I.J., McDermott, F., Selmo, E.M., (2002). Aragonite-Calcite Relationships in Speleothems (Grotte De Clamouse, France): Environment, Fabrics, and Carbonate Geochemistry. *Journal of Sedimentary Research* 72, 687-699.
- Frisia, S., Borsato, A., Richards, D.A., Miorandi, R., & Davanzo, S., (2007). Variazioni climatiche ed eventi sismici negli ultimi 4500 anni nel Trentino Meridionale da una stalagmite della Cogola Grande di Giazzera implicazioni per gli studi climatico-ambientali da speleotemi. *Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica* 82: 205-223.
- Gruppo Speleologico SAT Arco (2008). La Grotta di Collalto in Val d'Ambiez. Gruppo Speleologico SAT Arco – Società Alpinisti Tridentini, 12 pp.
- Haywood, A. M., Valdes, P. J., and Peck, V. L., (2007). A permanent El Niño-like state during the Pliocene? *Paleoceanography*, 22, PA1213, doi:10.1029/2006PA001323.
- Hellstrom, J., (2003). Rapid and accurate U/Th dating using parallel ion-counting multicollector ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 18, 1346-1351.
- Howard, W.R., (1997). Palaeoclimatology: A warm future in the past. *Nature*, 388: 418-419.
- Hsü, K.J., Ryan, W.B.F., Cita, M.B., (1973). Late Miocene desiccation of the Mediterranean. *Nature*, 242: 240-244.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, (2013). Fifth Assessment Report (AR5)- Working Group I contribution to the IPCC fifth assessment report climate change 2013: the physical science basis. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/#.UmMK1fm-2So>.
- Johnston, V., Borsato, A., Spötl, C., Frisia, S., & Miorandi, R., (2013). Monitoring stable isotopes in caves over altitudinal gradients: fractionation behaviour and inferences for speleothem sensitivity to climate change. *Clim. Past*, 9, 99-118.
- Johnston, V.E., Borsato, A. Frisia, S., Spötl, C., Edwards, R.L., Cheng, H., Hellstrom, J.C. & Eggings, S.M., (2012). Was the Eemian warmer than the Holocene? Indication from high- and low-altitude speleothems in the Italian Alps. American Geophysical Union Fall Meeting 2012, San Francisco, CA, USA. Abstract #PP33A-2076.
- Krijgsman, W., Hilgen, F.J., Raffi, I., Sierro, F.J., Wilson, D.S., (1999). Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature* 400: 652-655.
- Laubscher, H., (1988). Material balance in Alpine orogeny. *Geological Society America Bull.*, 100: 1313 - 1328
- Lauritzen, S-E., Lundberg, J., (2004). Isotope Stage 11, the “super-Interglacial”, from a North Norwegian Speleothem. *Studies of Cave Sediments*, 2004, pp 257-272.
- Lisiecki, L.E., and Raymo, M.E., (2005). A Plio-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}O$  records: *Paleoceanography*, v. 20, PA1003, doi: 10.1029/2004PA001071.
- Lisiecki, L.E., and Raymo, M.E., (2007). Plio-Pleistocene climate evolution: trends and transitions in glacial cycle dynamics. *Quaternary Science Reviews* 26: 56-69.

- Loutre, M. F., 2003. Clues from MIS 11 to predict the future climate a modelling point of view. *Earth and Planetary Science Letters* 212: 213-224
- Meyer, M.C., Cliff, R.A., Spötl, C. (2011). Speleothems and mountain uplift. *Geology*, 39, 5: 447-450.
- Meyer, M.C., Cliff, R.A., Spötl, C., Knipping, M., Mangini, A., (2009). Speleothems from the earliest Quaternary: Snapshots of paleoclimate and landscape evolution at the northern rim of the Alps, *Quaternary Science Reviews*, Volume 28, Issues 15–16, July 2009, Pages 1374-1391.
- Neff, U., Burns, S.J., Mangini, A., Mudelsee, M., Fleitmann, D., Matter, A., (2001). Strong coherence between solar variability and the monsoon in Oman between 9 and 6 kyr ago. *Nature* 411: 290-293.
- Pagani, M., Huber, M., Liu, Z., Bohaty, S.M., Henderiks, J., Sijp, W., Krishnan, S., DeConto, R.M. (2011). The role of carbon dioxide during the onset of Antarctic glaciation, *Science*, 334: 1261-1264.
- Pagani, M., Liu, Z., La Riviera, J., Ravelo, A.C. (2009). High climate sensitivity to atmospheric carbon dioxide for the past 5 million years, *Nature Geoscience*, 3: 27-30.
- Roveri, M., Lugli, S., Manzi, V., Schreiber, B.C., (2008). The Messinian Sicilian stratigraphy revisited: new insights for the Messinian salinity crisis. *Terra Nova*, 20: 483–488.
- Sauro, U. & Meneghel, M., (1980). Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 21 (Trento)(P.P.), 35 (Riva)(P.P.), 36 (Schio)(P.P.), 49 (Verona)(P.P.). *Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Parte I. C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica pubbl. 356: 331 – 357.*
- Scholz, D., Frisia, S., Borsato, A., Spötl, C., Fohlmeister, J., Mudelsee, M., Mühlinghaus, C., Miorandi, R., Mangini, A., (2012). Holocene climate variability in north-eastern Italy: potential influence of the NAO and solar activity recorded by speleothem data. *Clim. Past*, 8, 1367–1383, 2012.
- Spötl, C., Mangini, A., 2007. Speleothems and paleoglaciers. *Earth and Planetary Science Letters* 254, 323-331.
- Tzedakis, P.C., (2010). The MIS 11 – MIS 1 analogy, southern European vegetation, atmospheric methane and the “early anthropogenic hypothesis” *Clim. Past*, 6: 131–144.
- Vaks, A., Woodhead, J., Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Cliff, R.A., Zilberman, T., Matthews, A., Frumkin, A., (2013). Pliocene-Pleistocene climate of the northern margin of Saharan-Arabian Desert recorded in speleothems from the Negev Desert, Israel. *Earth Planetary Science Letters* 368, 88-100.
- van Hengstum, P.J., Scott, D.B., Javaux, E.J., (2009). Foraminifera in elevated Bermudian caves provide further evidence for +21 m eustatic sea level during Marine Isotope Stage 11. *Quaternary Science Reviews* 28, 1850-1860.
- Wang, Y.J., Cheng, H., Edwards, R.L., An, Z.S., Wu, J.Y., Shen, C.C., Dorale, J.A., (2001). A high-resolution absolute-dated late pleistocene monsoon record from Hulu Cave, China. *Science* 294: 2345-2348.
- Woodhead, J., Hellstrom, J., Maas, R., Drysdale, R., Zanchetta, G., Devine, P., Taylor, E., (2006). U-Pb geochronology of speleothems by MC-ICPMS. *Quaternary Geochronology* 1, 208-221.
- Woodhead, J., Hellstrom, J., Pickering, R., Drysdale, R., Paul, B., Bajo, P., (2012). U and Pb variability in older speleothems and strategies for their chronology. *Quaternary Geochronology* 14, 105-113.
- Woodhead, J., Pickering, R., (2012). Beyond 500 ka: Progress and prospects in the U/Pb chronology of speleothems, and their application to studies in palaeoclimate, human evolution, biodiversity and tectonics. *Chemical Geology* 322-323, 290-299.
- Zachos, J.C., Dickens, G.R., Zeebe, R.E., (2008). An Early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature* 451: 279–283. doi:10.1038/nature06588.
- Zhang, YG, Pagani, M, Liu Z, Bohaty, SM, DeConto, R. (2013). A 40-million-year history of atmospheric CO<sub>2</sub>. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 371, 20130096. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2013.0096>

