

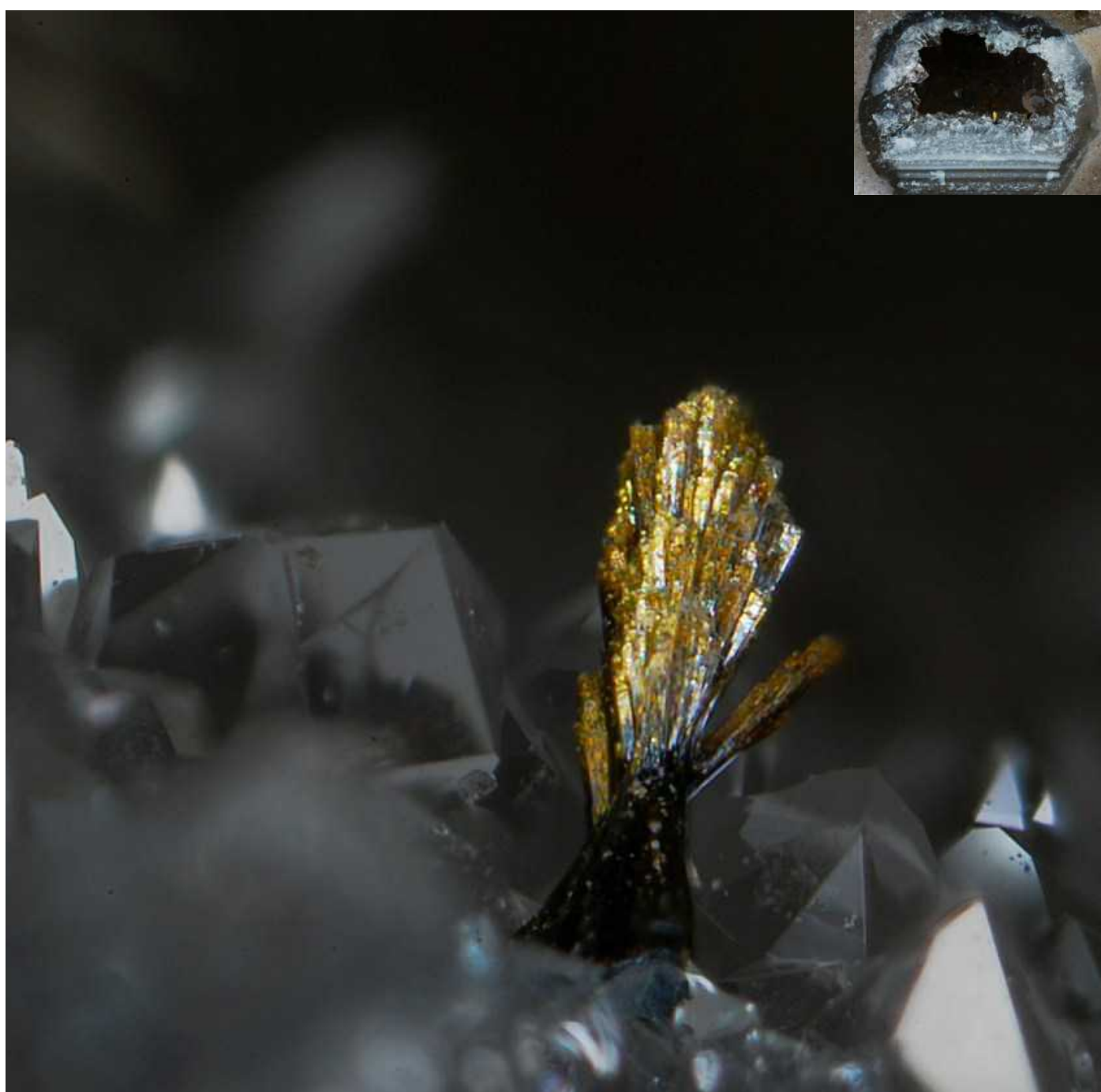


GRUPPO MINERALOGICO PALEONTOLOGICO EUGANEO

NOTIZIARIO

N. 71 - dicembre 2016

GMPE 2016



Goethite, cava di perlite, Montegrotto (PD) base 1,2mm, in geode di quarzo (part. in alto a destra base 9,4mm) Foto B. Fassina

GRUPPO MINERALOGICO PALEONTOLOGICO EUGANEO

NOTIZIARIO

N. 71 - dicembre 2016

INDICE

Il mio amico Giuseppe Sanco (1943-2016)

Paolo Rodighiero pag. 1

La spettroscopia micro-Raman: alcune applicazioni nelle Scienze della Terra

Fabrizio Nestola pag. 4

Il bacino termale euganeo: lo stato dell'arte

Paolo Fabbri, Marco Pola, Leonardo Piccinini, Dario Zampieri, pag. 12

Filippine, isola di Bohol, Chocolate Hills: storia geologica di un paesaggio straordinario

Franco Colombara pag. 20

Tra natura e cultura: materiali vetrosi e minerali nell'Egitto pre-romano

Cinzia Bettineschi pag. 28

Il rischio vulcanico in Italia

Giamberto Astolfi pag. 35

Andrea Rodighiero (1892 - 1917) e le sue ricerche geologiche nell'Altopiano dei Sette Comuni

Fabrizio Bizzarrini pag. 44

Studio biostratigrafico a conodonti della sezione Portella, Tarvisio

Elena Bellizia pag. 46

Ricerche in... Collezione

Libero Battiston pag. 48

PATAGONIA *Terra di dinosauri*

Franco Colombara pag. 53

Una gita straordinaria

Paolo Rodighiero pag. 61

Andar per sassi...e non solo...un anno (2016) di momenti GMPE

Foto di Sergio Barison pag. 68

Cristalli! Mostra 6 ottobre 2013 28 febbraio 2014 *(dvd)*

Sergio Barison pag. 3 di copertina

Il mio amico Giuseppe Sanco (1943-2016)

Paolo Rodighiero Presidente GMPE

Ci eravamo incontrati la prima volta nel negozio di minerali di via del Santo, allora un vano di pochi metri quadrati gestito da Cossi Pacifico. Eravamo verso la fine degli anni '60, quindi non ancora trentenni, ma entrambi orgogliosamente appassionati al mondo mineralogico. Il primo incontro fu breve, come si conviene a due persone riservate. Ma la frequentazione di questo ambiente ci portò ben presto ad una rapida conoscenza e ad una stima l'uno dell'altro. Giuseppe lavorava in banca già da qualche anno e passava molte ore libere nel negozio, divenuto da subito meta di incontro di quei pochi collezionisti esistenti in Padova. Parallelamente l'amicizia tra Cossi e Giuseppe aveva ben presto portato i due a intraprendere i primi viaggi nelle miniere europee. Il primo interessato all'acquisto di minerali e il secondo per quella sete di conoscenza che lo ha accompagnato per tutta la vita. Le mete preferite erano Trepça nell'attuale Kosovo e Baia Mare nella regione del Maramures in Romania. Va qui ricordato che in entrambi le nazioni si era ancora sotto regimi assolutistici e andarci per reperire minerali dai minatori locali era una impresa rischiosa. Le numerose specie di minerali proposti da quei giacimenti di piombo-zinco aumentavano così la collezione di Giuseppe e la nutrita esposizione del negozio di Cossi, che diventava proprio per questo pellegrinaggio continuo di noi appassionati.



Bepi in primo piano

Da tempo si erano cominciate le prime ricerche nei nostri Colli, che effettuavamo da soli o in compagnia. Con Bepi, perdonatemi il termine dialettale, ma l'ho sempre chiamato così, frequentavo le prime mostre di Verona e Bologna, dove orgogliosamente presentavamo i nostri campioni di scambio. I minerali esposti nei vari tavoli degli appassionati di allora erano per lo più minerali italiani, delle nostre miniere sarde, dell'Elba, dell'entroterra grossetano, delle miniere siciliane e più raramente delle mineralizzazioni alpine, prevalentemente i demantoidi della Val Malenco, i granati almandini della Val Passiria e alcune mineralizzazioni delle Valli di Vizze e Aurina. Tra le località mineralogiche straniere il Brasile la faceva da padrone e a seguire il Sud Africa. Bepi sceglieva con oculatezza e competenza i campioni da comperare o scambiare, mentre io seguendolo gli chiedevo consigli e aiuto. Sempre preciso nelle sue affermazioni dimostrava fin da allora grande conoscenza di questo mondo sotterraneo. Avevamo preso conoscenza entrambi delle collezioni l'uno dell'altro e passavamo molto tempo a scambiarci opinioni e consigli. Lui dimostrava maggiore competenza e io seguivo volentieri i preziosi suggerimenti che mi elargiva. Si cominciò di lì a breve a parlare di gruppo mineralogico, tuttavia va riconosciuto che fu l'amico Argentini a dare l'impulso giusto alla sua creazione. Una volta costituito Bepi fu eletto immediatamente nel Consiglio Direttivo dove ricoprì per lunghi anni la carica di tesoriere. Tuttavia era apprezzato dai soci in particolare per la sua competenza. Di lui si diceva che gli potevi dare un minerale e avresti avuto come risposta nome e provenienza dello stesso. Proprio così, anche la provenienza dato che le visite alle miniere europee e ai Musei lo avevano reso veramente competente come pochi. Ma se queste sono cose conosciute agli amici del G.M.P.E pochi forse sanno che Bepi era uomo di vasta cultura e di molti interessi. Gli studi giovanili che lo avevano visto primeggiare in tutte le materie avevano infatti creato le basi per un interesse in diversi campi culturali.

Nei lunghi viaggi fatti con lui mi divertivo a recitare qualche passo di poesia imparato nei banchi di scuola e ancora conservato in qualche angolo della mia memoria. Bastava che gli enunciassi la prima strofa per sentire poi con voce appassionata e teatrale il prosieguito dell'opera. Era soprattutto la poesia di Federico García Lorca che lo riempiva di ardore e passione e con uno spagnolo fluente e passionale decantava i versi del grande poeta che ricordava la morte del famoso torero Ignacio Sánchez Mejías.

Ricordo che un anno in viaggio con Francesca mi ritrovai in Versilia a Valdicastello di Pietrasanta davanti alla casa natale di Carducci. Senza esitazione telefonai a Bepi per ricordargli dove ero finito nel mio girovagare. Lui, dopo il "No!" scherzoso che sottolineava un momento di stupore, iniziò a ricordarmi fatti ed eventi della vita del poeta. Mi diede consigli per visitare luoghi vissuti dal letterato. Un analogo evento accadde a Torre del Lago, luogo amato da Puccini, tanto da divenire sua stabile residenza. Quando dalla casa del grande musicista gli telefonai mi rispose ancora una volta "Ma dai!", e poi subito a descrivermi vita ed eventi particolari di Puccini, della sua amicizia con il Pascoli, delle loro morti premature. Insomma la sua memoria ferrea aveva raccolto una intera antologia di poesie e di aneddoti di vita di poeti ed artisti. Un'altra sua grande passione era la musica. Da buon collezionista aveva raccolto nella vita una quantità straordinaria di CD di musica classica. Non ricordo che avesse preferenze, nei frequenti incontri o nei lunghi viaggi non era raro ascoltare arie celebri di Mozart, Beethoven, sonate al pianoforte di Listz o Chopin o le celebri danze ungheresi di Brahms. Gli piacevano anche le interpretazioni musicali eseguite con un solo strumento. E allora via con le straordinarie sonate alla chitarra di Giuliani o il dolce suono del mandolino che interpreta melodie romantiche e le arie struggenti delle colonne sonore dei film di Chaplin. Ma come ricordavo la sua conoscenza non si limitava alla tal opera o alla sinfonia ma si era ampliata con la vita degli autori così da farne una seconda grande enciclopedia. Eppure tutto questo grande sapere non era mai ostentato. Quello di conoscere o di primeggiare era un motivo strettamente personale e non una dimostrazione di superiorità. Tra le tante confidenze mi raccontò un giorno un aneddoto accaduto in una classe media allorché dopo un compito di latino si vide un bel quattro perché a detta del professore aveva copiato dal suo compagno di banco, ben conosciuto al docente e stimato come il primo della classe. Colpito nel suo amor proprio, si mise a studiare fino a conoscere come si suol dire "una pagina più del libro" vincendo quella sua straordinaria battaglia divenendo in poco tempo il migliore. Benché dunque per cultura e studio avesse capacità di guida non volle mai divenire Presidente del GMPE, gli piaceva la partecipazione e l'organizzazione, ma da dietro le quinte. Un anno lo invitai caldamente a tenerci una conferenza sul diamante. Accettò ma pretese un mio aiuto al computer, strumento che poco amava. Ebbene preparò una lezione indimenticabile che ho avuto l'opportunità di conservare e di utilizzare tal quale a mia volta in altre occasioni.

Una sua grande dote era l'orientamento. Profondo conoscitore della geografia mondiale e guida instancabile al volante dell'auto aveva portato famiglia, cognati e all'occasione amici per tutta Europa, ma anche nell'intero bacino del Mediterraneo e oltre oceano. Ti portava nei luoghi più disparati e lontani quasi fossero angoli della sua casa. E io ho avuto la fortuna di unirmi in tanti casi a lui. Ricordo ancora nel lungo viaggio in Romania con le nostre mogli i tanti luoghi visitati. Dopo un rapido sguardo alla carta ci portava il giorno dopo a visitare ora un castello, ora un monastero ora un anfratto montagnoso. Era incredibile sentirsi dire: "a breve incontreremo una gola strettissima" e fatte un paio di curve ecco ergersi sulla stretta strada due altissime pareti. Sembrava ci fosse stato il giorno prima. Con lui ebbi l'opportunità di vedere una galleria di una miniera romana in Transilvania, il "Cimitirul vesel" (letteralmente cimitero allegro) nel paese di Săpânța, nel distretto di Maramures, nella Romania settentrionale dove la principale attrattiva è data dalla sua originalità: tutte le tombe sono dipinte con scene di vita della persona che vi è sepolta e sono accompagnate da una poesia umoristica che descrive il defunto. Tutte queste realtà culturali erano talora condite con memorabili ingressi in pasticcerie dove trascorrevamo qualche istante davanti a coppe traboccanti di panna. Non era un mangione, ma si poteva senz'altro dire che Bepi era un goloso di dolci e così davanti ad un gelato o a un particolare dessert non si tirava certo indietro. Lo faceva con naturalezza, quasi non volesse farsi vedere dalla moglie, che era sempre attenta a queste sue debolezze. Prima della malattia talora scherzavamo sulle nostre pance e lui mi diceva "cosa vuoi, in fin dei conti un chilo all'anno non è poi sto gran danno, solo che in trent'anni... ". La frase era accompagnata da un largo sorriso di entrambi e terminava con una sonora e reciproca risata.

Non si può trascurare di ricordare la sua passione per la lettura. S'era fatto amico il gestore di una nota libreria che gli portava settimanalmente non meno di una decina di libri. Gli argomenti erano vari: certamente minerali, ma anche fossili, musica, letteratura, matematica, e ancora monografie su paesi stranieri o di natura religiosa.



Bepi nella sua poltrona dove studiare e leggere

A tale proposito aveva frequentato e terminato gli studi della scuola di formazione teologica della Diocesi di Padova. Anche qui dunque la sua cultura era divenuta vastissima. Conosceva la vita di numerosi santi, tanto che girovagando per i mercatini s'era appassionato anche a statue lignee di natura religiosa. Nel tempo ne aveva accumulate alcune da S. Antonio, a varie Madonne e Cristi. Tra le sculture non poteva certo mancare anche la S. Barbara protettrice dei minatori, che la cara Maddalena mi volle regalare dopo la sua morte. Insomma la cultura di Bepi non aveva confini.

Tuttavia era il minerale che tra tutte le passioni primeggiava. Quanto abbiamo girato per l'Europa a caccia ora di questo ora di quel campione discutendo animatamente in auto su prezzi, rarità e difficoltà di reperimento. Ricordo ancora che al ritorno da Monaco pochi mesi prima della sua morte e profondamente malato, ma tenacemente legato alla vita, mi diceva "Paolo, la prossima primavera dobbiamo andare a Tisnov e poi a Sainte Marie aux Mines". Proprio così in quei posti non eravamo mai stati e da sempre sognavamo quelle mete che ora non potremo più raggiungere insieme.

"Ma un giorno non so dove ci rivedremo. Addio Bepi"

La spettroscopia micro-Raman: alcune applicazioni nelle Scienze della Terra

Fabrizio Nestola

Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova, Via G. Gradenigo 6, 35131 Padova

Introduzione

La spettroscopia micro-Raman è una tecnica non distruttiva estremamente efficace nell'identificazione e nella caratterizzazione di qualsiasi tipo di materiale, cristallino, amorfo, liquido, gassoso, organico e inorganico. Tale tecnica sta assumendo sempre maggiore rilevanza nelle Scienze della Terra in quanto non è solo in grado di identificare minerali e altri composti alla scala talvolta submicrometrica ma di identificare e spesso quantificare le componenti solide, liquide, gassose, includendo ioni poliatomici in soluzione anche in inclusioni fluide (si rimanda per approfondimenti ad estesi lavori di review come Nasdala et al. 2004 per quanto riguarda l'applicazione della spettroscopia micro-Raman alla mineralogia e Frezzotti et al. 2012 per una fondamentale revisione della tecnica applicata alle inclusioni fluide). Non trascurabile, infine, la possibilità di applicare la tecnica anche in condizioni non ambientali: esistono infatti metodologie per eseguire misure in spettroscopia micro-Raman in condizioni di pressioni e temperature estreme.