# ALLEGATI



**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science	Operator: Andrea Borsato
Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave	Date: October 2013

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag 9 Base: 13.34 mm</p>	
Image_CB16_001.jpg	Real Size: 13.39 x 10.04 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi Nicol +</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag 9 Base: 13.34 mm</p>	
Image_CB16_003.jpg	Real Size: 13.39 x 10.04 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag 12.5 Base: 9.6 mm</p>	
Image_CB16_004.jpg	Real Size: 9.63 x 7.22 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



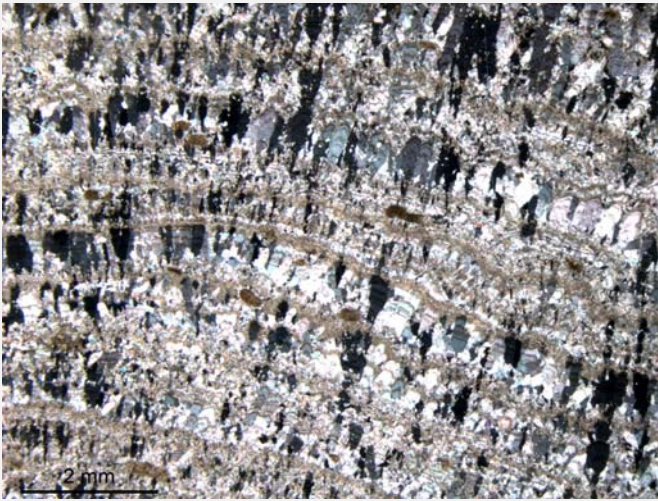
THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 12.5 Base: 9.6 mm

Image\_CB16\_006.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 12.5 Base: 9.6 mm

Image\_CB16\_007.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi Nicol +

**Notes:**


Ob. 1.0 Mag 12.5 Base: 9.6 mm

Image\_CB16\_009.jpg


Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ


Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science	Operator: Andrea Borsato
Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave	Date: October 2013

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag 12.5 Base: 9.6 mm</p>
---	--

Image_CB16_010.jpg	Real Size: 4.81 x 3.61 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
--------------------	---------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi Nicol +</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag 12.5 Base: 9.6 mm</p>
--	--

Image_CB16_012.jpg	Real Size: 4.81 x 3.61 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
--------------------	---------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Sezione trasversale flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi. Si notano le lamine organic-rich tagliate trasversalmente e l'alta porosità intracristallina riempita da micrite Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 12.5 Base: 9.6 mm</p> <p>Tessitura parzialmente aperta con OM</p>
---	---

Image_CB17tx_001.jpg	Real Size: 9.63 x 7.22 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
----------------------	---------------------------	--

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Sezione trasversale flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi. Si notano le lamine organic-rich tagliate trasversalmente e l'alta porosità intracristallina riempita da micrite Nicol +

**Notes:**

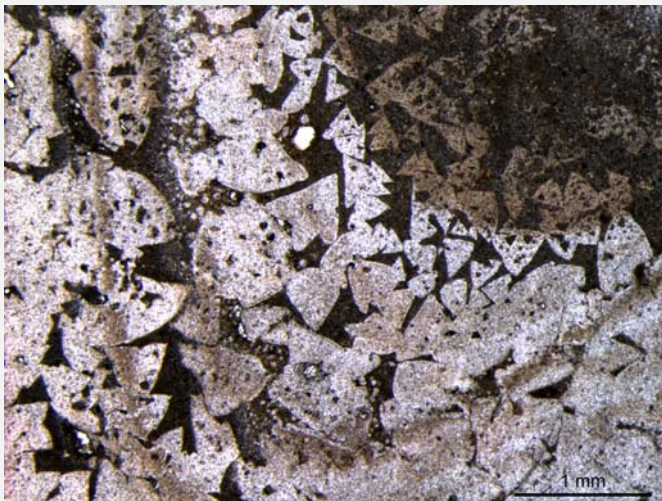
Ob. 1.0 Mag. 12.5 Base: 9.6 mm

Tessitura parzialmente aperta con OM

Image\_CB17tx\_003.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Sezione trasversale flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi. Si notano le lamine organic-rich tagliate trasversalmente e l'alta porosità intracristallina riempita da micrite Nicol =

**Notes:**

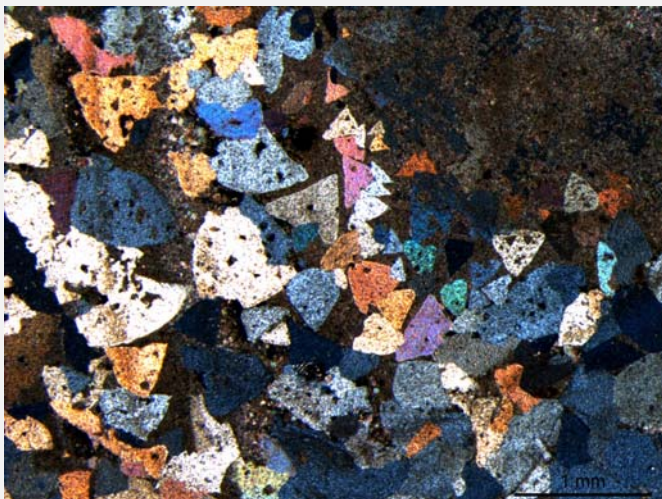
Ob. 1.0 Mag. 25 Base: 4.8 mm

Tessitura parzialmente aperta con OM

Image\_CB17tx\_004.jpg

Real Size: 4.81 x 3.61 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Sezione trasversale flowstone stromatolitico con lamine micritiche e peloidi. Si notano le lamine organic-rich tagliate trasversalmente e l'alta porosità intracristallina riempita da micrite Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 25 Base: 4.8 mm

Tessitura parzialmente aperta con OM


Image\_CB17tx\_006.jpg

Real Size: 4.81 x 3.61 mm


Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ




Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science	Operator: Andrea Borsato
Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave	Date: October 2013

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich          Che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.          Nicol =</p> <p><b>Notes:</b>          Ob. 1.0 Mag. 7.11x base: 16.85 mm</p>
---	---

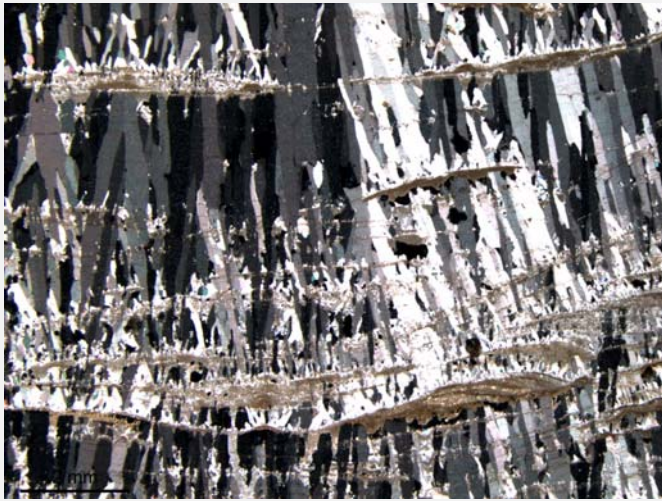
Image_CB18_001.jpg	Real Size: 16.95 x 12.71 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
--------------------	-----------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich          Che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.          Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.          Nicol +</p> <p><b>Notes:</b>          Ob. 1.0 Mag. 7.11x base: 16.85 mm</p>
--	---