Il termine Raman è legato al fisico indiano Chandrasekhana Venkata Raman, premio Nobel nel 1931 e vissuto tra il 1888 ed il 1970. Apparentemente, Raman intraprese i suoi esperimenti grazie alla curiosità che gli nasceva dalle ragioni scientifiche legate al colore del mare. Gli esperimenti di Raman portarono alla scoperta di un nuovo effetto di scattering della luce (diffusione) anelastico. Tale effetto viene oggi detto "effetto Raman". L'effetto Raman descrive una variazione nella lunghezza d'onda della luce che si verifica quando un raggio interagisce con le vibrazioni molecolari di un composto. Di conseguenza, l'effetto Raman è legato a molti aspetti sia chimici che strutturali (alla scala atomica e molecolare) e quindi può fornire informazioni fondamentali sulla struttura della materia in ogni suo stato.

Il presente articolo non intende entrare nella trattazione teorica della tecnica Raman (si rimanda a Nasdala et al. 2004 per una tale trattazione) ma vuole fornire qualche importante esempio di applicazione della tecnica alle Scienze della Terra al fine di introdurre un lettore non esperto ad una metodologia analitica di assoluto rilievo e probabilmente di utilizzo non così complesso.

La strumentazione principale per l'applicazione della tecnica è lo spettrometro micro-Raman. A titolo di esempio, in Figura 1 si riporta lo spettrometro micro-Raman utilizzato attualmente dal Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova. Si tratta di un Thermo Fisher Scientific DXR equipaggiato con microscopio binoculare, obiettivi da 10 a 100x, doppio laser (532 e 780 nm), configurazione confocale e stage motorizzato micrometrico per lo spostamento del campione. Lo strumento permette anche di effettuare mappe Raman alla scala micrometrica. E' corretto tuttavia menzionare che sul mercato internazionale esistono altre aziende produttrici di spettrometri micro-Raman altrettanto competitivi come la Horiba Scientific, la Renishaw e la Witec, per citarne alcune.

Applicazioni alle Scienze della Terra

Le principali applicazioni che verranno descritte nel presente articolo verranno focalizzate sull'analisi delle inclusioni (solide e fluide), dei polimorfi e sull'utilizzo della tecnica per la scoperta di nuove specie mineralogiche. Per l'applicazione della tecnica micro-Raman in condizioni estreme di pressione e temperatura si rimanda a Nasdala et al. (2004).

La spettroscopia micro-Raman e le inclusioni minerali

Tra le più importanti scoperte nella geologia della Terra profonda vi è senza alcun dubbio quella legata all'individuazione di un'inclusione intrappolata all'interno di un diamante naturale proveniente dalla famosa località diamantifera di Juina in Brasile, località nota per il ritrovamento dei cosiddetti super profondi.

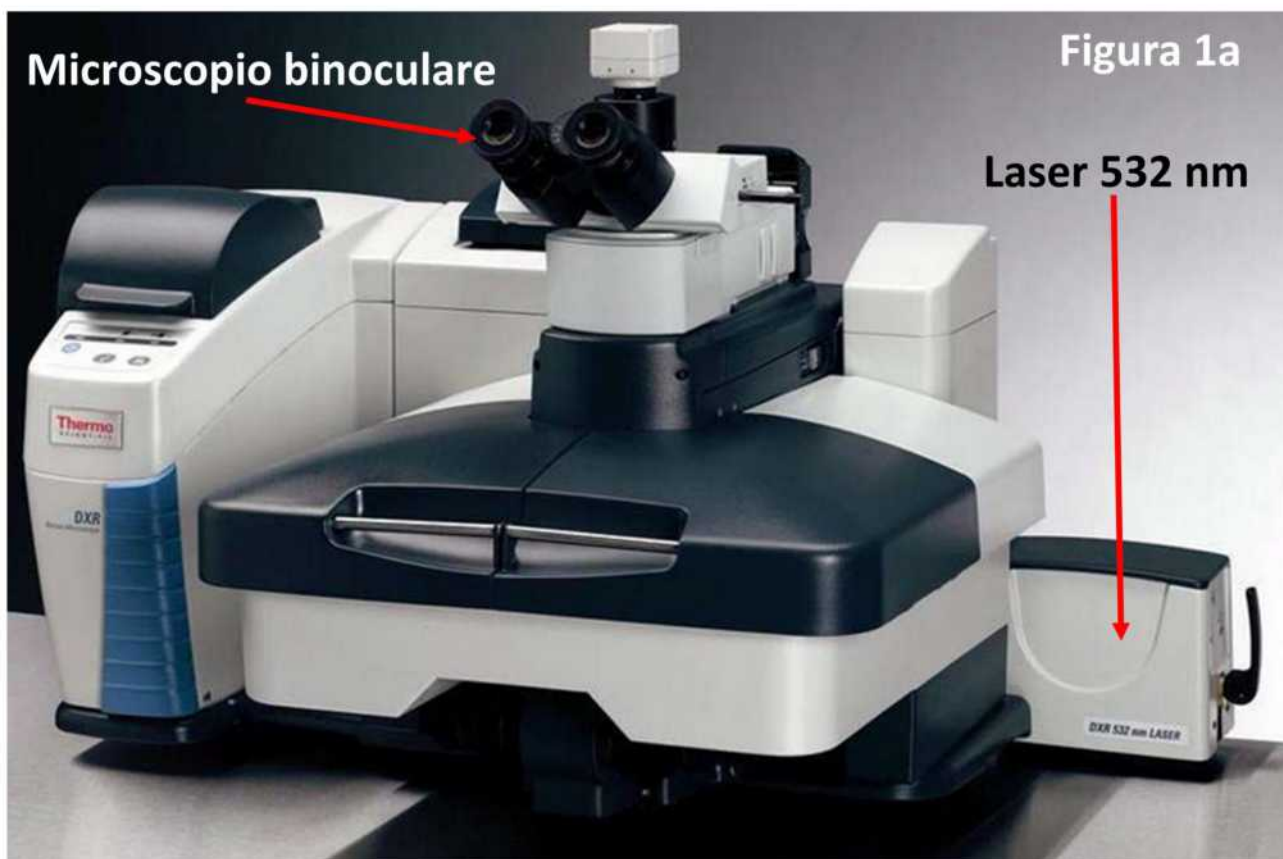
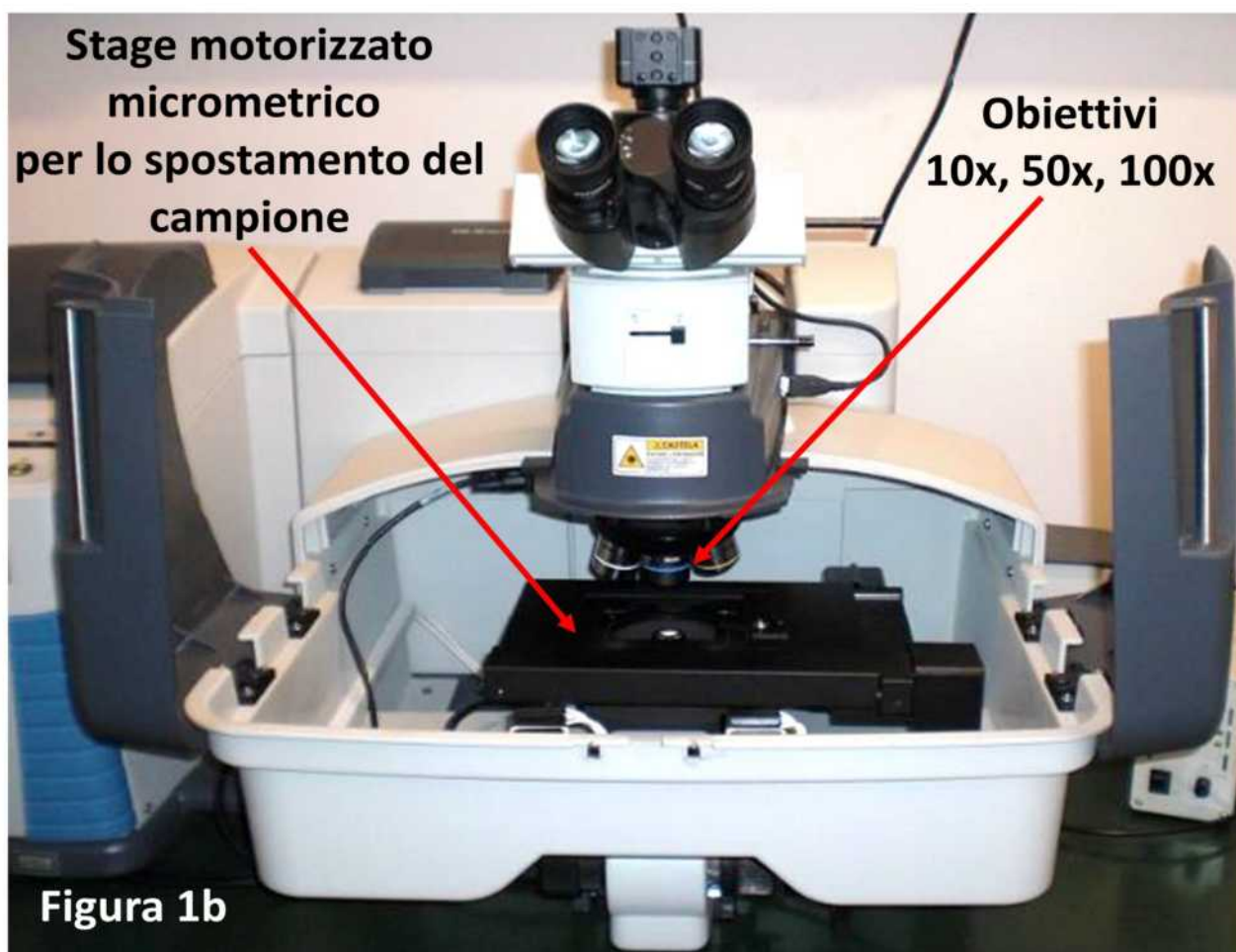


Figura 1. Spettrometro micro-Raman Thermo Fisher Scientific DXR installato presso il Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università degli Studi di Padova. In (a) lo strumento a pannelli chiusi al fine di evitare contatto diretto con i raggi laser; in (b) lo strumento aperto che permette di posizionare il campione manualmente.



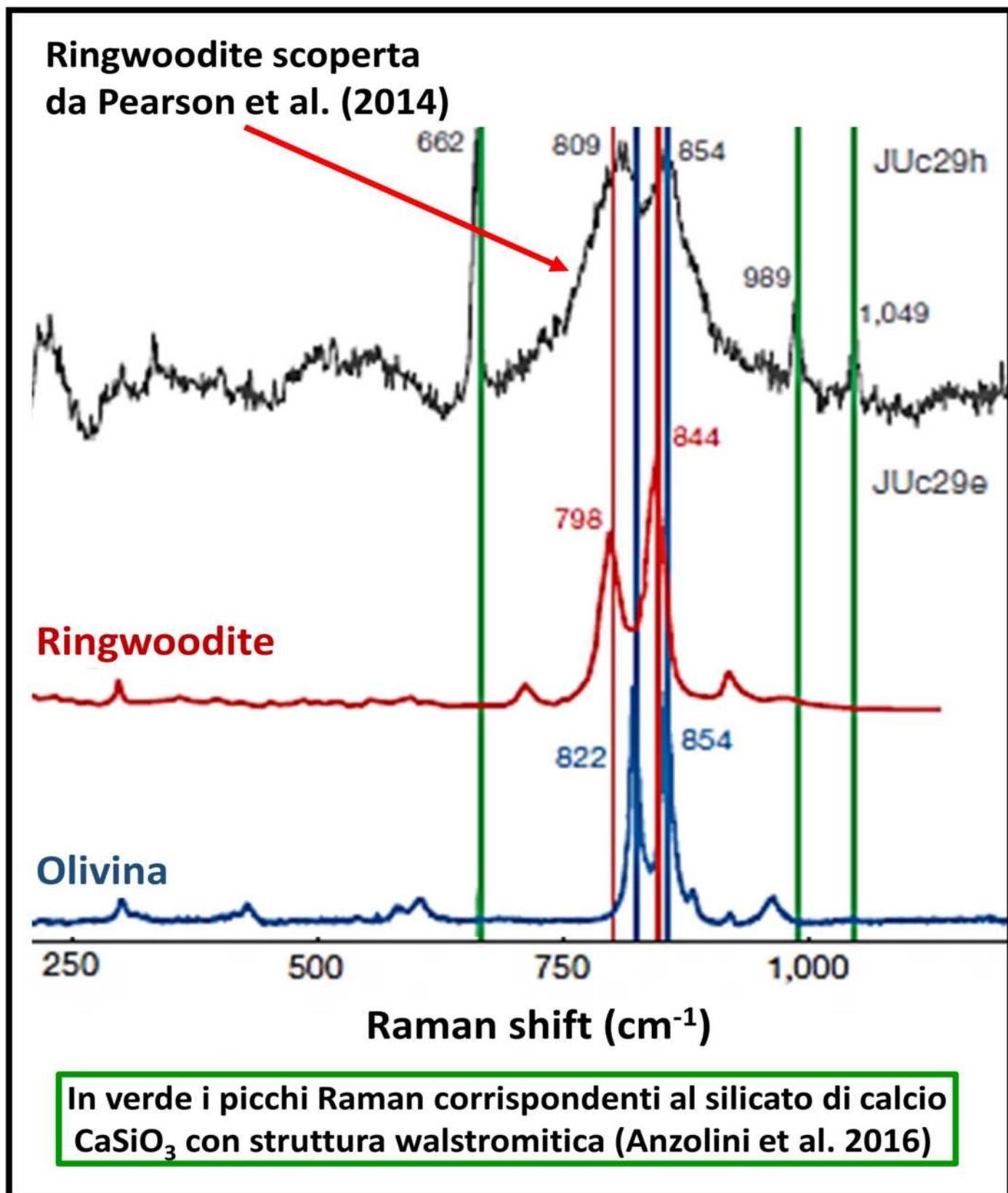


Figura 2. Spettri Raman di olivina e ringwoodite riportati da Pearson et al. (2014). Le figure sono state modificate rispetto a quelle originali.

La scoperta, effettuata da Pearson et al. nel 2014, ha permesso di individuare per la prima volta, ancora intrappolato all'interno di un diamante super profondo di circa 0.5 mm di dimensioni, un cristallo di ringwoodite (polimorfo di altissima pressione dell'olivina, con formula semplificata Mg_2SiO_4) grazie all'analisi in microscopia Raman (Figura 2).

Tale cristallo rappresenta il primo ritrovamento di ringwoodite terrestre (la prima ringwoodite naturale fu rinvenuta nella meteorite Tenham da Binns et al. nel 1969) e poiché in laboratorio può essere sintetizzato esclusivamente a pressioni corrispondenti tra 525 e 660 km di profondità (vedi Nestola 2015), Pearson et al. (2014) hanno dimostrato che i diamanti possono cristallizzare a profondità elevatissime nel nostro pianeta estendendo il ciclo del carbonio terrestre a profondità mai riportate prima. Tuttavia, la scoperta più eclatante effettuata su tale granulo di ringwoodite (delle dimensioni non superiori a 0.04 mm) è il suo contenuto in H₂O stimato essere intorno a 1.5% di H₂O contenuta all'interno della struttura cristallina (è da ricordare che le ringwooditi ritrovate nelle meteoriti derivanti dalla trasformazione dell'olivina a causa di impatti planetari non presentano H₂O). Considerando che la ringwoodite rappresenta circa il 34% della zona di transizione terrestre che si estenda dai 410 ai 660 km di profondità (Nestola 2015), la scoperta che tale minerale contiene l'1.5% di H₂O ha portato a rivalutare l'intero "serbatoio d'acqua terrestre". Stime recenti infatti hanno evidenziato che il possibile contenuto in H₂O sul nostro pianeta può arrivare ad essere 3-4 volte superiore (con una massa totale che passerebbe da $3.04 \cdot 10^{24}$ g a $12.10 \cdot 10^{24}$ g, vedi Nestola e Smyth 2016) a quello che si riteneva prima della scoperta della ringwoodite.

Di rilevanza non inferiore è stata la scoperta dei primi diamanti in rocce di alta pressione nelle Alpi Occidentali presso il Lago di Cignana in Valle d'Aosta nel 2011. La scoperta, effettuata da Frezzotti et al. (2011), documenta il primo ritrovamento di diamanti in rocce di subduzione di bassa temperatura (≈ 600° C) di chiara origine oceanica. Come si può osservare in Figura 3, i diamanti di dimensioni inferiori a 0.01 mm sono stati identificati grazie proprio all'utilizzo della tecnica micro Raman.