Image_CB18_003.jpg	Real Size: 16.95 x 12.71 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
--------------------	-----------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich          Che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti          Nicol =</p> <p><b>Notes:</b>          Ob. 1.0 Mag. 10x base: 12 mm</p>
---	---

Image_CB18_004.jpg	Real Size: 12.03 x 9.02 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
--------------------	----------------------------	--



**Description**

Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich  
Che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol +

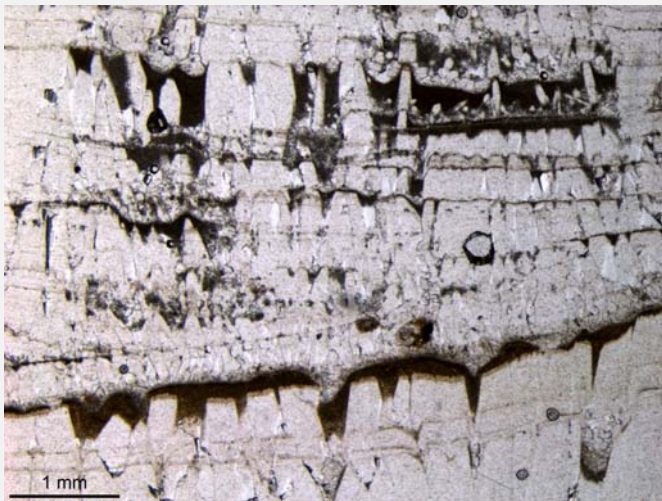
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10x base: 12 mm

Image\_CB18\_006.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich  
Che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 20 base: 6 mm  
Particolare orizzonti micritici

Image\_CB18\_007.jpg

Real Size: 6.01 x 4.51 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich  
Che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 20 base: 6 mm  
Particolare orizzonti micritici

Image\_CB18\_009.jpg

Real Size: 6.01 x 4.51 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich  
Che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol =

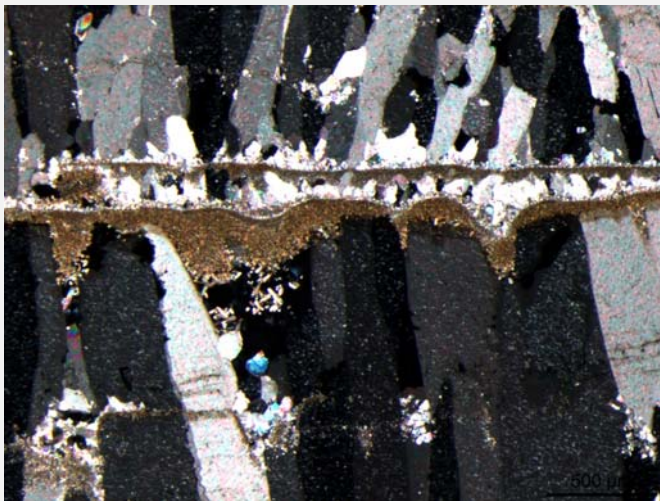
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 40 base: 3 mm  
Particolare orizzonti micritici

Image\_CB18\_010.jpg

Real Size: 3.01 x 2.26 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich  
Che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti  
Che appaiono smussati e arrotondati.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 40 base: 3 mm  
Particolare orizzonti micritici

Image\_CB18\_012.jpg

Real Size: 3.01 x 2.26 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10x base: 12 mm  
Tessitura con cx troncati.  
Detrito assente solo rara OM

Image\_CB34\_001.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science	Operator: Andrea Borsato
Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave	Date: October 2013

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata Nicol +</p> <p><b>Notes:</b>                  Ob. 1.0 Mag. 10x base: 12 mm                  Tessitura con cx troncati.                  Detrito assente solo rara OM</p>	
Image_CB34_003.jpg	Real Size: 12.03 x 9.02 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata Nicol =</p> <p><b>Notes:</b>                  Ob. 1.0 Mag. 20x base: 6 mm                  Particolare livello microspartico                  Detrito assente solo rara OM</p>	
Image_CB34_004.jpg	Real Size: 6.01 x 4.51 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

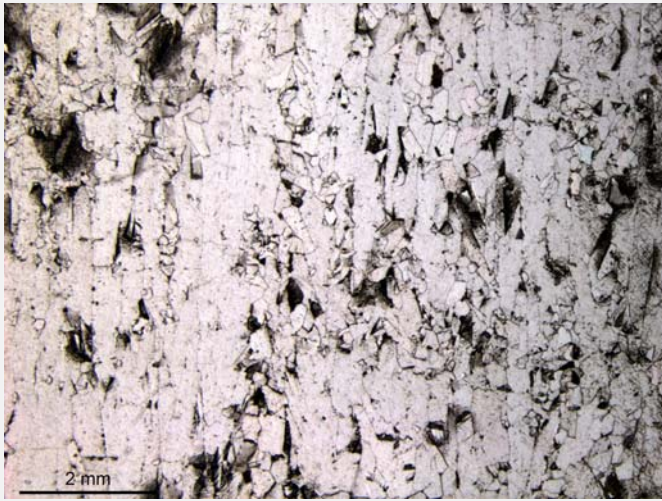
	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata Nicol +</p> <p><b>Notes:</b>                  Ob. 1.0 Mag. 20x base: 6 mm                  Particolare livello microspartico                  Detrito assente solo rara OM</p>	
Image_CB34_006.jpg	Real Size: 6.01 x 4.51 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata. Plaghe e zone intracrystalline a calcite equant indice di possibile parziale ricristallizzazione.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 12.5x base 9.6 mm  
Particolare livello con lateral overgrowth

Image\_CB34\_007.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata. Plaghe e zone intracrystalline a calcite equant indice di possibile parziale ricristallizzazione.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 12.5x base 9.6 mm  
Particolare livello con lateral overgrowth

Image\_CB34\_009.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata. Plaghe e zone intracrystalline a calcite equant indice di possibile parziale ricristallizzazione.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 16 Base: 7.5 mm  
Le inclusioni marroni che riempiono gli spazi interCX sono lump di OM forse "concentrati" da RXX

Image\_CB34\_010.jpg

Real Size: 7.52 x 5.64 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata. Plaghe e zone intracristalline a calcite equant indice di possibile parziale ricristallizzazione.  
Nicol +

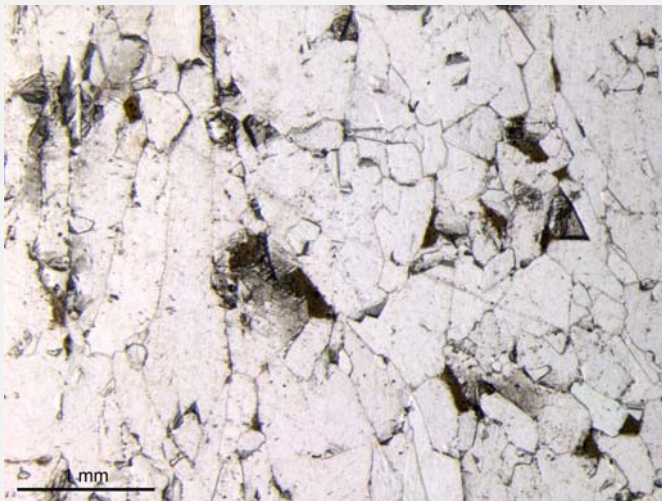
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 16 Base: 7.5 mm  
Le inclusioni marroni che riempiono gli spazi interCX sono lump di OM forse "concentrati" da RXX

Image\_CB34\_012.jpg

Real Size: 7.52 x 5.64 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata. Plaghe e zone intracristalline a calcite equant indice di possibile parziale ricristallizzazione.  
Nicol =

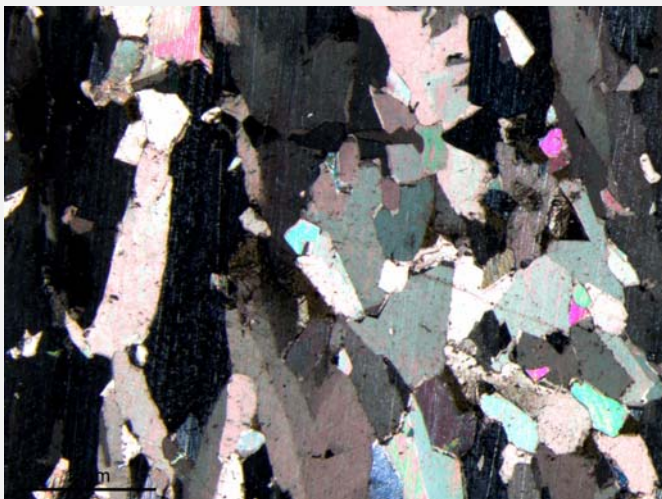
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 25 Base: 4.8 mm  
Le inclusioni marroni che riempiono gli spazi interCX sono lump di OM forse "espulsi" durante la RXX

Image\_CB34\_013.jpg

Real Size: 4.81 x 3.61 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata. Plaghe e zone intracristalline a calcite equant indice di possibile parziale ricristallizzazione.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 25 Base: 4.8 mm  
Le inclusioni marroni che riempiono gli spazi interCX sono lump di OM forse "espulsi" durante la RXX

Image\_CB34\_015.jpg

Real Size: 4.81 x 3.61 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata. Plaghe e zone intracristalline a calcite equant indice di possibile parziale ricristallizzazione.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 12.5 Base: 9.6 mm  
Le inclusioni marroni che riempiono gli spazi interCX sono lump di OM forse "espulsi" durante la RXX

Image\_CB34\_016.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità più elevata. Plaghe e zone intracristalline a calcite equant indice di possibile parziale ricristallizzazione.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 12.5 Base: 9.6 mm  
Le inclusioni marroni che riempiono gli spazi interCX sono lump di OM forse "espulsi" durante la RXX

Image\_CB34\_018.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Contatti sfrangiati dovuti alla penetrazione di OM lungo i contatti cristallini  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag10 Base: 12 mm  
Le inclusioni OM marcano te terminazioni CX  
Alcune lateral overgrowth

Image\_CB43\_001.jpg


Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ


**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**




Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science	Operator: Andrea Borsato
Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave	Date: October 2013

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Contatti sfrangiati dovuti alla penetrazione di OM lungo i contatti cristallini Nicol +</p> <p><b>Notes:</b>                  Ob. 1.0 Mag10 Base: 12 mm                  Le inclusioni OM marcano te terminazioni CX                  Alcune lateral overgrowth</p>
---	---

Image_CB43_003.jpg	Real Size: 12.03 x 9.02 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
--------------------	----------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Contatti sfrangiati dovuti alla penetrazione di OM lungo i contatti cristallini Nicol =</p> <p><b>Notes:</b>                  Ob. 1.0 Mag. 20 Base: 6 mm                  Le inclusioni OM marcano te terminazioni CX                  Alcune lateral overgrowth</p>
--	--

Image_CB43_004.jpg	Real Size: 6.01 x 4.51 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
--------------------	---------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Contatti sfrangiati dovuti alla penetrazione di OM lungo i contatti cristallini Nicol +</p> <p><b>Notes:</b>                  Ob. 1.0 Mag. 20 Base: 6 mm                  Le inclusioni OM marcano te terminazioni CX                  Alcune lateral overgrowth</p>
---	--


Image_CB43_006.jpg	Real Size: 6.01 x 4.51 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
--------------------	---------------------------	--




Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science	Operator: Andrea Borsato
Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave	Date: October 2013

	<p><b>Description</b></p> <p>Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 12.5 Base: 9.6 mm Tessitura aperta con molta OM Le inclusioni OM marcano i bordi CX</p>
---	--

Image_CB43mx_001.jpg	Real Size: 9.63 x 7.22 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
----------------------	---------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Nicol +</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 12.5 Base: 9.6 mm Tessitura aperta con molta OM Le inclusioni OM marcano i bordi CX</p>
--	--

Image_CB43mx_003.jpg	Real Size: 9.63 x 7.22 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
----------------------	---------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 20 Base: 6 mm Queste sono le <u>REALI</u> dimensioni Tessitura aperta con molta OM Le inclusioni OM marcano i bordi CX</p>
---	---

Image_CB43mx_004.jpg	Real Size: 9.63 x 7.22 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
----------------------	---------------------------	--

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata.  
Nicol +

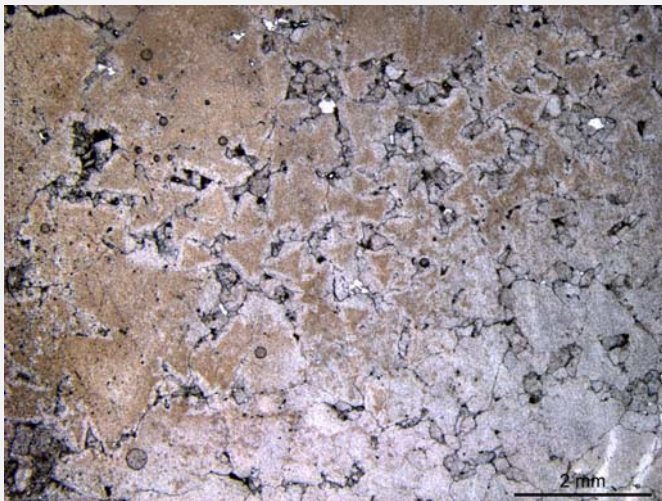
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 20 Base: 6 mm  
Queste sono le REALI dimensioni  
Tessitura aperta con molta OM  
Le inclusioni OM marcano i bordi CX

Image\_CB43mx\_006.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 12.5 Base: 9.6 mm  
Tessitura aperta con OM concentrate nell'area a sn in alto della foto

Image\_CB43ux\_001.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 12.5 Base: 9.6 mm  
Tessitura aperta con OM concentrate nell'area a sn in alto della foto

Image\_CB43ux\_003.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science	Operator: Andrea Borsato
Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave	Date: October 2013

	<p><b>Description</b></p> <p>Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 25 Base: 4.8 mm Tessitura parzialmente aperta con OM dispersa nei CX</p>
--	---

Image_CB43ux_004.jpg	Real Size: 4.81 x 3.61 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
----------------------	---------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Nicol +</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 25 Base: 4.8 mm Tessitura parzialmente aperta con OM dispersa nei CX</p>
--	---

Image_CB43ux_006.jpg	Real Size: 4.81 x 3.61 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
----------------------	---------------------------	--