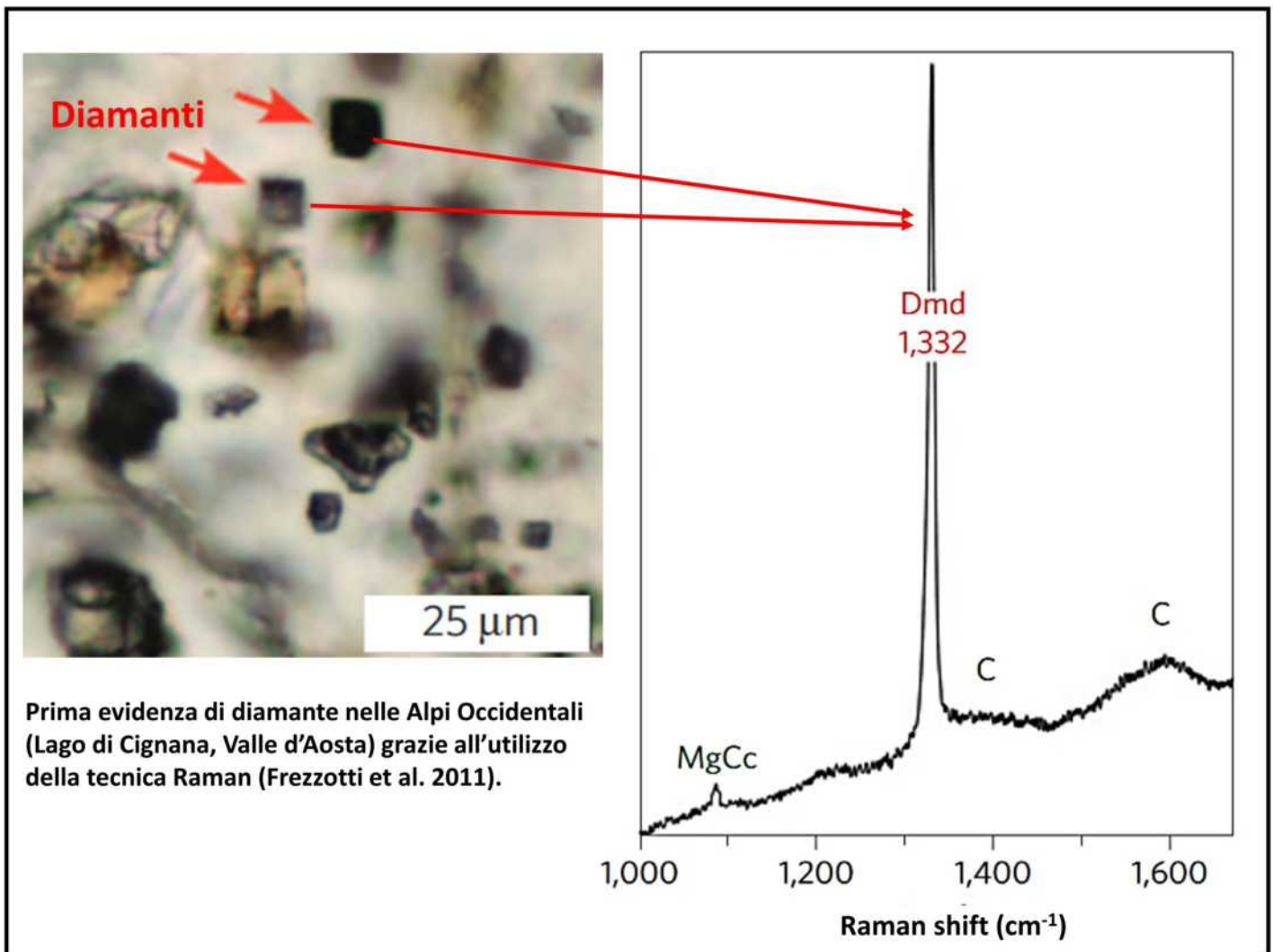


Figura 3. Primo ritrovamento di diamanti nelle Alpi Occidentali italiane. In figura si possono osservare almeno due granuli di diamante delle dimensioni inferiori a 0.01 mm ed il relativo spettro Raman (le figure sono state modificate e acquisite da Frezzotti et al. 2011).

La spettroscopia micro-Raman e le inclusioni fluide

Come detto nell'introduzione del presente articolo, la spettroscopia Raman è probabilmente la tecnica non distruttiva più utilizzata nello studio delle inclusioni fluide. Come ben descritto da Frezzotti et al. (2012) nel loro eccellente lavoro di revisione, tale tecnica può essere utilizzata nello studio delle inclusioni fluide attraverso un'ampia gamma di applicazioni: dall'identificazione qualitativa delle componenti solide, liquide e gassose dell'inclusione all'identificazione di ioni poliatomici in soluzione. Una delle principali applicazioni della tecnica Raman allo studio delle inclusioni fluide è senza dubbio quella che permette di calcolare la densità dei fluidi a CO₂, la chimica di fluidi acquosi, le proporzioni molari di miscele di gas costituenti le inclusioni con la possibilità di determinare anche le variazioni di pH e gli stati di ossidazione dei fluidi stessi (Frezzotti et al. 2012). A titolo di esempio, in Figura 4 viene riportata un'inclusione fluida all'interno di una fluorite contenente vapore, calcite e halite (Kesler et al. 2007). Dalla figura, è evidente come, considerate le dimensioni estremamente limitate dell'inclusione fluida e delle fasi che la compongono, la microscopia Raman risulti essere di gran lunga la tecnica più efficace ed in alcuni casi la sola tecnica capace di analizzarla. Si rimanda al lavoro di revisione di Frezzotti et al. (2012) per un approfondimento su quali fasi possano costituire le inclusioni fluide.

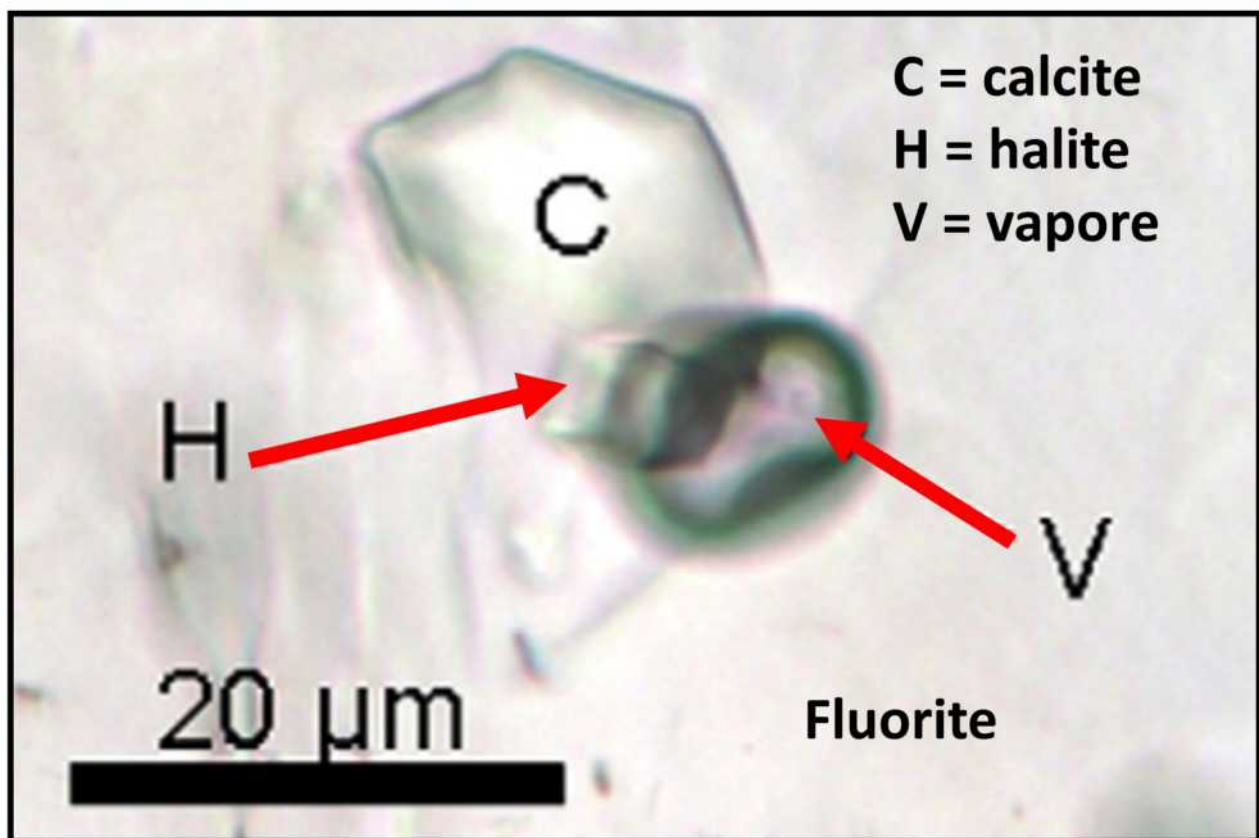


Figura 4. Esempio di inclusione fluida in fluorite (Kesler et al. 2007).

La spettroscopia micro-Raman e lo studio dei polimorfi

La spettroscopia micro-Raman è senza dubbio una delle principali tecniche sperimentali nell'analisi dei polimorfi. Ricordando che il polimorfismo è quel fenomeno per il quale composti cristallini con identica composizione chimica possano assumere diversi assetti strutturali alla scala atomica. Di conseguenza, due polimorfi saranno caratterizzati da due diversi spettri Raman. I polimorfi più comuni incontrati in natura sono senza dubbio la calcite e l'aragonite (CaCO₃), la grafite e il diamante (C), i polimorfi della silice SiO₂, quarzo-α – quarzo-β – tridimite – cristobalite – coesite – stishovite, i tre polimorfi del serpentino, antigorite-lizardite-crisotilo [Mg₃(Si₂O₅) (OH)₄], i silicati anidri di alluminio, cianite-sillimanite-andalusite (Al₂SiO₅).

In Figura 5 si riporta un tipico esempio di applicazione della tecnica Raman al polimorfismo: si può osservare un cristallo di un silicato anidro di alluminio di circa 0.05 mm di spessore ancora intrappolato all'interno di un diamante di 6 mm di lunghezza. Come si può notare, è possibile applicare la tecnica Raman in situ su un'inclusione di dimensioni molto limitate ancora intrappolata in un diamante a profondità molto elevate oltre 0.5 mm. In Figura viene riportato lo spettro Raman dell'inclusione che risulta essere il polimorfo di più alta pressione, la cianite.

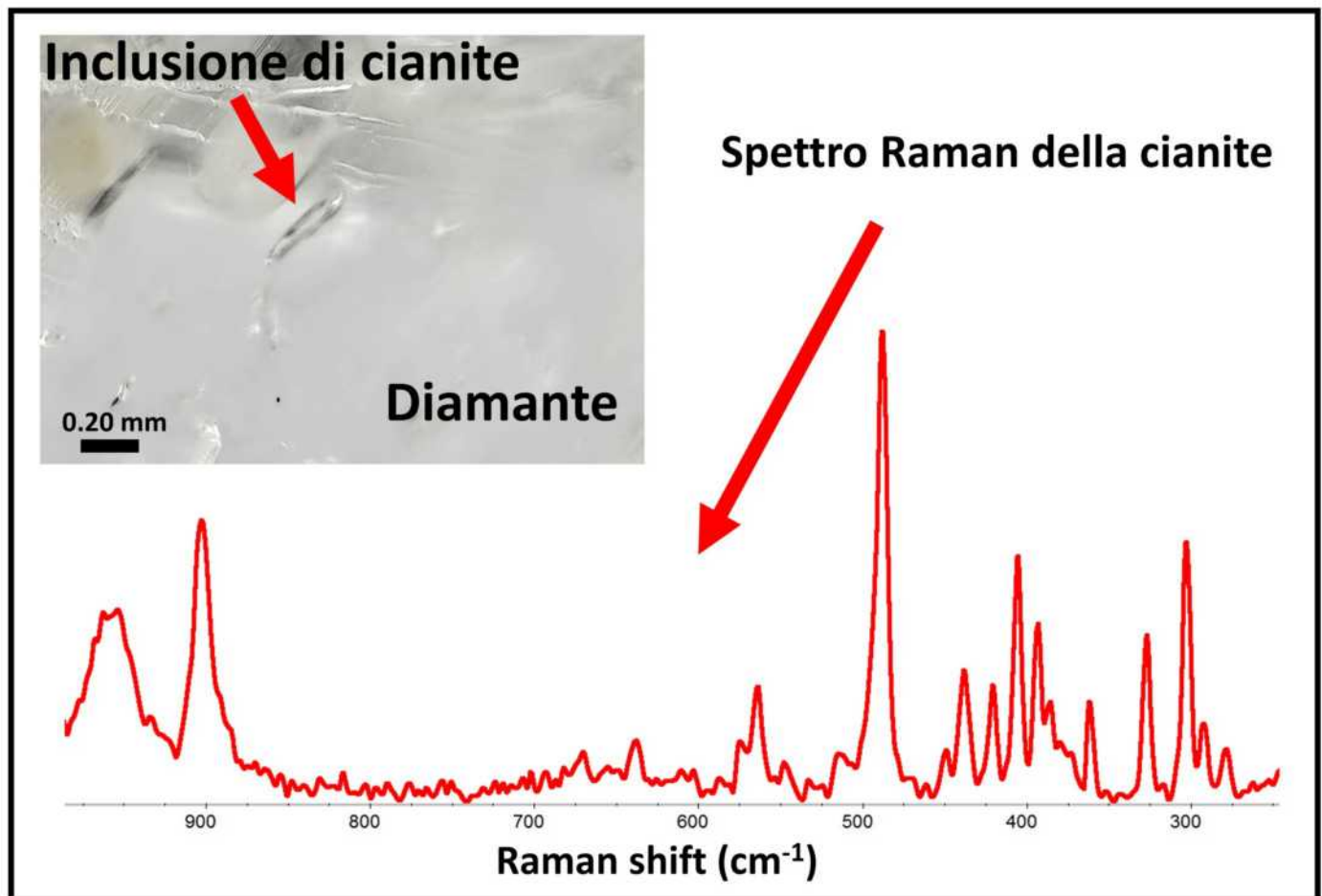


Figura 5. Inclusione di cianite e relativo spettro Raman ancora intrappolata all'interno di un diamante (Nestola, dati non pubblicati).

La spettroscopia micro-Raman nello studio di specie mineralogiche nuove

La spettroscopia micro-Raman è una tecnica ormai indispensabile nell'identificazione e caratterizzazione di nuove specie mineralogiche. Molto spesso la ricerca su nuove fasi si scontra con le dimensioni estremamente limitate dei campioni in studio. Negli ultimi anni si è assistito ad un significativo aumento di ritrovamenti di minerali nuovi con taglia cristallina spesso al di sotto di 0.05 mm. Come è ben noto, per poter ricevere un "nome" ufficiale le proposte scientifiche relative a nuovi minerali richiedono l'approvazione dalla "Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification (CNMNC)" dell'International Mineralogical Association (IMA). Nel caso di minerali di limitate dimensioni è spesso impossibile verificare la presenza di elementi leggeri, gruppi ossidrilici o molecole d'H₂O, gruppi carbonatici. Per fornire un esempio, dei circa 120 nuovi minerali approvati dall'IMA nel 2015 circa il 60% erano minerali idrati, con gruppi carbonatici e/o con elementi leggeri non individuabili tramite analisi chimiche di routine. Nonostante esistano tecniche di spettroscopia di massa per l'analisi di elementi leggeri, carbonati e materiali idrati (vedi la SIMS, Spettroscopia di Massa di Ioni Secondari), spesso i cristalli non possiedono taglia cristallina sufficiente per essere sottoposte a tali tecniche (che in aggiunta sono estremamente costose). Per questi minerali la tecnica micro-Raman per le sue specifiche caratteristiche è estremamente efficace.

A titolo di esempio, in Figura 6 si riporta il caso della fassinaite (IMA 2011-048) rinvenuto dal collezionista Bruno Fassina nel 2009 presso la miniera Trentini, Monte Naro, in provincia di Vicenza e pubblicato successivamente da Bindi et al. nel 2011. Considerata la particolare composizione chimica del minerale [nel 2011 era il primo minerale che mostrava la coesistenza di gruppi $(S_2O_3)^{2-}$ and $(CO_3)^{2-}$], è evidente che un'analisi convenzionale in microscopia elettronica a scansione non avrebbe facilmente portato al rilevamento del gruppo carbonatico ed un'analisi chimica qualitativa avrebbe semplicemente condotto ad un'errata interpretazione dei dati identificando la fassinaite come un semplice solfato di piombo. Tuttavia, come mostrato in Figura 6, la spettroscopia micro-Raman effettuata sul nuovo minerale ha messo in evidenza in modo molto netto l'assenza di modi vibrazionali tipici dell' H_2O e dell' OH e allo stesso tempo la presenza di modi vibrazionali tipici di gruppi carbonatici (es.: picco a 1063 cm^{-1} , si rimanda a Bindi et al. 2011 per un maggior dettaglio descrittivo dello spettro Raman).

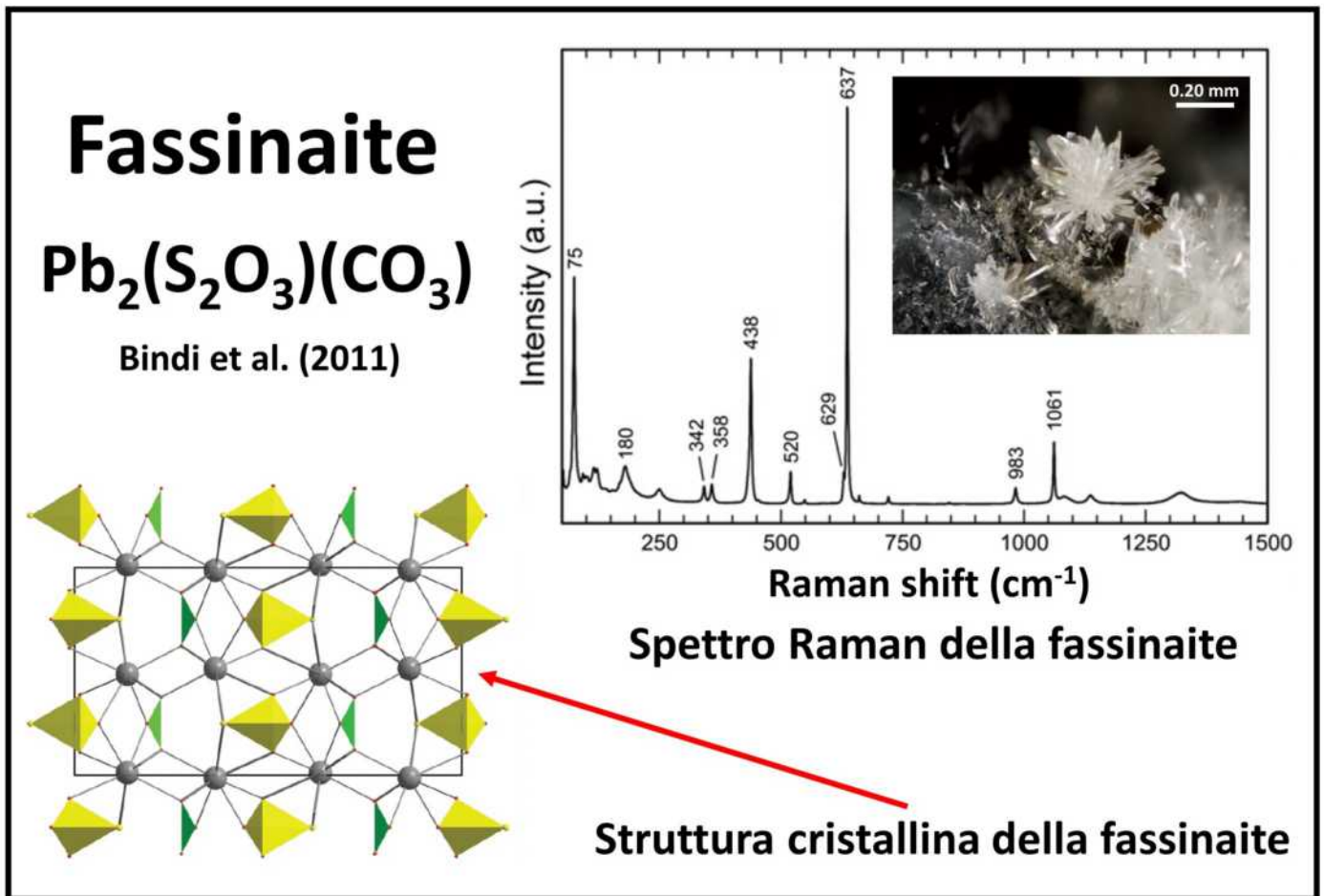


Figura 6. Il nuovo minerale fassinaite (Bindi et al. 2011). In figura in basso a sinistra è riportata la sua struttura cristallina (vista lungo l'asse c; gli atomi di Pb sono indicati con le sfere grigie, mentre i tetraedri gialli rappresentano i gruppi tiosolfati, infine, i triangoli in verde chiaro rappresentano i gruppi carbonatici; la figura è stata acquisita da Bindi et al. 2011 e successivamente modificata) mentre in alto a destra è riportato il suo spettro Raman con all'interno del riquadro una fotografia reale del campione originale.