	<p><b>Description</b></p> <p>Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata. Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 12.5 Base: 9.6 mm SCALA REALE (la grafica e' sbagliata!) Tessitura chiusa con poca OM</p>
--	--

Image_CB43vx_001.jpg	Real Size: 4.81 x 3.61 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ
----------------------	---------------------------	--

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 12.5 Base: 9.6 mm  
SCALA REALE (la grafica e' sbagliata!)  
Tessitura chiusa con poca OM

Image\_CB43vx\_003.jpg

Real Size: 4.81 x 3.61 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 25 Base:4.8 mm

Tessitura chiusa con poca OM

Image\_CB43vx\_004.jpg

Real Size: 4.81 x 3.61 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Sezione trasversale di flowstone con orizzonti organic-rich e orizzonti a porosità elevata.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 25 Base:4.8 mm

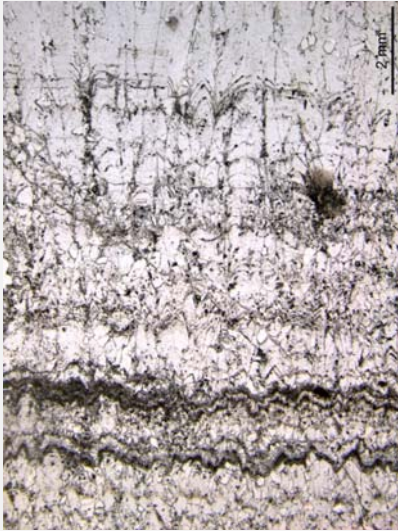
Tessitura chiusa con poca OM


Image\_CB43vx\_006.jpg

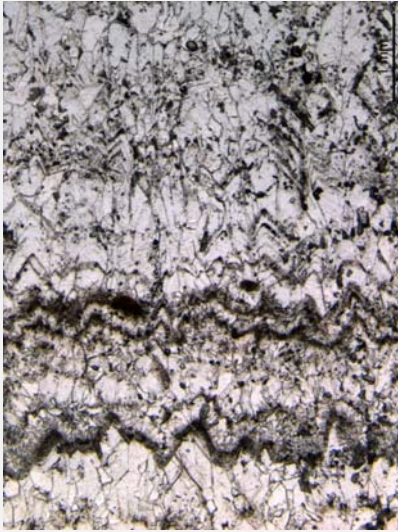
Real Size: 4.81 x 3.61 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science	Operator: Andrea Borsato
Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave	Date: October 2013

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich (micrite?) che sottolineano le terminazioni dei cristalli. Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag10 Base: 12 mm</p>	
Image_CB44_004.jpg	Real Size: 12.03 x 9.02 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich (micrite?) che sottolineano le terminazioni dei cristalli. Nicol +</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag10 Base: 12 mm Lots of LatOver</p>	
Image_CB44_006.jpg	Real Size: 12.03 x 9.02 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

	<p><b>Description</b></p> <p>Flowstone con orizzonti organic-rich (micrite?) che sottolineano le terminazioni dei cristalli. Nicol =</p> <p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag 20 Base: 6 mm Le inclusioni OM marcano te terminazioni CX Lots of LatOver</p>	
Image_CB44_007.jpg	Real Size: 6.01 x 4.51 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Cesare Battisti Cave

Date: October 2013



**Description**

Flowstone con orizzonti organic-rich (micrite?) che sottolineano le terminazioni dei cristalli.  
Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag 20 Base: 6 mm  
Le inclusioni OM marcano te terminazioni CX  
Lots of LatOver

Image\_CB44\_009.jpg

Real Size: 6.01 x 4.51 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm  
 Top FLW Tessitura a piuma (rxx??)  
 Lateral overgrowth (centre)

Image\_CS14b1\_001.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm  
 Top FLW Tessitura a piuma (rxx??)  
 Lateral overgrowth (centre)  
 Lots of OrgMat-rich layer

Image\_CS14b1\_003.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm

Sotto Top FLW Tessitura a piuma (rxx??)

Lateral overgrowth. Lots of OrgMat-rich layer

Image\_CS14b1\_005.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm

Sotto Top FLW Tessitura a piuma (rxx??)

Lateral overgrowth. Lots of OrgMat-rich layer

Image\_CS14b1\_007.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm

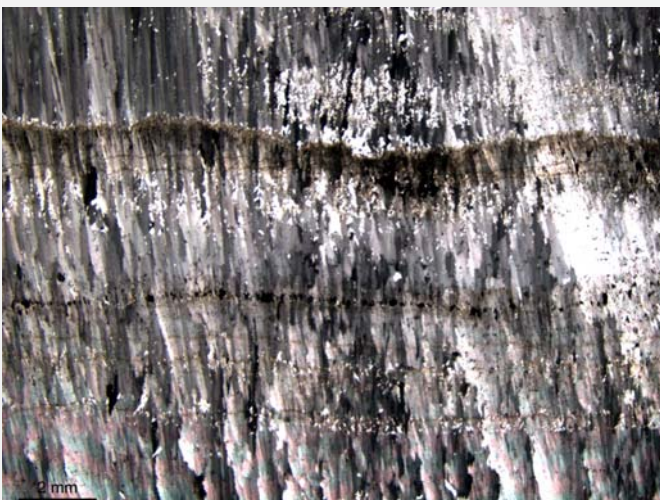
Orizzonte di corrosione (in alto)

Lateral overgrowth. OrgMat-rich layers

Image\_CS14b2\_001.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm

Orizzonte di corrosione (in alto)

Lateral overgrowth. OrgMat-rich layers

Image\_CS14b2\_003.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.95 x Base = 15.1 mm  
Tessitura a piuma (rxx)  
Mosaico RXX al centro foto

Image\_CS19a1\_002.jpg

Real Size: 15.16 x 11.37 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

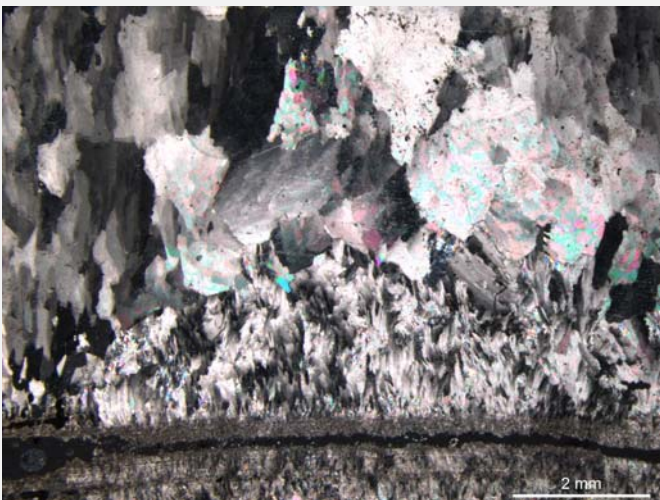
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.95 x Base = 15.1 mm  
Tessitura a piuma (rxx)  
Mosaico RXX al centro foto