Bibliografia

Anzolini, C., Angel, R.J., Merlini, M., Derzsi, M., Tokar, K., Milani, S., Krebs, M.Y., Brenker, F.E., Nestola, F., Harris, J.W. (2016) Depth of formation of CaSiO_3 -walsbyite included in super-deep diamonds. *Lithos*, doi: 10.1016/j.lithos.2016.09.025.

Bindi, L., Nestola, F., Kolitsch, U., Guastoni, A. (2011) Fassinaite, $\text{Pb}_2^{2+}(\text{S}_2\text{O}_3)(\text{CO}_3)$, the first mineral with coexisting thiosulphate and carbonate groups: description and crystal structure. *Mineralogical Magazine*, 75, 2721–2732.

Binns, R.A., Davis, R.J., Reed, J.B. (1969) Ringwoodite, natural $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ spinel in the Tenham meteorite. *Nature*, 221, 943-944.

Frezzotti, M.L., Tecce, F., Casagli, A. (2012) Raman spectroscopy for fluid inclusion analysis. *Journal of Geochemical Exploration*, 112, 1–20.

Frezzotti, M.L., Selverstone, J., Sharp, Z.D., Compagnoni, R. (2011) Carbonate dissolution during subduction revealed by diamond-bearing rocks from the Alps. *Nature Geoscience*, 4, 703-706.

Kesler, S.E., Reich, M., Marlon, J. (2007) Geochemistry of fluid inclusion brines from Earth's oldest Mississippi Valley-type (MVT) deposits, Transvaal Supergroup, South Africa. *Chemical Geology*, 237, 274-288.

Nasdala, L., Smith, D.C., Kaindl, R., Ziemann, M.A. (2004) Raman spectroscopy: analytical perspectives in mineralogical research. In "Spectroscopic Methods in Mineralogy" Eds. Beran A. and Libowitzky E. *EMU Notes in Mineralogy*, Volume 6, p. 281-344.

Nestola, F. (2015) Ringwoodite: its importance in Earth Sciences. In: "Highlights in Mineralogical Crystallography". Eds. T. Armbruster and R.M. Danisi. De Gruyter, Berlin

Nestola, F., Smyth, J.R. (2016) Diamonds and water in the deep Earth: a new scenario. *International Geology Review*, 58, 263-276.

Pearson, D.G., Brenker, F.E., Nestola, F., McNeill, J., Nasdala, L., Hutchison, M.T., Matveev, S., Mather, K., Silversmit, G., Schmitz, S., Vekemans, B., Vincze, L. (2014) Hydrous mantle transition zone indicated by ringwoodite included within diamond. *Nature*, 507, 221-224.

Il bacino termale euganeo: lo stato dell'arte

Paolo Fabbri ^(a, b), Marco Pola ^(a, b), Leonardo Piccinini ^(a, b), Dario Zampieri ^(a, b)

(a) Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova. Via G. Gradenigo, 6. 35131. Padova. Italy. E-mail dell'autore di riferimento: paolo.fabbri@unipd.it

(b) Idrostrutture di Sistemi Geotermici (GSH), Centro Studi Interdipartimentale di Economia e Tecnica dell'Energia "Giorgio Levi Cases", Università di Padova

INTRODUZIONE

Il Bacino Termale Euganeo (BTE) è una delle aree termali più note dell'Italia settentrionale e con i suoi 95 stabilimenti di cura dotati di oltre 200 piscine rappresenta la più grande stazione termale d'Europa. Il campo termale si estende nella parte centrale del Veneto lungo una fascia pedecollinare localizzata ad oriente dei Colli Euganei e a sud-ovest di Padova (Fig. 1A). L'area coperta è di circa 25 km² e interessa principalmente i comuni di Abano Terme e Montegrotto Terme, nella parte settentrionale, e i comuni di Battaglia Terme e Galzignano Terme, nella porzione meridionale (Fig. 1B).

Le sorgenti termali dell'area euganea erano note già in epoca romana e le acque che ne sgorgavano naturalmente venivano usate per scopi terapeutici. A partire dal XX secolo si iniziarono a perforare i primi pozzi per aumentare la disponibilità di acque termali. I primi pozzi si spingevano solo fino a pochi metri nel sottosuolo e, per soddisfare le richieste crescenti dell'industria turistica, furono perforati più di 400 pozzi nell'intera zona mineraria con un forte incremento nelle decadi 1960-1970. Attualmente il BTE è suddiviso in 140 concessioni minerarie per l'utilizzo delle risorse termali (Fig. 2) di cui il 54% ad Abano Terme, il 29% a Montegrotto Terme, il 7% a Battaglia Terme, il 5% a Galzignano Terme e il restante 5% nei comuni limitrofi. Nel 2014 i pozzi attivi nell'area termale erano 145 e sono stati estratti circa 14*10⁶ m³/anno di acque ad elevata temperatura. Le acque estratte vengono utilizzate principalmente per scopi terapeutici e balneologici, ma talvolta trovano impiego per il riscaldamento delle strutture alberghiere e per la floricultura. A partire dagli anni 70 sono stati effettuati numerosi studi di carattere geologico, idrogeologico e geochemico per comprendere l'origine dei fluidi termali e la loro circolazione nel sottosuolo (Piccoli et al., 1973; Norton & Panichi, 1978; Antonelli et al., 1993; Fabbri, 1997; Gherardi et al., 2000; Fabbri, 2001; Fabbri & Trevisani, 2005; Pola et al., 2014a; Pola et al., 2015a). Queste informazioni sono state utilizzate per proporre un modello concettuale regionale per la circolazione dell'acque termali euganee (Pola et al., 2015b) di carattere multidisciplinare e in accordo con le più recenti conoscenze geologico strutturali. Il modello concettuale è stato successivamente validato attraverso una modellazione numerica con un software per la modellazione di sistemi idrogeologici a densità variabile (Pola et al., 2015b). Il presente lavoro ha lo scopo di fornire un quadro generale sulle attuali conoscenze riguardo al Sistema Geotermale Euganeo (SGE), nonché di illustrare alcuni risultati delle ricerche in corso di svolgimento per migliorare le conoscenze idrogeologiche del BTE e raggiungere uno sfruttamento sempre più oculato e sostenibile della risorsa termale.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Inquadramento geologico

La successione stratigrafica delle formazioni geologiche che si riscontrano nel sottosuolo del BTE è stata ricostruita a partire dagli anni Novanta grazie allo studio sedimentologico di campioni di roccia prelevati durante le numerose perforazioni effettuate, che raggiungono anche 1 km di profondità (Antonelli et al., 1993; Rosignoli, 2003). Il termine più superficiale della successione stratigrafica euganea è rappresentato da un'alternanza di sabbie, argille e limi di età Quaternaria con spessore variabile da alcune decine di metri (Battaglia Terme, Galzignano Terme e localmente a Montegrotto Terme) fino ad oltre 200 metri (Abano Terme). Al di sotto del materasso alluvionale quaternario, è stata riconosciuta una successione di rocce sedimentarie carbonatiche e dolomitiche del Mesozoico e Cenozoico interrotte localmente dalla presenza di rocce magmatiche del Paleogenico. Le formazioni geologiche rinvenute sono, dal termine più superficiale a quello più profondo: formazione di Torreglia (Eocene Inferiore - Oligocene Inferiore; anche nota come formazione delle Marne Euganee), formazione della Scaglia Rossa (Cretaceo Superiore - Eocene Inferiore), formazione della Scaglia Variegata Alpina (Cretaceo Inferiore - Cretaceo Superiore),

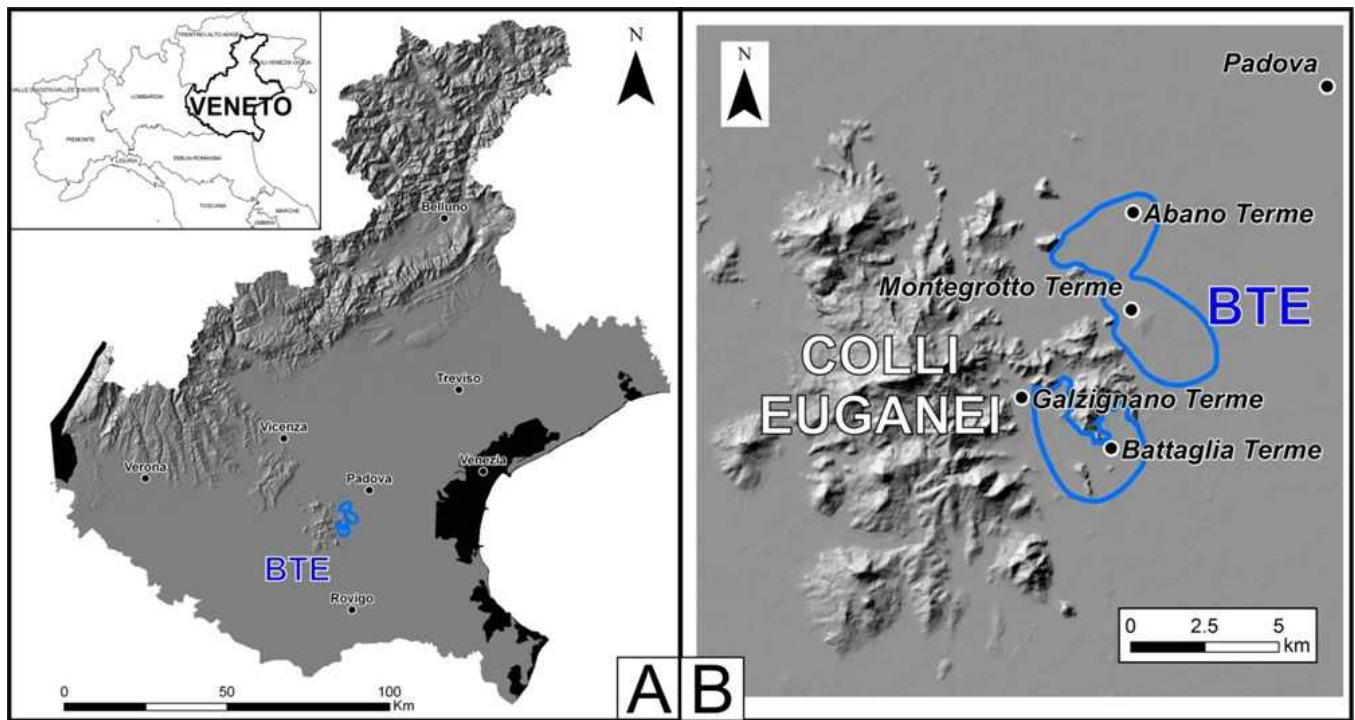


Figura 1 - Inquadramento geografico del Bacino Termale Euganeo. L'area termale è situata nella parte centrale del Veneto (A) ad Est dei colli Euganei e a Sud-Ovest di Padova (B).

formazione della Maiolica (Giurassico Superiore - Cretaceo Inferiore), formazione del Rosso Ammonitico (Giurassico Superiore), formazione dei Calcari Grigi (Giurassico Inferiore - Medio), formazione della Dolomia Principale (Triassico Superiore). Le rocce magmatiche (Eocene Superiore - Oligocene Inferiore) invece sono costituite principalmente da rioliti e trachiti, ed in minor misura da latiti e basalti. Le formazioni geologiche rinvenute sono perciò analoghe a quelle che costituiscono parte della successione stratigrafica del Veneto e che affiorano sui Colli Euganei (Cucato et al., 2011). Si può quindi supporre che al di sotto di esse si trovino le altre formazioni fino al Basamento Cristallino del Permiano come osservato nella perforazione del pozzo profondo Legnaro 1 situato a Sud di Padova.

Le stratigrafie dei pozzi hanno permesso inoltre di ricostruire l'assetto geologico-strutturale del sottosuolo dell'area termale. Il substrato roccioso è suddiviso in un mosaico di blocchi da tre sistemi di faglie normali con direzione NNE-SSO, E-O e NNO-SSE. Queste faglie sono parallele alle fratture osservate in affioramento sul colle di travertino del Montirone di Abano Terme (direzioni principali: NNE-SSO, ONO-ESE, NO-SE; Pola et al., 2014a) e sono riconducibili all'interazione fra le faglie del sistema di faglie della Schio-Vicenza in prossimità del BTE. Il sistema di faglie della Schio-Vicenza si estende al di sotto della copertura alluvionale della pianura veneta per circa 120 km dal piede delle Prealpi fino al delta del Po. Esso è composto da faglie ad alto angolo con direzione prevalente NO-SE o NNO-SSE che frammentano il substrato in un mosaico di blocchi che si approfondiscono andando verso Est (Pola et al., 2014b). Il sistema di faglie si è formato durante il Mesozoico a causa della tettonica estensionale che interessava l'area veneta (Zampieri, 1995; Masetti et al., 2012). Successivamente è stato riattivato durante i cicli flessurali che hanno interessato la pianura veneto-friulana (Fantoni et al., 2002) ed è stato particolarmente attivo durante l'ultimo ciclo flessurale del Pliocene-Quaternario. In particolare, esso ha accomodato sia una flessurazione verso Sud attraverso un movimento verticale "a forbice" sia il movimento verso Nord della parte orientale della placca Adria con una cinematica trascorrente o transtensiva sinistra (Pola et al., 2014b).

Si può supporre una relazione diretta fra il sistema di faglie della Schio-Vicenza e il Sistema Geotermale Euganeo (Zampieri et al., 2009). Infatti le faglie sono considerate le zone preferenziali per il flusso di fluidi nel sottosuolo (Curewitz & Karson 1997; Faulkner et al., 2010), poiché la zona di danneggiamento di una faglia è composta da faglie e fratture secondarie interconnesse che aumentano la permeabilità locale della roccia.

L'acquifero attualmente più sfruttato si trova ad una profondità compresa fra 300 m e 500 m dal piano campagna all'interno della formazione della Maiolica. L'assetto idrogeologico di questo acquifero è stato studiato in dettaglio mediante mappe di trasmissività (Fabbri, 1997) e di temperatura (Fabbri, 2001; Fabbri & Trevisani, 2005). Il livello potenziometrico di questo acquifero è attualmente alcuni metri al di sotto del piano campagna e mostra variazioni stagionali riconducibili all'estrazione dei fluidi termali e alle stagioni turistiche (Pola et al., 2015a). Inoltre, i sondaggi più profondi hanno permesso di evidenziare la presenza di un altro acquifero termale situato ad una profondità compresa fra 800 m e 1000 m nelle formazioni dei Calcari Grigi e della Dolomia Principale. L'acquifero profondo, a causa del suo modesto sfruttamento, è caratterizzato da un livello potenziometrico solitamente al di sopra del piano campagna ed una temperatura superiore a quella dell'acquifero soprastante. L'assetto idrogeologico di questo acquifero è stato studiato marginalmente a causa della scarsità di pozzi che lo attraversano ed è oggetto delle ricerche in corso di svolgimento. Infine, sono stati rinvenuti alcuni acquiferi termali discontinui all'interno degli orizzonti sabbiosi del materasso alluvionale quaternario. La temperatura delle acque ospitate all'interno di questi acquiferi, attualmente non sono più sfruttati, è inferiore rispetto a quella delle acque negli acquiferi in roccia. Tutti gli acquiferi presentano variazioni stagionali di livello potenziometrico analoghe, suggerendo una connessione idraulica fra i vari acquiferi.

IL SISTEMA GEOTERMALE EUGANEO

Modello concettuale

Le conoscenze geologiche e idrogeologiche sul Bacino Termale Euganeo (BTE) e le caratteristiche idrochimiche dei fluidi termali sono state utilizzate per proporre un modello di circolazione delle acque euganee (Fig. 3; Pola et al., 2015b). Questo modello si basa sull'assunzione, largamente comprovata nella letteratura scientifica, che faglie e fratture costituiscono delle vie preferenziali per il flusso di fluidi ad elevata temperatura nel sottosuolo (Curewitz & Karson 1997; Faulkner et al., 2010).

Si può osservare che il BTE è situato in corrispondenza di una zona in cui le faglie del sistema Schio-Vicenza si sovrappongono costituendo una zona di interazione. Questa particolare struttura geologica favorisce la fratturazione del substrato, l'incremento della permeabilità locale delle formazioni geologiche nel sottosuolo e la risalita dei fluidi termali da elevate profondità. La risalita dal serbatoio geotermico profondo avviene probabilmente lungo fratture aperte con orientazione ESE-ONO, analoghe a quelle osservate sul colle del Montirone (Pola et al., 2014a). La presenza di questa via preferenziale per il flusso è stata evidenziata anche dall'anisotropia del variogramma superficiale della trasmissività studiato per l'acquifero termale più sfruttato (Fabbri, 1997). Questa anisotropia indica una direzione in cui la trasmissività ha valori simili e quindi verosimilmente delle fratture aperte nel sottosuolo. I fluidi termali risalgono lungo le fratture e successivamente si espandono lateralmente in orizzonti permeabili per fratturazione localizzati ad una profondità compresa fra 300 e 1000 m nelle formazioni della Maiolica, dei Calcari Grigi e della Dolomia Principale. La risalita dalle zone più profonde avviene in un tempo abbastanza breve vista la differenza minima fra la temperatura massima delle acque misurata nei pozzi e la temperatura stimata nel serbatoio geotermico. L'espansione laterale si osserva principalmente nell'acquifero situato a 300-500 m di profondità, poiché si misurano temperature più basse allontanandosi dalle principali vie di risalita (Gherardi et al., 2000; Fabbri, 2001). Inoltre, approfondendo le perforazioni nelle zone a temperatura minore, si rinvenivano comunque fluidi ad alta temperatura. La presenza di condotti e cavità carsiche, rinvenute nelle formazioni calcaree, e di corpi magmatici intrusi nella successione sedimentaria aumentano le discontinuità del substrato e favoriscono la risalita dei fluidi termali. Localmente le acque termali possono risalire ulteriormente verso la superficie formando degli acquiferi termali a temperature "basse" all'interno degli orizzonti sabbiosi della copertura alluvionale. In particolare, sono state osservate temperature di 48°C a 56 m dal piano campagna e 79°C a 136 m dal piano campagna. Non esiste quindi un unico acquifero situato nel basamento roccioso ma un insieme di orizzonti parzialmente comunicanti tra loro. La loro connessione idraulica è dimostrabile grazie dalla corrispondenza fra le variazioni stagionali di livello potenziometrico osservate nei differenti acquiferi. Oltre allo sviluppo della zona di interazione fra faglie nel sottosuolo del BTE, il sistema di faglie della Schio-Vicenza esercita un ruolo molto importante nella parte mediana del circuito idrotermale. E' ampiamente accettato nella letteratura scientifica che la permeabilità della zona di danneggiamento di una faglia è di due o tre ordini di grandezza maggiore rispetto alla roccia indeformata a causa della presenza di faglie e fratture secondarie che ne incrementano la permeabilità locale (Faulkner et al., 2010).

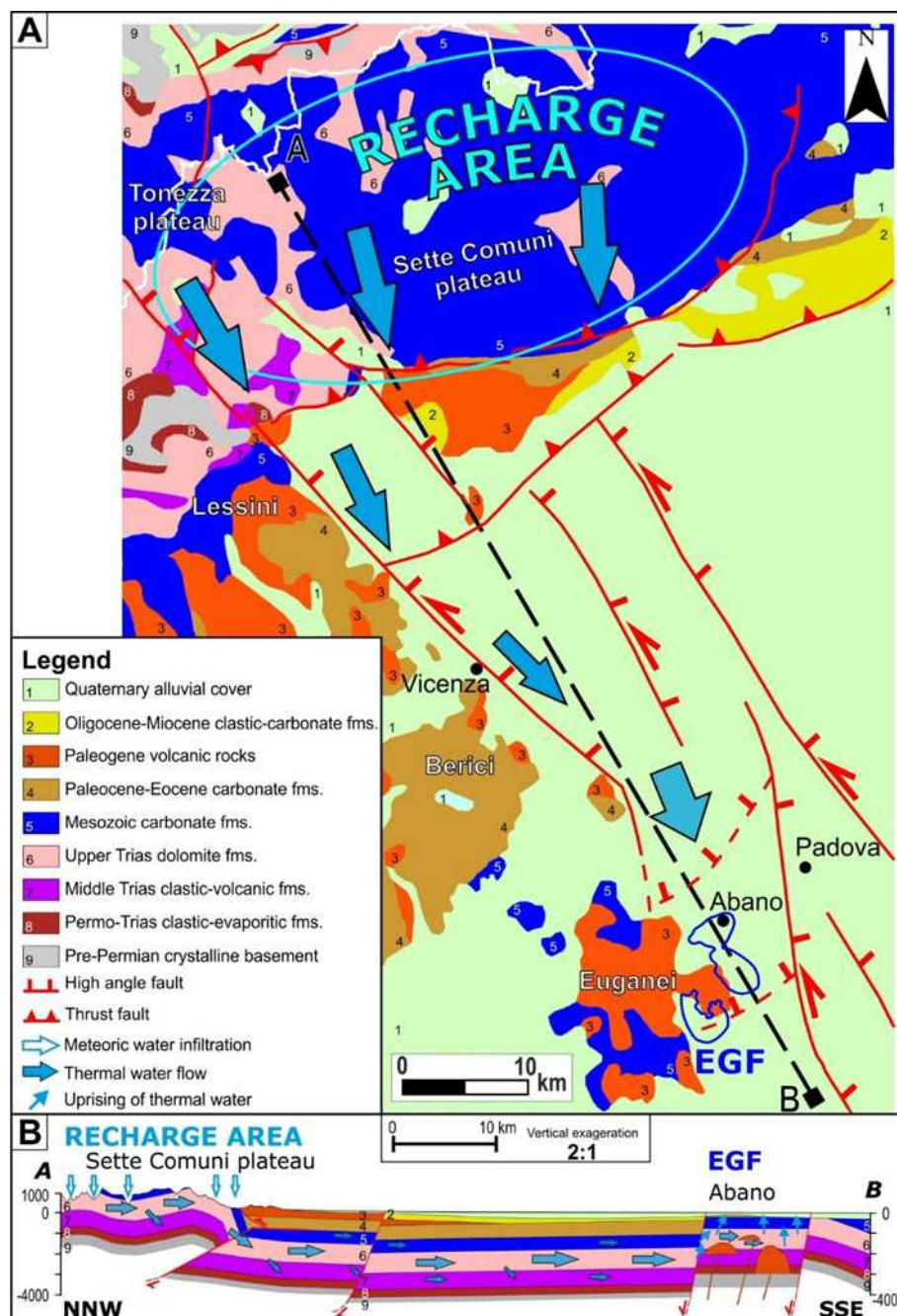


Figura 3 (tratta da Pola et al., 2015b) - Modello concettuale di circolazione del Sistema Geotermale Euganeo in pianta (A) e in sezione (B). Si noti l'influenza della faglia Schio-Vicenza nello sviluppo del sistema termale (A) e la continuità delle formazioni carbonatiche Mesozoiche dalla zona di ricarica alla zona di captazione dei fluidi termali (B). L'acronimo EGF in entrambe le immagini indica il Bacino Termale Euganeo.

Nella zona deformata dalla faglia Schio-Vicenza, è plausibile pensare che le formazioni carbonatico-dolomitiche mesozoiche dell'acquifero termale siano caratterizzate da un'elevata permeabilità e che la loro fratturazione favorisca il flusso delle acque dalla zona di ricarica fino all'area euganea. In questa parte del circuito le formazioni che costituiscono il serbatoio termale sono localizzate ad una profondità compresa fra 2 e 3 km. Quindi tenendo conto della presenza di un flusso di calore normale, ma dell'elevata permeabilità del sottosuolo, le acque in profondità potrebbero raggiungere anche temperature oltre i 100°C, creando nell'area euganea un gradiente anormale.

Procedendo ulteriormente verso Nord dalla zona interessata dal sistema di faglie della Schio-Vicenza, si riscontra un'area delle Prealpi venete in cui affiorano le formazioni carbonatico-dolomitiche del Mesozoico e che quindi potrebbe essere la zona di ricarica del sistema termale. Quest'area è costituita dall'altopiano dei Sette Comuni e di Tonezza e dai rilievi limitrofi, che presentano un'altitudine compresa fra 87 m s.l.m. e 2341 m s.l.m. (altitudine media di 1317 m s.l.m.). Si tratta di un massiccio dalla forma quadrangolare delimitato da un sistema di grandi scarpate e caratterizzato dall'assenza di una rete di corsi d'acqua

perenni, pur in presenza di apporti meteorici consistenti (circa 1500 mm/anno). Infatti l'acqua piovana si infiltra rapidamente nel sottosuolo attraverso le numerose cavità carsiche e gran parte delle acque infiltrate sono drenate dal sistema di sorgenti situate nella valle del Brenta con una portata media complessiva di circa 15 m³/s. Dal bilancio idrologico dell'area (Aurighi et al., 2004), risulta un disequilibrio fra la portata in uscita dalle sorgenti (860 mm/anno) e le precipitazioni che si infiltrano nel sottosuolo (1120 mm/anno): la parte di infiltrazione non bilanciata è pari a 260 mm/anno e parte di essa potrebbe costituire la ricarica del sistema termale euganeo. Inoltre, l'altitudine media dell'area è comparabile con la quota di infiltrazione di circa 1500 m s.l.m. stimata mediante gli isotopi stabili dell'ossigeno e dell'idrogeno nelle acque termali, corroborando l'ipotesi effettuata.

Schematizzando il modello concettuale proposto, le acque meteoriche precipitano sull'altopiano dei Sette Comuni e di Tonezza e si infiltrano grazie all'elevata fratturazione delle rocce affioranti. Dalla zona di ricarica, fluiscono verso Sud guidate dall'elevata fratturazione/permeabilità delle rocce serbatoio, collegabili alla zona di danneggiamento del sistema di faglie della Schio-Vicenza. In particolare la faglia Schio-Vicenza potrebbe agire da principale struttura di circolazione per le acque termali euganee. Le acque raggiungono una profondità di 2-3 km, raggiungendo elevate temperature legate ad un flusso termico normale ma ad una elevata permeabilità del sottosuolo euganeo. In corrispondenza del BTE, i fluidi termali intercettano una struttura di interazione fra faglie che favorisce la risalita veloce dei fluidi termali da zone profonde. Le acque risalgono attraverso le fratture e si espandono lateralmente in orizzonti fratturati situati ad una profondità compresa fra 1000 m e 300 m. Allo stato attuale delle conoscenze nessuna indicazione precisa può essere fatta riguardo al tempo di circolazione dei fluidi termali. L'elevata salinità delle acque suggerisce un lungo tempo di circolazione delle acque termali, stimabile sicuramente in maggiore di 90 anni (analisi di 3H) e probabilmente di alcune migliaia di anni (analisi di 14C; Boaretto et al., 2003).

Il modello concettuale descritto è quindi un modello a scala regionale, che si estende per una lunghezza di circa 80 km, una larghezza di circa 15 km e fino a 4 km nel sottosuolo. In particolare, nella sezione geologica tipo del circuito termale (Fig. 3B), si può notare la continuità delle formazioni carbonatiche-dolomitiche del Mesozoico dalla zona di ricarica fino alla zona di risalita dei fluidi termali.

CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO DEL BACINO TERMALE EUGANEO

Le ricerche in fase di svolgimento sul Sistema Geotermale Euganeo vengono condotte sia a scala regionale, con lo scopo di comprendere la circolazione dei fluidi termali, che a scala locale, per migliorare la caratterizzazione idrogeologica dell'area di recapito dei fluidi termali. L'attività di ricerca più importante, anche per la quantità e qualità dei dati a disposizione, è rappresentata dal monitoraggio in continuo del livello potenziometrico dell'acquifero termale più sfruttato posto da 300 m a 500 m di profondità dal piano campagna (Pola et al., 2015a). La quota della falda termale viene misurata da metà degli anni Settanta per mezzo di una rete di monitoraggio composta da nove idrometrografi (5 ad Abano Terme, 3 a Montegrotto Terme e 1 a Galzignano Terme) installati all'interno di altrettanti pozzi termali in disuso. La rete di monitoraggio del livello è stata integrata, a partire dagli anni Ottanta, con una rete di misuratori di portata installati su tutti i pozzi attivi dell'area termale per quantificare l'emungimento dei fluidi. L'analisi dei dati mostra una variazione stagionale di livello riconducibile ai differenti volumi estratti durante l'anno (Fig 4). Il regime naturale è perciò fortemente condizionato dall'azione antropica ed è caratterizzato da due massimi e tre minimi nell'arco dell'anno. I periodi di maggiore livello potenziometrico si osservano in estate ed inverno, ovvero nei periodi di bassa stagione alberghiera caratterizzati da una riduzione dei volumi estratti. Al contrario i periodi in cui il livello è minore si riscontrano ad inizio gennaio, ad inizio primavera (o fine inverno) ed autunno, cioè nei periodi di alta stagione alberghiera interessati da una maggiore estrazione di fluidi. E' evidente perciò che nei periodi in cui si registra una maggiore affluenza negli stabilimenti termali si osserva anche una diminuzione del livello della falda termale, seguito da un recupero di livello nei mesi in cui l'affluenza diminuisce. Una relazione analoga fra livello ed emungimento è stata osservata per tutte le serie temporali a disposizione, ed in particolar modo per gli idrometrografi localizzati nella parte centrale di Abano Terme caratterizzata da un'estrazione maggiore. Dopo uno sfruttamento intensivo della risorsa termale negli anni Settanta con una perdita di carico di circa 2,5 m ogni anno, negli anni Ottanta si è registrata una sostanziale stabilità di livello seguita da un trend di recupero a partire dagli anni Novanta fino ad oggi. In particolare, le medie annuali di livello dell'idrometrografo Barillari 2 di Abano Terme mostrano una relazione lineare con i volumi di fluidi estratti nell'area termale.

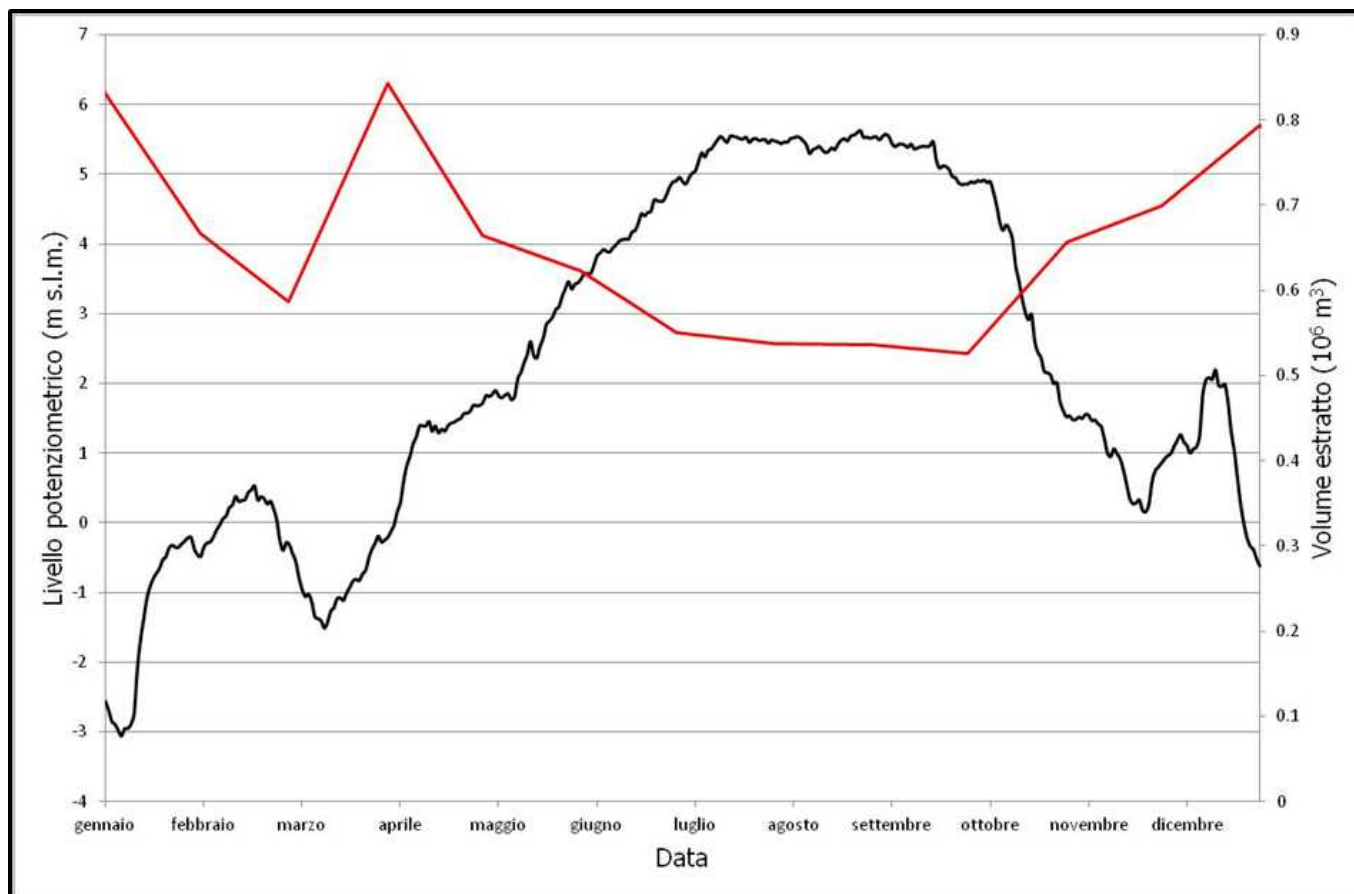


Figura 4 (tratta da Pola et al., 2015a) - Regime annuale del livello potenziometrico nel Bacino Termale Euganeo. Nel grafico è stato utilizzato il livello registrato dell'idrometrografo Rigati 2 (linea nera) e i consumi mensili dell'area termale Abano Terme relativi (linea rossa) nel 2011.