Image\_CS19a1\_004.jpg

Real Size: 15.16 x 11.37 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

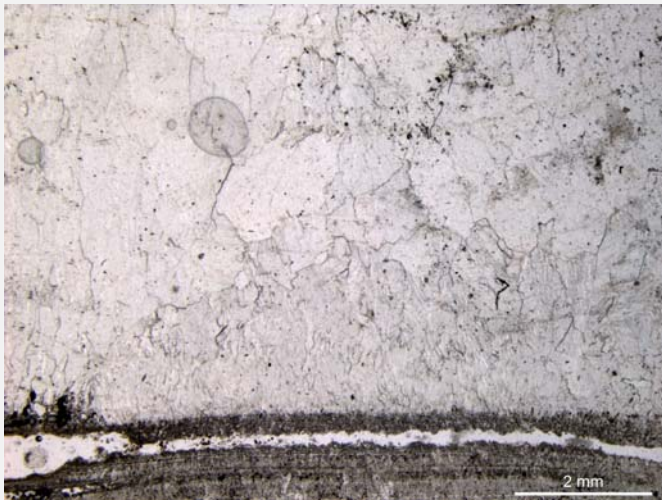
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 12.5 x Base = 9.6 mm  
Tessitura a piuma (rxx)  
Mosaico RXX al centro foto

Image\_CS19a1\_005.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 12.5 x Base = 9.6 mm  
Tessitura a piuma (rxx)  
Mosaico RXX al centro foto

Image\_CS19a1\_007.jpg

Real Size: 9.63 x 7.22 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

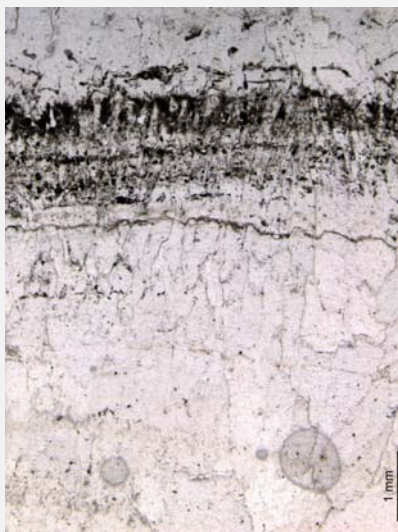
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 16 x Base = 7.5 mm  
Tessitura a piuma (rxx)  
Mosaico RXX che attraversa gli orizzonti  
detritici. Bordo birifrangente dei cristalli composti

Image\_CS19a1\_009.jpg

Real Size: 7.52 x 5.64 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 16 x Base = 7.5 mm  
Tessitura a piuma (rxx)  
Mosaico RXX che attraversa gli orizzonti  
detritici. Bordo birifrangente dei cristalli composti

Image\_CS19a1\_011.jpg

Real Size: 7.52 x 5.64 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm  
Tessitura a piuma (rxx??)

Image\_CS19a2\_001.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm  
Tessitura a piuma (rxx??)

Image\_CS19a2\_003.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 mm  
Tessitura a piuma (rxx??)

Image\_CS19a2\_004.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 mm  
Tessitura a piuma (rxx??)

Image\_CS19a2\_006.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm  
Corrosione lungo gli orizzonti detritici??

Image\_CS20a3\_001.jpg

Real Size: 16.95 x 12.71 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm  
Corrosione lungo gli orizzonti detritici??

Image\_CS20a3\_003.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 mm  
FWL dirt with faint lamination

Image\_CS20a3\_004.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 mm  
FWL dirt with faint lamination

Image\_CS20a3\_006.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 mm  
FWL dirt with lateral overgrowth

Image\_CS20a3\_008.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**




THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave


Date: October 2013

		<b>Description</b>
		<p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 mm FWL dirt with lateral overgrowth</p>

Image\_CS20a3\_009.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

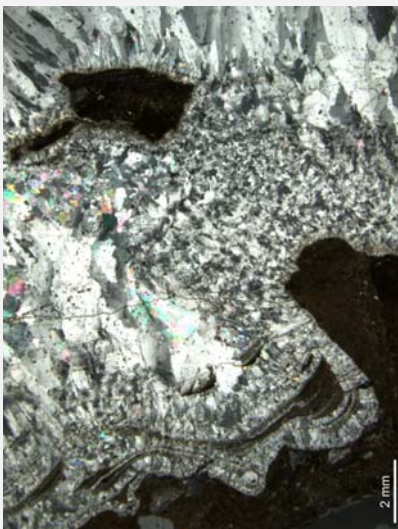
Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

		<b>Description</b>
		<p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm</p>

Image\_CS24-1\_001.jpg

Real Size: 16.72 x 12.54 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

		<b>Description</b>
		<p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm</p>

Image\_CS24-1\_003.jpg

Real Size: 16.72 x 12.54 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**




THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA


Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

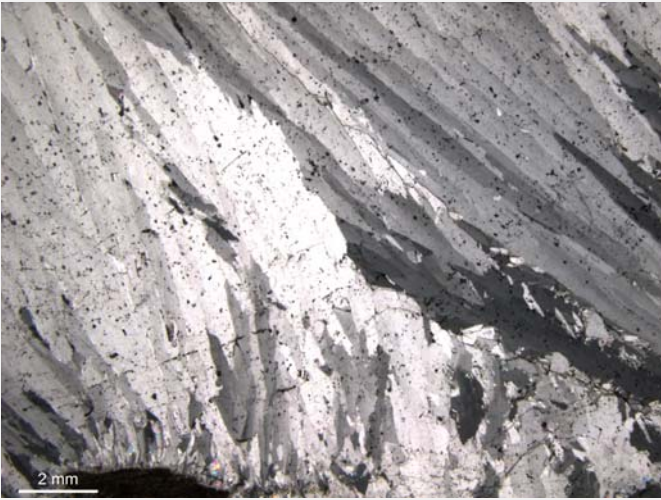
Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013

	<b>Description</b>	
	<p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm</p>	
Image_CS24-1_006.jpg	Real Size: 16.72 x 12.54 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

	<b>Description</b>	
	<p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 mm</p>	
Image_CS24-1_007.jpg	Real Size: 16.72 x 12.54 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

	<b>Description</b>	
	<p><b>Notes:</b> Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 m</p>	
Image_CS24-1_009.jpg	Real Size: 16.72 x 12.54 mm	Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11 x Base = 16.85 m

Image\_CS24-1\_010.jpg

Real Size: 16.72 x 12.54 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 m

Image\_CS24-1\_011.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 m

Image\_CS24-1\_013.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013



**Description**

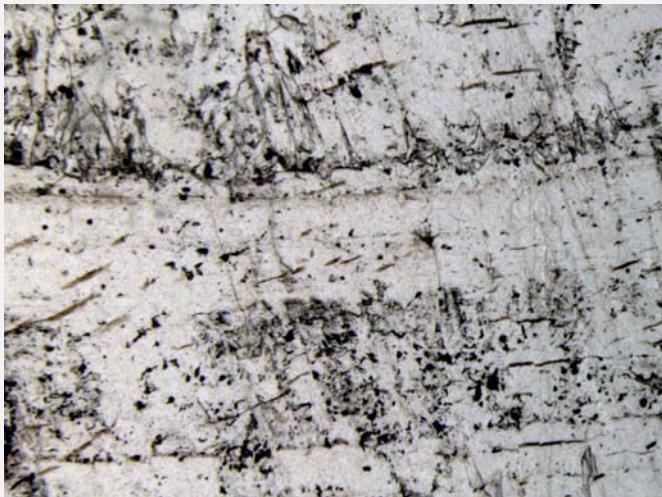
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 20 x Base = 6 mm  
Note the elliptical inclusions along the layers

Image\_CS24-2\_001.jpg

Real Size: 6.01 x 4.51 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 20 x Base = 6 mm  
Note the elliptical inclusions along the layers

Image\_CS24-2\_003.jpg

Real Size: 6.01 x 4.51 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 mm  
Note the elliptical inclusions along the layers

Image\_CS24-2\_004.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

**Project: COAN3 - Studio petrografico speleotemi antichi Trentino**



THE UNIVERSITY OF  
**NEWCASTLE**  
AUSTRALIA

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Costalta Cave

Date: October 2013



**Description**

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10 x Base = 12 mm  
Note the elliptical inclusions along the layers  
Faint lamination

Image\_CS24-2\_006.jpg

Real Size: 12.03 x 9.02 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti. Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi e delle zone a curvatura più elevata dove i cristalli sono frammentati. Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11x N+

Image\_FZ1\_002.jpg

Real Size: 16.72 x 12.54 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti. Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi. Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11x

Image\_FZ1\_003.jpg

Real Size: 16.72 x 12.54 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti. Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi. Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11x

Image\_FZ1\_004.jpg

Real Size: 16.72 x 12.54 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche (in alto) e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
A 8 mm dalla base è presente un livello micritico più spesso che comporta una dissoluzione più accentuata delle terminazioni cx, Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11x

Image\_FZ1\_005.jpg

Real Size: 16.72 x 12.54 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche (in alto) e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
A 8 mm dalla base è presente un livello micritico più spesso che comporta una dissoluzione più accentuata delle terminazioni cx. Notare la dimensione più ridotta dei cx colonnari nel livello intermedio Legata alla maggior presenza di impurità e/o porosità.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol +

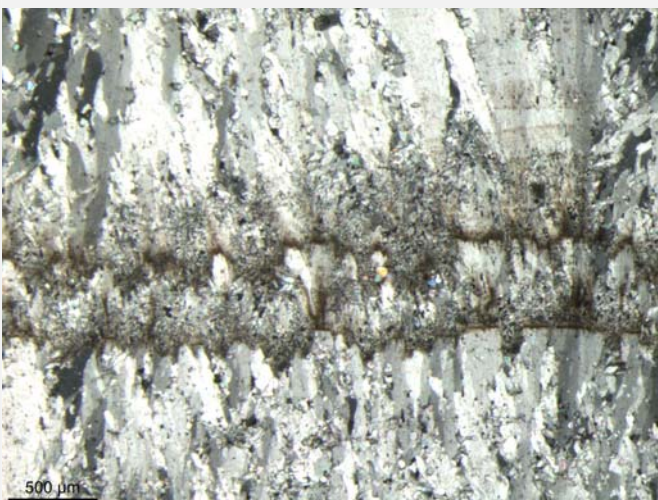
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 7.11x N+

Image\_FZ1\_006.jpg

Real Size: 16.72 x 12.54 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di FZ1\_006 (centro della foto).  
Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol +

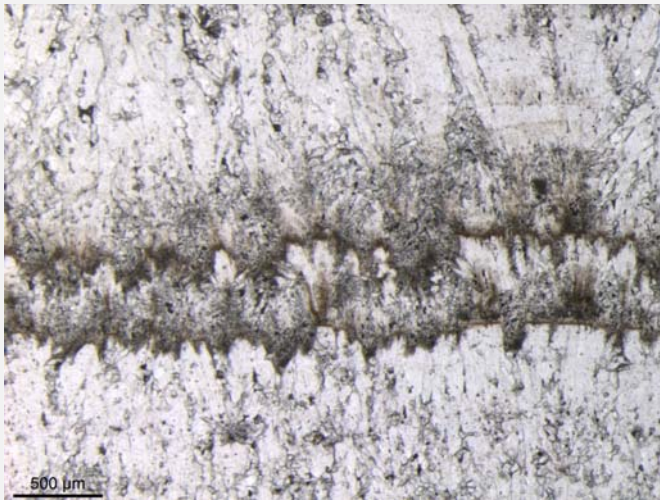
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 32x N+

Image\_FZ1\_007.jpg

Real Size: 3.71 x 2.78 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di FZ1\_006 (centro della foto).  
Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol =

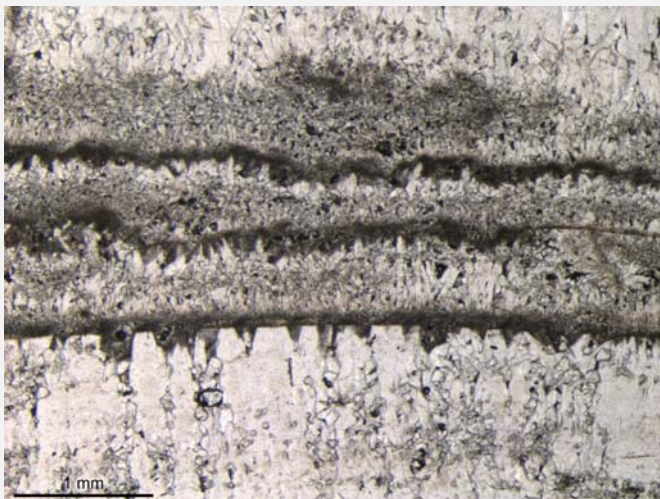
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 32x

Image\_FZ1\_008.jpg

Real Size: 3.71 x 2.78 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di FZ1\_003 (in alto della foto).  
Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Particolare del livello micritico con dissoluzione (discontinuità – hiatus).  
Nicol =

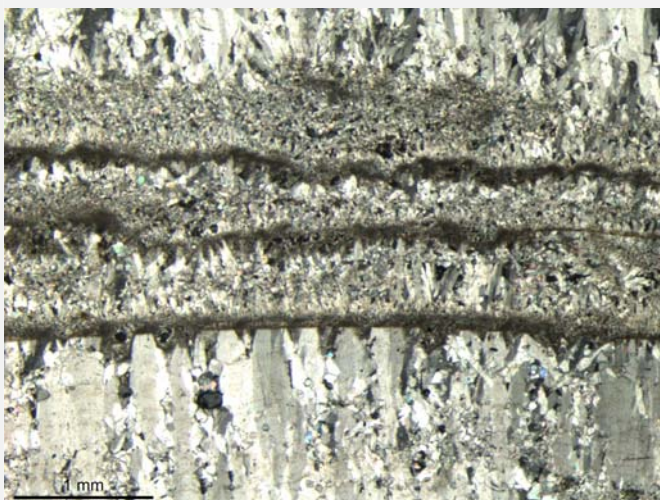
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 25x  
Varie discontinuita'

Image\_FZ1\_009.jpg

Real Size: 4.75 x 3.56 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di FZ1\_003 (in alto della foto).  
Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Particolare del livello micritico con dissoluzione (discontinuità – hiatus).  
Nicol +

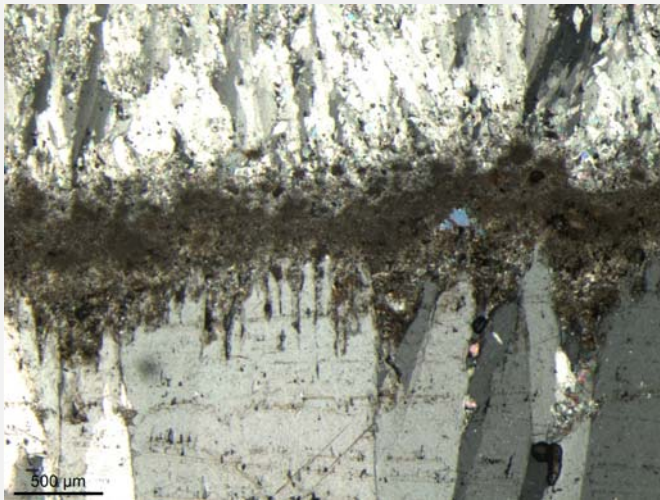
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 25x N+  
Varie discontinuita'