Questi valori sono stati utilizzati per calcolare il livello potenziometrico che si raggiungerebbe con una portata di $0,01 \cdot 10^6$ m³/anno corrispondente alla portata che fuoriusciva dalle sorgenti termali prima dell'estrazione forzata dei fluidi. E' stato così stimato un livello potenziometrico naturale di 22 m s.l.m. (circa 11 m sopra il piano campagna), analogo al livello misurato attualmente dall'idrometrografo di Galzignano Terme situato al di fuori delle zone di estrazione dei fluidi termali.

La relazione fra livello ed emungimento evidenziata puntualmente mediante la rete di monitoraggio, è in corso di validazione per tutta l'area termale. A questo scopo, sono state effettuate 5 campagne di monitoraggio areali, a partire da novembre 2014, in periodi di massima e minima estrazione. Durante le campagne sono stati misurati il livello, la temperatura delle acque e la portata di circa 130 pozzi termali con diverse profondità distribuiti fra Abano Terme e Montegrotto Terme. I valori misurati hanno permesso di costruire delle mappe di livello potenziometrico e di temperatura sia dell'acquifero situato da 300 m a 500 m di profondità che dell'acquifero da 800 m a 1000 m. I primi risultati ottenuti indicano che la relazione fra il livello potenziometrico e l'emungimento osservata puntualmente può essere in buona approssimazione applicabile per tutta l'area termale. Questo studio ha permesso inoltre di porre le basi per la caratterizzazione idrogeologica dell'acquifero profondo. E' infatti la prima volta che il livello, la temperatura e le portate estratte di questo acquifero vengono monitorate con una certa continuità permettendo di effettuare alcune ipotesi sulle sue caratteristiche idrogeologiche. L'acquifero profondo sarà oggetto in futuro di studi più approfonditi per caratterizzarne la trasmissività attraverso prove di portata e la temperatura in profondità attraverso sondaggi verticali di temperatura. Questi ultimi, uniti ai sondaggi di temperatura effettuati in passato su pozzi più superficiali, permetteranno di analizzare la distribuzione della temperatura nel sottosuolo in tre dimensioni e non solo arealmente come è stato effettuato fino ad ora (Fabbri, 2001; Fabbri & Trevisani, 2005). I dati ottenuti dagli studi locali verranno utilizzati come input del modello numerico a scala del solo Bacino Termale Euganeo e per validarne i risultati.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il Bacino Termale Euganeo e le sue acque ad elevata temperatura sono una risorsa naturale ed economica di primaria importanza per la regione del Veneto. Lo studio di tipo multidisciplinare effettuato nel corso degli ultimi trent'anni sia a scala regionale che a scala locale ha permesso di ottenere un quadro dettagliato del sistema termale ad essa collegato. Inoltre il quantitativo di informazioni geologiche, idrogeologiche e idrochimiche a disposizione rende l'area termale euganea un'ottima zona per testare nuovi approcci metodologici per lo studio delle acque termali. In questo ambito rientrano ad esempio le modellazioni numeriche a diverse scale che sono in corso di svolgimento. I risultati di questi modelli, assieme al controllo dei livelli, potranno essere di ausilio per razionalizzare la gestione della risorsa termale.

BIBLIOGRAFIA

- ANTONELLI R., CALLEGARI E., FABBRI P. & SEDEA R. (1993) - Recenti contributi alla conoscenza dell'idrostruttura del Bacino Termale Euganeo (Padova). *GEAM*, 79, pp. 49-55.
- AURIGHI M., CISOTTO A., DAL PRÀ A., JANZA M., MARIANI R., NORDICO M., SOCCORSO C., STECCANELLA D. & BARBIERI G. (2004) - Carta idrogeologica dell'Altopiano dei Sette Comuni. Regione Veneto, Giunta Regionale, 31pp.
- BOARETTO E., CARMI I., FABBRI P., HEINEMEIER J., SARTORI S., SVEINBJORNSDOTTIR A.E. & YECHIELI Y. (2003) - Radiocarbon in thermal and fresh groundwater in Veneto Region, Northern Italy. *Proceedings of the XVIII International Radiocarbon Conference*.
- CUCATO M., DE VECCHI GP., MOZZI P., ABBÀ T., PAIERO G. & SEDEA R. (2011) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 147 Padova Sud. LTS Land Technology & Services Padova e Treviso, 215 pp.
- CUREWITZ D. & KARSON J.A. (1997) - Structural settings of hydrothermal outflow: Fracture permeability maintained by fault propagation and interaction. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 79, pp. 149-168.
- FABBRI P. (1997) - Transmissivity the Euganean Geothermal Basin: a geostatistical analysis. *Groundwater*, 35, pp. 881-887.
- FABBRI P. (2001) - Probabilistic assessment of temperature in the Euganean geothermal area (Veneto region, NE Italy). *Mathematical Geology*, 33, pp. 745-760.
- FABBRI P. & TREVISANI S. (2005) - Spatial distribution of temperature in the geothermal Euganean field (NE, Italy): a simulated annealing approach. *Geothermics*, 34, pp. 617-631.
- FANTONI R., CATELLANI D., MERLINI S., ROGLEDI S. & VENTURINI S. (2002) - La registrazione degli eventi deformativi cenozoici nell'avampese veneto-friulano. *Memorie Società Geologica Italiana*, 57, pp. 301-313.
- FAULKNER D.R., JACKSON C.A.L., LUNN R.J., SCHLISCHE R.W., SHIPTON Z.K., WIBBERLEY C.A.J. & WITHJACK M.O. (2010) - A review of recent developments concerning the structure, mechanics and fluid flow properties of fault zones. *Journal of Structural Geology*, 32, pp. 1557-1575.
- GHERARDI F., PANICHI C., CALIRO S., MAGRO G. & PENNISI M. (2000) - Water and gas geochemistry of the Euganean and Berician thermal district (Italy). *Applied Geochemistry*, 15, pp. 455-474.
- KIPP K.L., HSIEH P.A. & CHARLTON S.R. (2008) - Guide to the revised groundwater flow and heat transport simulator - HYDROTHERM-3. *U.S.G.S. Techniques & Methods*, 6-A25, 160 pp.
- MASETTI D., FANTONI R., ROMANO R., SARTORIO D. & TREVISANI E. (2012) - Tectonostratigraphic evolution of the Jurassic extensional basins of the eastern southern Alps and Adriatic foreland based on an integrated study of surface and subsurface data. *AAPG bulletin*, 96, pp. 2065-2089.
- NORTON D. & PANICHI C. (1978) - Determination of the sources and circulation paths of thermal fluids: the Abano region, northern Italy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, pp. 1283-1294.
- PICCOLI G., DAL PRÀ A., SEDEA R., BELLATI R., DI LALLO E., CATALDI R., BALDI P. & FERRARA G.C. (1973) - Contributo alla conoscenza del sistema idrotermale Euganeo-Berico. *Atti Accademia Nazionale Lincei*, 9, pp. 103-131.
- POLA M., FABBRI P., PICCININI L., MARCOLONGO E., ROSIGNOLI A., ZAMPIERI D., ROGHEL A., ONISTO S. & ZAMPIERI E. (2015a) - Anthropogenic impact on thermal aquifer: the case study of the Euganean Geothermal Field (NE Italy). *Rendiconti online Società Geologica Italiana*, 35, pp. 240-243.
- POLA M., FABBRI P., PICCININI L. & ZAMPIERI D. (2015b) - Conceptual and numerical models of a tectonically controlled geothermal system: a case study of the Euganean Geothermal System, Northern Italy. *Central European Geology*, 58, pp. 129-151.
- POLA M., GANDIN A., TUCCIMEI P., SOLIGO M., DEIANA R., FABBRI P. & ZAMPIERI D. (2014a) - A multidisciplinary approach to understanding carbonate deposition under tectonically controlled hydrothermal circulation: a case study from a recent travertine mound in the Euganean Hydrothermal System, northern Italy. *Sedimentology*, 61, pp. 172-199.
- POLA M., RICCIATO A., FANTONI R., FABBRI P. & ZAMPIERI D. (2014b) - Architecture of the western margin of the North Adriatic foreland: the Schio-Vicenza fault system. *Italian Journal of Geoscience*, 133, pp. 223-234.
- ROSIGNOLI A. (2003) - Studio geologico ed idrogeologico dei campi idrotermali di Galzignano ed Abano Terme. Tesi di laurea inedita, Università di Padova.
- ZAMPIERI D. (1995) - Tertiary extension in the southern Trento Platform, southern Alps, Italy. *Tectonics*, 14, pp. 645-657.
- ZAMPIERI D., FABBRI P. & POLA M. (2009) - Structural constraints to the Euganean Geothermal Fields (NE Italy). *Rendiconti online Società Geologica Italiana*, 5, pp. 238-240.

Filippine, isola di Bohol, Chocolate Hills: storia geologica di un paesaggio straordinario

Franco Colombara socio GMPE



Figura 1 Chocolate hills, una vista d'insieme

Le Filippine sono un grande arcipelago che conta più di settemila isole, tenuto conto anche degli isolotti molto piccoli.

L'isola di Bohol è la decima per estensione territoriale e si trova nella zona centrale dell'arcipelago.

L'isola è una meta turistica piuttosto rinomata, grazie ad un mare interno che con le sue bellissime spiagge bianche e grandi lagune offre tutte le opportunità per le attività balneari, dal semplice soggiorno in spiaggia alla navigazione sotto costa, con snorkeling e immersioni nelle splendide barriere coralline.

Ma anche l'interno dell'isola presenta notevoli attrattive naturalistiche, come lembi di foresta tropicale primaria, mangrovie, cascate, fenomeni carsici. Tra tutte queste attrattive due sono veramente peculiari dell'isola di Bohol: la riserva naturale del tarsio delle Filippine e lo straordinario paesaggio delle Chocolate Hills.

Il tarsio delle Filippine

Pur esulando da argomenti geologici, penso valga la pena spendere due parole sul tarsio delle Filippine.

È un piccolo primate (l'ordine dei Primati comprende i tarsi, i lemuri, le scimmie e gli ominidi, perciò anche la nostra stessa specie) della famiglia Tarsidae (Tarsidi), che conta una decina di specie distribuite nel sud est asiatico. La specie *Carlito syrichta* è endemica delle Filippine ed è distribuita nella zona centro meridionale dell'arcipelago.

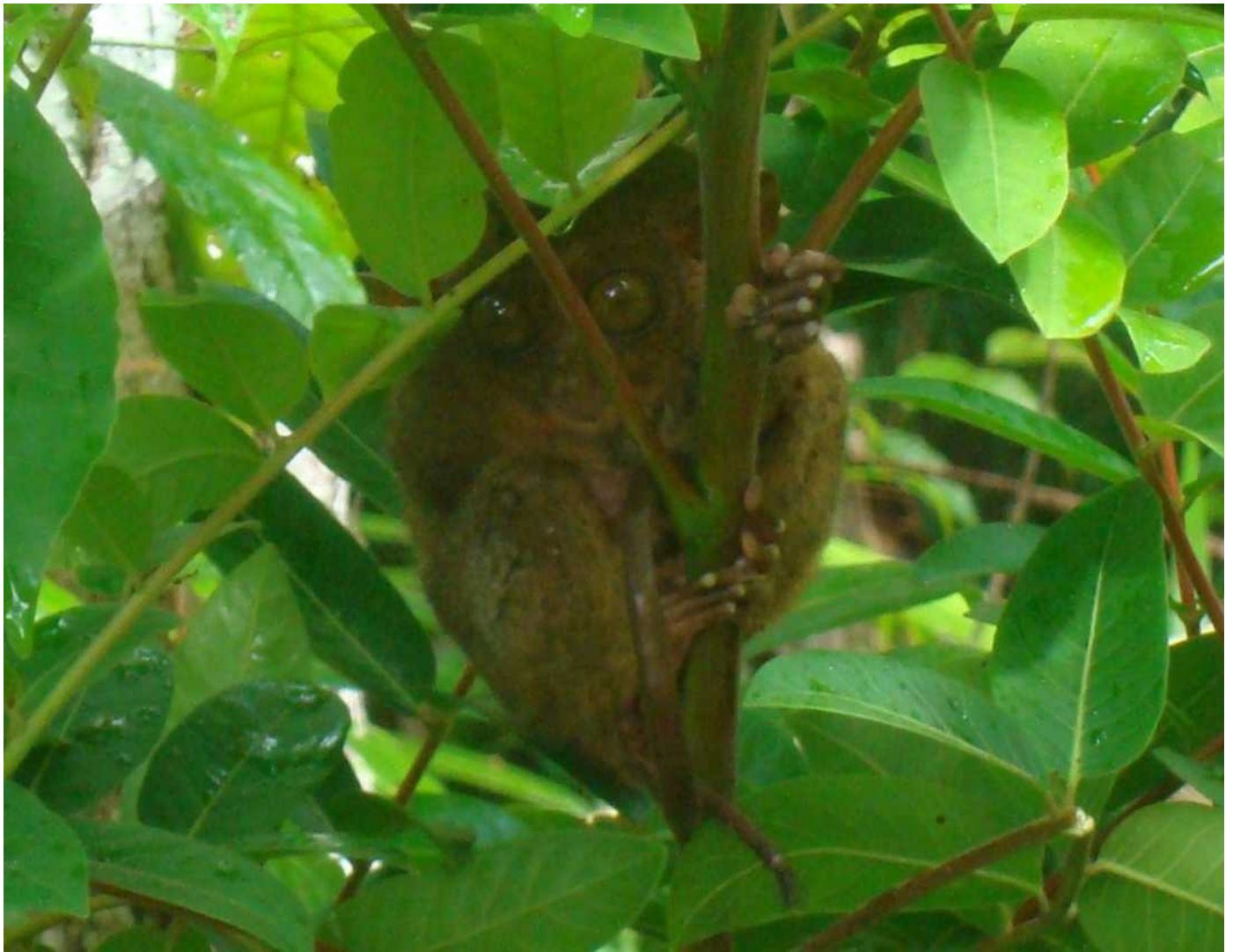


Figura 2 Carlito syrichta, il tarsio delle Filippine

Il tarsio delle Filippine misura circa quindici centimetri, ha abitudini notturne e dieta carnivora, prevalentemente insettivora, anche se non disdegna piccoli serpenti e saccheggia nidi di uccelli.

I tarsi sono un gruppo animale molto interessante per lo studio dell'evoluzione dei primati e un tassello importante per la biodiversità, ma sono generalmente minacciati di estinzione a causa dell'alterazione dei loro habitat.

Per i citati motivi si sono attivati in vari stati progetti di conservazione dei tarsidi.

Nell'isola di Bohol è stata istituita una grande riserva naturale dove il tarsio delle Filippine può vivere in condizioni naturali nel suo habitat ottimale, costituito da foreste umide, dense di vegetazione. Il popolamento di tarsi della riserva è molto più denso dei popolamenti naturali e pertanto questi animalotti si possono facilmente osservare visitando la riserva, anche perché sono inattivi durante il giorno e non sembrano affatto disturbati dalla presenza dei numerosi turisti.

Le Chocolate Hills

Ma veniamo alle colline di cioccolato, l'argomento del presente articolo. In un'area di circa 50 kmq nell'entroterra dell'isola di Bohol si estende una formazione geologica veramente straordinaria: circa 1260 colline, separate le une dalle altre da valli molto dolci, ripetono all'infinito una caratteristica morfologia conico – cupoliforme.

Le singole colline sono prive di idrografia superficiale e ciò limita fortemente lo sviluppo della vegetazione. Sono pertanto ricoperte soltanto da erbe e bassi arbusti, nella stagione secca assumono una tipica

colorazione marrone, che richiama il colore del cioccolato.

Il fondo delle valli invece, dove può raccogliersi l'acqua piovana, ospita una vegetazione composita, spesso lussureggiante.

Il paesaggio delle Chocolate Hills è veramente unico e pertanto il Governo Filipino ha dichiarato questo territorio monumento geologico naturale, proponendone l'inserimento nella World Heritage List dell'UNESCO.

La genesi della formazione delle Chocolate Hills è stata chiarita grazie agli studi geologici condotti dal The Mines and Geosciences Department of Environment and Natural Resources delle Filippine.

I risultati di questi studi sono stati riportati in termini sintetici e divulgativi in un pannello espositivo posto nel migliore punto di osservazione, ad uso dei visitatori del sito.

Riporto di seguito i contenuti della citata esposizione, con gli opportuni adattamenti e qualche approfondimento. L'evoluzione della formazione delle Chocolate Hills si può riassumere in cinque fasi.

Circa due milioni di anni fa, la maggior parte dell'isola di Bohol era sotto un mare poco profondo.

Barriere coralline, simili a quelle che si trovano adesso al largo di Bohol settentrionale, fiorivano e ricoprivano estesamente il fondo del mare.

Nei giorni tempestosi, frammenti di coralli e conchiglie trasportati dalle onde erano depositati principalmente nel lato verso terra delle barriere coralline.

I frammenti di corallo e conchiglia formarono strati relativamente sottili attorno alle barriere coralline vive. Il termine tecnico per indicare questi accumuli di sedimenti è *tallus*; la diagenesi di questi sedimenti porta alla formazione di calcareniti simili alla nostra pietra di Vicenza.



A

Stereogramma A. Le scogliere coralline sono rappresentate in nero e in numerosi punti raggiungono la superficie del mare

Lentamente, la terra si solleva e determina l'emersione dal mare della formazione della barriera corallina. I settori meridionali dell'isola di Bohol sono stati più sollevati di quelli settentrionali.



B

Stereogramma B. Le frecce più alte indicano che in questa zona il sollevamento è stato maggiore

Le colline di cioccolato sono state ritagliate dagli strati relativamente sottili, costituiti di frammenti di corallo e conchiglia. Durante lo stadio iniziale, la superficie può avere avuto l'aspetto simile a quello mostrato in questo diagramma che copre l'area rettangolare nel diagramma precedente. Canali si formarono negli altipiani e laghi occuparono le depressioni preesistenti.



C

Stereogramma C

I frammenti di conchiglia e corallo sono in gran parte composti di carbonato di calcio, una sostanza chimica che può essere disciolta da soluzioni acide. L'acqua piovana diviene leggermente acida sciogliendo anidride carbonica dall'atmosfera. Così l'acqua piovana può sciogliere i frammenti di corallo e conchiglia, ma ciò avviene molto lentamente.

Con l'azione dell'acqua piovana sugli strati di frammenti di corallo e conchiglia per decine fino a centinaia di migliaia di anni, i canali vennero approfonditi e allargati fino a diventare ruscelli. I laghi sono stati vuotati da fiumi sotterranei e coniche colline interconnesse si sono formate dalla originaria superficie piatta.



D

Stereogramma D

Quando la base della formazione solubile fu raggiunta cessò il processo erosivo verso il basso e l'erosione laterale divenne dominante, le valli furono allargate.

I residui dei laghi nelle aree elevate sono stati distrutti e anche le connessioni tra colline adiacenti sono state erose. Così le Chocolate Hills come ora si possono vedere sono il prodotto del paziente lavoro dell'acqua meteorica su una formazione calcarea solubile.

Il sisma del 2013

Il paesaggio delle Chocolate Hills come oggi lo vediamo non è certo immutabile alla scala del tempo geologico. I processi erosivi sono sempre attivi sulle terre emerse.

A livello planetario, tramite il ciclo dell'acqua, alimentato dall'energia solare, le vecchie montagne vengono spianate e i materiali della loro demolizione vengono depositati in vari ambienti sedimentari e daranno origine a nuove rocce. Forze termonucleari endogene invece tendono a deformare e corrugare la crosta terrestre, creando nuove montagne. E' come se la crosta rocciosa del nostro pianeta fosse continuamente modificata per le azioni contrapposte di due ipotetici motori, uno esogeno alimentato dal sole demolisce le montagne; l'altro, endogeno alimentato da un reattore termonucleare naturale all'interno della Terra, genera nuove montagne.



E

Stereogramma E



Figura 2 Peculiare morfologia delle Chocolate hills



Figure 3 e 4 Impressionanti immagini degli effetti del devastante terremoto del 2013



I processi descritti sono generalmente molto lenti, ma fenomeni geologici ad essi comunque collegati, possono modificare anche repentinamente l'assetto geologico di una regione. Questi fenomeni sono i terremoti e le eruzioni vulcaniche.

Nel 2013 nelle Filippine si è verificato un violento terremoto – magnitudo 7,1 – che ha provocato 93 vittime. L'epicentro del sisma era localizzato proprio nell'isola di Bohol, dove, oltre a vaste devastazioni degli insediamenti antropici, ha provocato anche dissesti nell'area paesaggistica delle Chocolate Hills.

E' abbastanza difficile poter vedere direttamente un effetto del sisma così vistoso come nelle Chocolate Hills, dove alcune colline sono state letteralmente aperte in due.

Fortunatamente la maggior parte delle colline non ha subito dissesti apprezzabili e quindi il paesaggio nel suo insieme è rimasto praticamente immutato. Anzi direi che questo santuario geologico ha acquisito un valore aggiunto, poiché può vantare una ulteriore importante testimonianza geologica.



Figura 5 Minuscola collina in una valle interposta

Tra natura e cultura: materiali vetrosi e minerali nell'Egitto pre-romano

Cinzia Bettineschi

Dipartimento dei Beni Culturali: Archeologia, Storia dell'Arte, del Cinema e della Musica

Questo contributo riprende e sviluppa alcune delle tematiche trattate durante l'intervento "Vetro: una storia lunga quattro millenni" presentato al GMPE nel marzo 2016. L'obiettivo è di esaminare attraverso un approccio multidisciplinare il rapporto tra materiali vetrosi e risorse naturali di origine minerale nell'antico Egitto, considerando non solo gli aspetti tecnologici (selezione, dosaggio e trasformazione delle materie prime) ed economici (valore, manifattura, commercio), ma anche i significati culturali e culturali che nel corso del tempo hanno definito il rapporto tra materiali inorganici di origine naturale e artificiale.

Prima di affrontare la discussione in relazione all'argomento proposto, verranno sintetizzati alcuni concetti base, a partire dalla definizione dei diversi tipi di materiale vetroso prodotti in antico, per arrivare alle materie prime impiegate nel corso del tempo e alla loro evoluzione.

1. I materiali vetrosi

Secondo quanto proposto in Angelini et alii (2002; 2005), i materiali vetrosi possono essere distinti per il loro diverso rapporto relativo tra fase amorfa e fase cristallina in termini di quantità e distribuzione, porosità escluse. I manufatti in faience sono caratterizzati dalla presenza di una fase cristallina piuttosto abbondante e da una fase vetrosa scarsa, generalmente concentrata negli strati superficiali dell'oggetto (glaze). I rapporti quantitativi e la distribuzione spaziale delle fasi cristallina e vetrosa nel reperto sono funzione delle tecniche e delle condizioni di manifattura utilizzate (Tite, Shortland 2008).

Il termine glassy faience (o variante E) è stato inizialmente coniato da Lucas e Harris (1962) per indicare un materiale vetroso con sezione a tessitura uniforme e senza uno strato distinto di glaze in superficie. Studi recenti hanno poi dimostrato che è possibile distinguere le glassy faience dagli altri tipi di materiale vetroso perché esse sono caratterizzate da percentuali comparabili di fase vetrosa e cristallina, come è evidente nelle immagini SEM-BSE (Polla et alii 2006).

I reperti in vetro, invece, sono costituiti quasi esclusivamente da fase amorfa. Nei vetri antichi, comunque, non è infrequente trovare inclusi cristallini, talvolta intenzionalmente aggiunti con lo scopo di opacizzare il prodotto finito, ma più spesso involontari e legati ai processi di produzione.

In Egitto venivano prodotti anche il cosiddetto "blu egizio", la cui fase minerale dominante è costituita da micro-cristalli cuprorivaite (un tetrasilicato di rame e calcio dal colore blu intenso) e il "verde egizio", caratterizzato da elevate quantità di wollastonite (come opacizzante) immersa in una massa vetrosa colorata per la presenza di rame. Entrambi venivano impiegati tal quali per la produzione di piccoli oggetti, ma più spesso venivano macinati e utilizzati in funzione di pigmento (Tite, Shortland, Hatton 2008).

2. Selezione, dosaggio e trasformazione delle materie prime minerali

L'artigianato antico, pur tenuto conto dei suoi elevati livelli di specializzazione, non può essere accostato agli standard delle moderne produzioni industriali. Le ricette composizionali che sono state riscontrate nei materiali vetrosi di natura archeologica, infatti, sono funzione oltre che della naturale evoluzione tecnologica, anche di una serie di variabili minori, legate alle dinamiche produttive della singola officina, ai diversi processi di lavorazione, alle materie prime utilizzate e alle "impurità" in esse presenti (Tite et alii 1983; Rehren 2008).

Ciò nonostante i materiali vetrosi condividono l'impiego di simili materie prime, che a seconda dello specifico ruolo assunto durante i processi di produzione possono essere essenzialmente suddivise in formatori e modificatori del reticolo vetroso (network-formers e network-modifiers, nella terminologia anglosassone). Tra questi ultimi si annoverano i fondenti, gli stabilizzanti, i coloranti/ decoloranti e gli opacizzanti (Shelby 2005).

La silice rappresenta la principale componente dei materiali vetrosi dal punto di vista strutturale e quantitativo (nella miscela vetrificabile è presente con una percentuale del 60-70% in peso, che aumenta nel caso della produzione di faience e glassy faience). È il costituente base del reticolo vetroso e la sua fonte mineralogica primaria è il quarzo; in antico veniva ricavata prevalentemente dalla sabbia o dalla macinazione di quarziti e ciottoli fluviali.

Il quarzo fonde a circa 1700° C, una temperatura non raggiungibile nelle fornaci antiche. Per poter ottenere il vetro era dunque necessario aggiungere dei fondenti, generalmente costituiti da ossidi di sodio e potassio. Tali alcali monovalenti, infatti, si interpongono tra i tetraedri di silice, spezzando la continuità strutturale del reticolo e abbassando così la temperatura di fusione della miscela. A seconda delle rispettive quantità, ossidi di sodio e di potassio danno origine a tipi di vetro con composizione e proprietà differenti. Ogni epoca e ogni area geografica ha utilizzato una peculiare combinazione di tali elementi, tanto da rendere oggi possibile una generale classificazione della cronologia dei reperti in materiale vetroso sulla base della tipologia di fondenti utilizzati.

Esistono due diversi tipi di materie prime impiegate in antico per la produzione di vetri a base principalmente sodica (Henderson, 1985):

1) le ceneri di particolari piante marine e desertiche, caratterizzate da elevate quantità di magnesio e potassio. I vetri che ne derivano sono chiamati HMG (*High Magnesium Glasses*); si tratta della ricetta dei più antichi vetri mesopotamici ed egiziani;

2) il natron, una roccia evaporitica dai molti usi diffusa in Egitto e Vicino Oriente, il cui sito di provenienza più noto e sfruttato in antichità (ma non l'unico) era Wadi el-Natron, nel deserto occidentale egiziano. Questo particolare tipo di vetri è caratterizzato da bassi livelli di magnesio e potassio e quindi prende il nome di LMG (*Low Magnesium Glass*). È la composizione caratteristica dei materiali vetrosi di epoca greco-romana.

Per quanto riguarda i vetri a fondente principalmente potassico, si tratta per lo più di materiali medievali (post VIII sec. d.C.), il cui fondente era derivato da ceneri di piante continentali (Tite *et alii* 2006).

Esistono anche particolari materiali vetrosi ad alcali misti, cioè con quantità relativamente abbondante sia di sodio sia di potassio, ma basso magnesio: sono i cosiddetti LMHK (*Low Magnesium High Potassium*). L'origine di questo tipo di composizione è piuttosto controversa e le ipotesi a riguardo sono state molteplici sin dal momento della sua individuazione: si sono proposti ad esempio salnitro, concimi o sali efflorescenti da latrina, ma l'ipotesi all'oggi più comunemente accettata è quella dell'utilizzo di ceneri di piante sottoposte a un trattamento di lisciviazione e filtrazione atto a purificarle, processo che avrebbe però eliminato anche gli stabilizzanti rendendo il vetro più esposto all'azione del tempo (Brill 1992).

Gli ossidi di calcio e di magnesio migliorano la stabilità chimica del vetro e vengono perciò definiti stabilizzanti. In antichità le fonti principali dovevano essere gli esoscheletri di animali marini e le conchiglie (che si trovavano già ridotti in polvere nella sabbia), ma potevano essere impiegati anche la dolomite e la calcite, oltre naturalmente alle ceneri vegetali aggiunte come fondenti in cui erano presenti come componenti accessori.

I coloranti e i decoloranti sono elementi generalmente metallici, presenti nel vetro per addizione volontaria o come impurità derivanti dalle materie prime impiegate. Nei vetri egiziani dell'età del Bronzo è stato riscontrato l'uso di rame, cobalto, manganese e ferro; quest'ultimo, generalmente ritenuto un'impurezza della sabbia usata, conferiva una colorazione verdastra che talvolta voleva essere evitata: a tale scopo erano impiegati il manganese e l'antimonio in funzione di decoloranti (Rasmussen 2012).

Residui cristallini di quarzo derivati da una non completa fusione o bolle d'aria (o altro gas) potevano conferire al vetro un aspetto opaco; questa caratteristica poteva anche essere intenzionalmente indotta in fase di produzione con l'aggiunta o la precipitazione di antimonati (più frequentemente di calcio, per il bianco, e di piombo, per il giallo). Per quanto riguarda le trasformazioni pirotecniche, va sottolineata una distinzione, che è operativa ma anche concettuale, tra *faience* e vetro. Nel primo caso i materiali erano modellati a freddo e solo successivamente immessi in fornace. Nel secondo, al contrario, la fase di lavorazione segue a quella del riscaldamento, come nelle cosiddette tecnologie "a caldo" (Peltenburg 1987).

3. Minerali e colore nella simbologia dell'Egitto Antico

In Egitto l'utilizzo di pietre dure per la produzione di vaghi e piccoli amuleti affonda le sue radici nel Neolitico. Tra le gemme più utilizzate nel corso dei secoli si possono elencare il quarzo (in varie tonalità cromatiche dall' ametista al cristallo di rocca), la corniola, il rubino, il diaspro, la malachite, l'agata, l'onice, l'amazonite, il berillo, il turchese e il lapis lazuli. Il valore di queste gemme era probabilmente determinato dalla relativa difficoltà di reperimento (pesata a seconda delle epoche e delle contingenze politiche) e dal valore simbolico attribuito dalla cultura antico egiziana al colore. Per quanto riguarda la provenienza, gran parte delle pietre citate arrivano da aree marginali del paese come la penisola del Sinai, il deserto orientale,

quello occidentale e le oasi, o addirittura da territori esterni alla terra del Nilo. La giada e il lapis lazuli, in particolare, derivano con ogni probabilità da oriente, tra Turkmenistan e Kashmir da un lato, e Afghanistan dall'altro: non sono stati infatti identificati con certezza, almeno fino ad ora, giacimenti in territorio egiziano possibilmente sfruttati in antico (Aston, Harrel, Shaw 2000).

Duckworth (2012) ha ipotizzato che il valore attribuito alle pietre preziose sia tanto maggiore quanto più esse differiscono dalle cromie tipiche del paesaggio egiziano, fondamentalmente bipartito tra *Kemet*, la (terra) nera, ovvero la fertile striscia di terra coltivabile lungo il fiume e *Deshret*, la (terra) rossa, il deserto. Tuttavia va sottolineato come proprio alcuni aspetti caratteristici del paesaggio naturale, espressione a loro volta del mondo divino, rappresentino gli elementi distintivi di alcuni importanti colori del mondo simbolico-religioso egiziano. In questo senso parlano ad esempio il giallo-oro, associato al sole e dunque a concetti di eternità e immutabilità, con il quale viene rappresentata la pelle degli dei o dei defunti giusti di voce, oppure il blu del cielo notturno, incarnazione della dea Nut, o ancora il verde rigoglioso della vegetazione, simbolicamente legato ai cicli annuali della natura e dunque ai concetti di rinascita, rigenerazione e rinnovamento (Ragai 1986).

L'importanza delle pietre preziose e dei minerali quale elemento comparativo per la definizione cromatica di altri materiali è evidente nella letteratura egiziana. I termini per turchese o lapis lazuli venivano talvolta impiegati per descrivere alcune specifiche tonalità assunte cielo (Warburton 2004), mentre il vetro stesso è indicato negli annali delle campagne militari di Tuthmosi III (faraone della XVIII dinastia, 1479-1425 a.C.) e in svariati altri testi come "lapis lazuli artificiale".

Nell'Antico Egitto l'uso dei colori era determinato, oltre che da ovvie considerazioni di tipo estetico anche e soprattutto da specifici principi di natura magico-religiosa. È possibile che proprio tali significati culturali abbiano catalizzato gli sforzi degli artigiani e siano in parte responsabili delle innovazioni tecnologiche che hanno caratterizzato la produzione della faience, e poi del vetro, nel corso dei secoli.

Oltre al colore, anche la lucentezza doveva giocare un ruolo di primaria importanza: il termine egiziano impiegato per identificare la faience, *thenet*, significa infatti letteralmente "brillante, splendente".

4. Considerazioni sul valore economico e culturale dei materiali vetrosi egizi: semplici imitazioni o beni di prestigio?

L'invetriatura di pietre dure, più frequentemente la steatite, è nota in Egitto fin dall'inizio del V millennio a.C.; esse venivano intagliate, abrase e poi ricoperte da un sottile strato di *glaze* (vetrina) ottenuto per applicazione diretta. Questo processo di lavorazione anticipa in parte le soluzioni tecniche che saranno poi impiegate nella manifattura degli oggetti in *faience*. L'intenzione, si presume, era quella di trasformare quarzo e steatite al fine di renderli simili all'assai meno diffuso lapislazzuli o al turchese. In questo senso, quindi, è possibile definire la *faience* come la prima pietra preziosa completamente artificiale.

La letteratura egiptologica è generalmente concorde nel ritenere i materiali vetrosi come un'alternativa a basso costo di materiali più preziosi, una sorta di imitazione economica o un sostituto delle gemme e delle pietre dure preziose e semipreziose (Oppenheim 1970; Stern 1998; Rehren, Pusch 2005). Di recente, però, si è assistito a una parziale riconsiderazione del problema, anche alla luce del riesame dei contesti di rinvenimento e dello status socio-economico dei proprietari (Patch 1998), che puntano verso una committenza reale e, almeno nel caso del vetro, per l'esistenza di un controllo (e forse addirittura di un monopolio) di stato quantomeno all'epoca della sua prima apparizione nel Nuovo Regno (Shortland 2012).