Image\_FZ1\_010.jpg

Real Size: 4.75 x 3.56 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di FZ1\_006 (in basso nella foto).  
Particolare del livello micritico a pellet.  
Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol +

**Notes:**

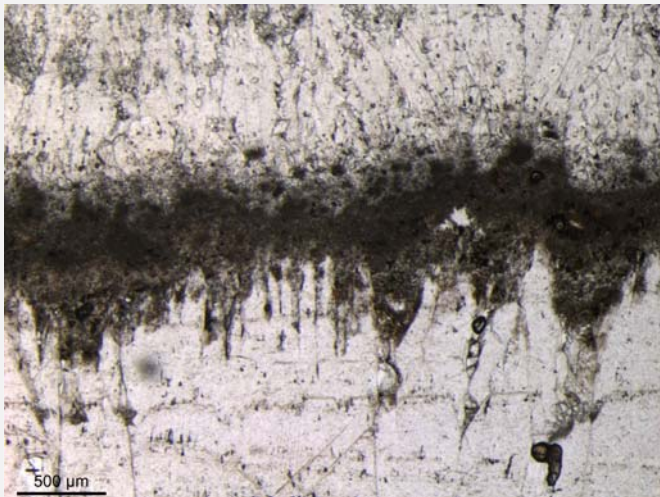
Ob. 1.0 Mag. 32x N+

Orizzonte micritico-pellet  
Grani detritici tra i cx

Image\_FZ1\_011.jpg

Real Size: 3.71 x 2.78 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di FZ1\_006 (in basso nella foto).  
Particolare del livello micritico a pellet.  
Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol =

**Notes:**

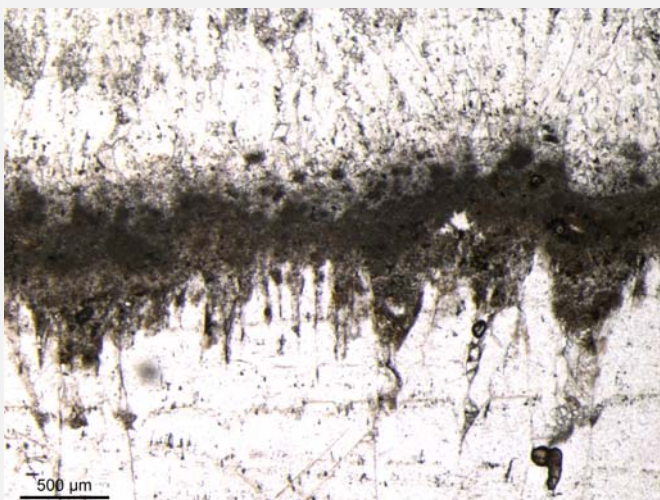
Ob. 1.0 Mag. 32x

Orizzonte micritico-pellet  
Grani detritici tra i cx

Image\_FZ1\_012.jpg

Real Size: 3.71 x 2.78 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di FZ1\_006 (in basso nella foto).  
Particolare del livello micritico a pellet.  
Flowstone a tessitura colonnare aperta e con intercalazioni micritiche e orizzonti organic-rich che causano la parziale dissoluzione dei cristalli colonnari sottostanti.  
Lateral overgrowth in corrispondenza dei livelli micritici più spessi.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 32x

Orizzonte micritico-pellet  
Grani detritici tra i cx

Image\_FZ1\_013.jpg

Real Size: 3.71 x 2.78 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ

Microscopy Unit Report - School of Environmental and life Science

Operator: Andrea Borsato

Project: COAN3 – Abisso Freezer and Prato Fiorito

Date: March 2013



**Description**

Flowstone a tessitura colonnare chiusa con cx larghi fino a 2-3 mm. Veli organici che sottolineano gli step di crescita. I contatti intracx sono a volte marcati da accumuli di OM / micrite Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10x

Image\_PF22\_001.jpg

Real Size: 11.87 x 8.90 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone a tessitura colonnare chiusa con cx larghi fino a 2-3 mm. Veli organici che sottolineano gli step di crescita. I contatti intracx sono a volte marcati da accumuli di OM / micrite Nicol =

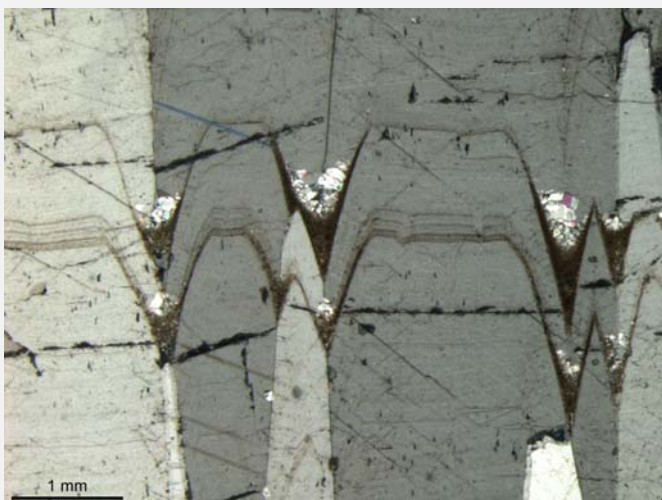
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 10x

Image\_PF22\_002.jpg

Real Size: 11.87 x 8.90 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di PF22\_002

Flowstone a tessitura colonnare chiusa con cx larghi fino a 2-3 mm. Veli organici che sottolineano gli step di crescita. I contatti intracx sono a volte marcati da accumuli di OM / micrite Nicol +

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 20x n+

Image\_PF22\_003.jpg

Real Size: 5.93 x 4.45 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Ingrandimento di PF22\_002  
Flowstone a tessitura colonnare chiusa con cx larghi fino a 2-3 mm.  
Veli organici che sottolineano gli step di crescita. I contatti intracx sono a volte marcati da accumuli di OM / micrite  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 20x

Image\_PF22\_004.jpg

Real Size: 5.93 x 4.45 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone a tessitura colonnare chiusa con cx larghi fino a 2-3 mm.  
Veli organici che sottolineano gli step di crescita.  
Nicol +

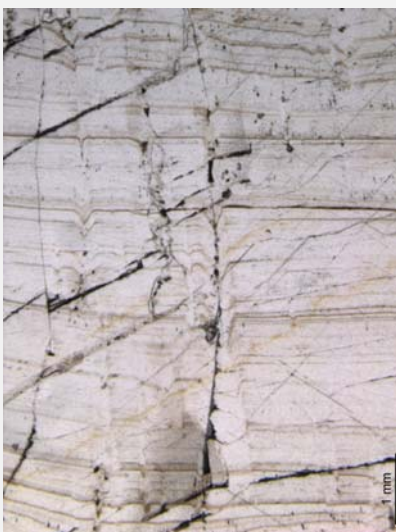
**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 16x

Image\_PF22\_006.jpg

Real Size: 7.42 x 5.56 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ



**Description**

Flowstone a tessitura colonnare chiusa con cx larghi fino a 2-3 mm.  
Veli organici che sottolineano gli step di crescita.  
Nicol =

**Notes:**

Ob. 1.0 Mag. 16x

Image\_PF22\_008.jpg

Real Size: 7.42 x 5.56 mm

Format: 2592 x 1944, Interlaced Large HQ