Non sembra un caso che gli impianti produttivi ad oggi noti per quest'epoca siano prevalentemente dislocati nelle grandi capitali di neo-fondazione del periodo, Amarna (Nicholson 2007) prima e Quantir – Piramessa (Rehren, Push 1997) poi. Esse dovevano certamente sostenere la richiesta di beni di lusso da parte del faraone e della sua corte e contribuire alla decorazione architettonica e mobiliare dei templi e del palazzo, come dimostrato ad esempio dagli intarsi che adornano il trono in legno dorato del faraone Tutankhamon, rinvenuto all'interno della sua sepoltura. Significativo è anche l'impiego di vetro del deserto libico (LGD), una tectite dal caratteristico colore giallo, nel pettorale rinvenuto nella tomba di Tutankhamon

(XVIII dinastia, 1332-1323 a.C.). Modellato a freddo in forma di scarabeo (non a caso incarnazione del sole al mattino, il dio *Kheperi*, nella religione egizia), fu prodotto con la stessa tecnologia impiegata per l'intaglio delle pietre dure. Il medesimo tipo di lavorazione a freddo sembra essere stato utilizzato anche per la produzione di alcuni tra più antichi vasetti in vetro rinvenuti nella Tomba delle Mogli Straniere di Tuthmosi III (Lilyquist, Brill 1993). Questi elementi contribuiscono quindi a delineare una parziale sovrapposizione semantica tra materiali vetrosi e pietre dure.



Figura 1: Sala degli Annali del tempio di Karnak, dettaglio delle spoglie di guerra consistenti in grezzi di vetro, turchese e lapislazzuli (da SCHLICK-NOLTE, LIERKE 2002)

Anche le fonti testuali e iconografiche possono contribuire a desumere il valore attribuito in antico al vetro e al suo rapporto con pietre e minerali. Tra le raffigurazioni più interessanti si annovera quella realizzata nella Sala degli Annali di Tuthmosi III nel tempio di Karnak (fig. 1). In essa vengono enumerate e descritte le spoglie di guerra ottenute a seguito delle campagne vittoriose in Siria e nel Levante (Gardiner 1971). La composizione è strutturata in registri di importanza decrescente: la posizione d'onore spetta all'oro, all'argento e ai gioielli, seguono blocchi grezzi di vetro e pietre dure (lapis, turchese e corniola) e in coda si situano il bronzo, il rame e la pietra. Da segnalare il fatto che tutti e tre i cesti contenenti grezzi di vetro sono indicati con il cartiglio Mn-kpr-Ra, il nome di intronizzazione di Tuthmosi III: questo sembrerebbe indicare una proprietà esclusiva e diretta del faraone, che non è altrimenti specificata nel caso del lapis e del turchese per cui è presente solo eventualmente l'aggettivo "vero, naturale". Nicholson (2012) suggerisce in alternativa che il cartiglio reale stia ad indicare un vetro prodotto in Egitto con materie prime locali da parte di artigiani provenienti dalle terre levantine sconfitte. Una ulteriore ipotesi a questo proposito verrà discussa nelle conclusioni del testo.

Tuttavia applicare al mondo antico una concezione moderna di stampo esclusivamente economico sarebbe metodologicamente errato. A livello concettuale, in Egitto ciascun materiale aveva pari dignità e la selezione avveniva non solo in ragione di necessità tecniche, certamente esistenti, ma anche in relazione ai concetti che si volevano veicolare e alle proprietà magico-religiose che venivano considerate proprie dei diversi materiali (Bianchi 1998). Ciò è confermato, per esempio, dal ritratto in argilla cruda del faraone Amenhotep III (XVIII dinastia, 1390-1352 a.C.) per cui non è possibile pensare a un'esigenza economica, ma si deve piuttosto ipotizzare una specifica scelta ideologica, connessa all'impiego di fango del Nilo, portatore di significati culturali legati alla trascendenza e alla fertilità. Lo stesso tipo di ragionamento può essere esteso anche alla faience, che aveva certamente un valore di scambio inferiore al vetro. Attraverso la cottura, però, essa si trasformava da opaca e incolore a colorata e scintillante. Questa metamorfosi deve aver contribuito ad attribuire a tale materiale fin dagli albori della sua scoperta una serie di significati simbolici legati alla rinascita, al mondo ultraterreno e alla vita eterna, come peraltro ribadito dai caratteristici colori verde e azzurro. Patch (1998) ipotizza che anche l'uso di produrre le piastrelle degli edifici pubblici o lo strumentario liturgico in questo materiale potesse essere legato alla sua intrinseca natura apotropaica. In questo senso è probabile che i gioielli stessi possedessero una qualche forma di potere amuletico: non soltanto i pendenti in forma di divinità e simboli del culto, ma anche vaghi ornamentali con particolari motivi, come quello a occhi o a melone (Eisen 1930).

La pratica, comune a partire da Epoca Tarda (Caubet, Pierrat-Bonnefois 2005), di adagiare sulle mummie una retina (fig. 2) costituita da intrecci a losanga o figurati di vaghi cilindrici in materiale vetroso (prevalentemente faience, *glassy faience*, blu egizio), indirizza anch'essa all'attribuzione a tale materiale di una funzione protettiva per il corpo e il *Ka* del defunto.



Figura 2: Mummia di Anamonnefneb con retina figurata in faience. Epoca Tarda, XXV-XXVI dinastia (700-650 a.C.). National Museum of Antiquities, Leiden.

Se il valore culturale della faience doveva essere prevalentemente legato al fascino della “trasmutazione” e al colore, il vetro potenzia e rilancia i medesimi aspetti. Esso, però, presenta delle peculiarità che devono averlo reso ancora più prezioso anche dal punto di vista ideologico, oltre che economico. In primo luogo va considerata l'uniformità nel colore, che non veniva compromesso nemmeno in seguito a scheggiature e fratture, diversamente da quanto accadeva nel caso della faience, più esposta al rischio di perdere il potere magico conferitole dal sottile strato di vetro colorato in superficie (Dukworth 2012). Il vetro, peraltro, poteva essere rifuso e rilavorato senza perdere la cromia che gli era propria. Il secondo elemento di grande rilevanza è appunto la lavorabilità del vetro fuso, che consentiva la creazione di oggetti molto più complessi; la faience, infatti, per la sua natura tissotropica, non poteva garantire elevati livelli di dettaglio, che erano invece raggiungibili con il vetro.

In sintesi sembra plausibile che i materiali vetrosi fossero considerati come tipologie autonome di pietre dure, anche se prodotte artificialmente. Peraltro, come già sostenuto da Nicholson (2012), gli ingredienti chiave per la manifattura di vetro, *glassy faience*, faience e pigmenti erano costituiti prevalentemente da materie prime minerali (quarzo, calcite, natron, ossidi metallici) e dunque, in un'epoca in cui non erano ancora compresi la struttura e le complesse trasformazioni pirotecniche implicate nella produzione dei materiali vetrosi, il processo poteva essere compreso nell'ottica della metamorfosi da un tipo di pietra a un'altra, più colorata e scintillante.

Conclusioni

Oggi il vetro è un materiale ampiamente diffuso e perlopiù a basso costo. A partire dalla sua prima apparizione nel II millennio a.C. e fino all'introduzione della soffiatura nell'ultimo quarto del I secolo a.C., tuttavia, in Egitto esso era un materiale raro e pregiato, valutato per il suo colore, le sue proprietà e per il significato simbolico che gli era conferito.

Dal punto di vista strettamente ideologico, la trasformazione di una miscela di materie prime “incolori” in un materiale (vetroso) intensamente colorato, brillante, trasparente o opaco, implicava una capacità creativa (o meglio “di creazione”) che discendeva direttamente dal faraone, figlio di Ra e dio lui stesso, e che veniva convogliata negli artigiani al suo servizio per la produzione di pietre dure artificiali, proprio come le pietre naturali erano creazione divina e al contempo fonte di potere per le divinità stesse (Aufrère 1991). A questo, e dunque non solo alla proprietà, è forse da riferire l'apposizione del nome reale nella descrizione del vetro raffigurato nella Sala degli Annali di Karnak. La localizzazione delle officine che producevano e lavoravano i materiali vetrosi nei pressi dei templi e dei complessi palatini potrebbe essere un ulteriore indizio di tale ipotesi.



Figura 3: coppa diatreta, 300-325 d.C. Corning Museum of Glass.

Tutto cambia almeno a partire dall'avvento della soffiatura, che in Egitto coincide approssimativamente con la sconfitta di Antonio e Cleopatra (30 a.C.) e la definitiva conquista romana. Da allora il vetro inizia a essere prodotto e lavorato su scala industriale, in modo assai più rapido e meno costoso. Persistono o sono introdotte ex novo manifatture di prestigio, come quelle del vetro diatreta (fig. 3), ma il valore eccezionale dei manufatti non è più attribuito dalla natura intrinseca del materiale con cui sono prodotti, ma dalla maestria tecnica dell'artigiano che li realizza. È l'epoca del vasellame e degli unguentari prodotti in serie, ma anche dei vaghi multicolori. Tra di essi si segnalano quelli in vetro verde a sezione esagonale, che imitano – in modo più o meno ben riuscito, a seconda dei casi – gli esemplari in smeraldo, un minerale che inizia a essere estratto e lavorato solo tra la fine dell'epoca tolemaica e l'inizio dell'età romana. Il vetro diventa quindi un materiale a basso costo ma funzionale, come evidente nel passo di Petronio (seconda metà del I sec. d.C.) che recita *ignoscetis mihi quod dixero: ego malo mihi vitrea, certe non olunt. Quod si non frangerentur, mallet mihi quam aurum; nunc autem vilia sunt* (Satyricon, 50), ovvero “Lasciatemelo dire: io per me preferisco il vetro, almeno non puzza. Che se non si rompesse, mi piacerebbe quanto l'oro; così invece non vale niente”.

La “desacralizzazione” del vetro è evidente in questo brano, che mette in luce una mentalità pratica, di stampo economico, che ben si iscrive della traiettoria evolutiva di una produzione che si esprime oramai su scala industriale.

Bibliografia

- ANGELINI I., ARTIOLI G., BELLINTANI P., DIELLA V., POLLA A., RESIDORI G., 2002, Project Glass materials in the protohistory of North Italy: a first summary, in D'Amico C. (a cura di), *Atti del Secondo Congresso Nazionale AIAR*, Bologna 29 gennaio -1 febbraio 2002, Pàtron Editor, Bologna, pp. 581-595.
- ANGELINI I., ARTIOLI G., BELLINTANI P., POLLA A., 2005, Protohistoric vitreous materials of Italy: from early faience to final bronze age glasses, *AIHV 2003*, 16e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, 7-13 September 2003, London, UK, pp. 32-36.
- ASTON B.G., HARREL J.A., SHAW I., 2000, Stone, in Nichololson P.T., Shaw I. (a cura di), "Ancient Egyptian Materials and Technology", Cambridge University, Cambridge, pp. 5-77.
- AUFRERE S.H., 1991, *L'Univers Mineral dans la pensée Egyptienne*, vol. 1 e 2, IFAO: Il Cairo.
- BIANCHI R.S., 1998, Symbols and meanings, in Friedman F.D. (a cura di), 1998, "Gifts of the Nile: Ancient Egyptian Faience", New York, Thames and Hudson, pp. 22-32.
- BRILL R.H., 1992, Chemical analyses of some glasses from Frattesina, in "Journal of Glass Studies" 34, pp. 11-22.
- CAUBET A., PIERRAT-BONNEFOIS G. (a cura di), 2005, *Faiences de l'antiquité: de l'Égypte à l'Iran*, Catalogo della mostra 10 giugno – 12 settembre 2005, 5 Continent editions, Musée du Louvre: Paris.
- DUCKWORTH C.N., 2012, Imitation and creation: the color and perception of the earliest glasses in New Kingdom Egypt", in *Cambridge Archaeological Journal*, vol. 22: 3, pp. 309-327.
- EISEN G.A., 1930, Lotus- and melon-beads, in "American Journal of Archaeology", vol. 34: I, pp. 20-43.
- GARDINER A., 1971, *La civiltà egizia*, Einaudi: Torino.
- HENDERSON J., 1985, The raw materials of early glass production, in "Oxford Journal of Archaeology" Vol. 4, n. 3, pp. 267-291.
- LILYQUIST C., BRILL R.H., 1993, *Studies in Early Egyptian Glass*, Metropolitan Museum of Art: New York.
- LUCAS A., HARRIS J.R., 1962, *Ancient Egyptian Materials & Industries*, IV edizione, Edward Arnold & Co: Londra.
- NICHOLSON P.T., 2007, *Brilliant Things for Akhenaten: the production of glass, vitreous materials and pottery at Amarna site*, Egypt Exploration Society: London.
- NICHOLSON P.T., 2012, "Stone... that flows": Faience and Glass as Man-made Stones in Egypt, in *Journal of Glass Studies* vol. 54, pp. Corning Museum of Glass: Corning.
- OPPENHEIM A.L., 1970, The Cuneiform texts, in Oppenheim A.L., Brill R.H., von Saldern A.L., Barag D. (a cura di) *Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia: an edition of the cuneiform texts which contain instructions for glassmakers with a catalogue of surviving objects*, Corning Museum of Glass Press: Corning.
- PATCH D.C., 1998, By necessity or design: faience use in Ancient Egypt, in Friedman F.D. (a cura di), 1998, "Gifts of the Nile: Ancient Egyptian Faience", New York, Thames and Hudson, pp. 32-46.
- PELTERBURG E.J., 1987, Early faience: recent studies, origins and relations with glass, in Bimson M., Freestone I.C. (a cura di), "Early vitreous materials", *British Museum Occasional Papers* 56, London, pp.5-29.
- POLLA A., ANGELINI I., ARTIOLI G., 2006, Analisi d'immagine per la caratterizzazione strutturale dei materiali vetrosi, in "Materie prime e scambi nella protostoria Italiana", *Atti della XXXIX Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, Firenze, 25-27 novembre 2004, Vol. III, pp. 1621-1626.
- RAGAI J., 1986, Colour: its significance and production in Ancient Egypt, in "Endeavor", Vol. 10, Pergamon Press, pp. 74-79.
- RASMUSSEN S.C., 2012, *How Glass Changed the World*, Springer.
- REHREN T., 2008, A review of factors affecting the composition of early Egyptian glasses and faience: alkali and alkali earth oxides, in "Journal of Archaeological Science" 35, pp. 1345-1354.
- REHEN T., PUSCH E., 1997, New Kingdom glass melting crucibles from Qantir-Piramesses, in "Journal of Egyptian Archaeology" 83, pp. 41-127.
- SCHLICK-NOLTE B., LIERKE R., 2002, From Silica to Glass, in Bianchi R.S. (a cura di), *Reflections on Ancient Glass of the Borowski Collection*, Zabern: Jerusalem.
- SHELBY J.E., 2005, *Introduction to Glass Science and Technology*, Royal Society of Chemistry: London.
- SHORLAND A., 2012, *Lapis lazuli from the kiln*, Leuven University Press: Leuven.
- STERN E.M., 1998, Interaction between glassworkers and ceramicists, in McCray P. (a cura di) *Ceramics and civilization*, vol. VIII: The Prehistory and History of Glassmaking Technology, The American Ceramic Society: Westerville, pp. 183-204.
- TITE M.S., 1987, Characterisation of early vitreous materials, in "Archaeometry" 29, pp. 21-34.
- TITE M.S., SHORLAND A., MANIATIS Y., KAVOUSSANAKI D., HARRIS S.A., 2006, The composition of soda rich and mixed alkali plant ashes used in the production of glass, in "Journal of Archaeological Science" 33, pp. 1284-1292.
- TITE M., SHORLAND A.J. (a cura di), 2008, *Production technology of faience and related early vitreous materials*, Oxford University School of Archaeology Monograph 72, Oxford.
- TITE M.S., SHORLAND A.J., HATTON G.D., 2008, Production of Egyptian Blue and Green Frits, in "Production technology of faience and related early vitreous materials" Shortland A.J., Tite M.S. (a cura di), Oxford School of Archaeology: Monograph 72 (Oxford), pp. 119-145.

Il rischio vulcanico in Italia

Giamberto Astolfi socio GMPE

Il **rischio vulcanico** è legato alla probabilità che si verifichi un evento vulcanico in rapporto ai danni che può causare. Pertanto un evento anche se poco probabile ma che può causare grandissimi danni, soprattutto umani, (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) si deve considerare ad alto rischio. Viceversa, un evento vulcanico molto probabile, ma in zona desertica e non popolata, si deve considerare a basso rischio. Gli eventi vulcanici più catastrofici avvenuti in tempi storici nel mondo sono i seguenti:

Santorini (Grecia), coinvolse la Civiltà Minoica nel 1600 a.C.

Vesuvio (Italia), migliaia di vittime nel 79 d.C.

Unzen (Giappone), 15.000 vittime nel 1792

Tambora (Indonesia), 12.000 vittime nel 1815

Krakatoa (Indonesia), 36.000 vittime nel 1883

Mount Pelee (Martinique), 29.000 vittime nel 1902

Nevado del Ruiz (Colombia), 25.000 vittime nel 1985

Pinatubo (Filippine), 1000 vittime nel 1991

L'azione di un vulcano si può espletare principalmente attraverso i seguenti eventi:

Le **eruzioni esplosive** (Figura 1) comportano l'emissione violenta di lave viscose ricche di gas e con alta pericolosità per caduta di blocchi incandescenti nei dintorni del cono vulcanico.



Figura 1: Eruzione esplosiva

Le **colate laviche** (Figura 2) sono lente, relativamente prevedibili e se pur altamente distruttive sono a basso rischio per le vite umane.



Figura 2: Colata lavica

Le **nubi ardenti** (Figura 3) sono colate piroclastiche caldissime e sono legate ad eruzioni esplosive. Sono imprevedibili, altamente distruttive ed a alto rischio per le vite umane poiché possono espandersi rapidamente per grandi distanze.



Figura 3: Nube ardente

Le eruzioni pliniane (Figura 4) sono eruzioni esplosive che creano depositi piroclastici da caduta i quali sono generalmente di lenta deposizione ed anche se possono occupare grandi aree e creare grandi danni, non sono ad alto rischio per le vite umane, salvo la formazione di nubi ardenti.



Figura 4: Eruzione pliniana

E' inoltre possibile che sulle pendici del vulcano si verifichino colate di fango, frane anche di grandi proporzioni, sismicità di alto grado.

La situazione italiana

Il territorio italiano è stato variamente interessato, nella sua storia geologica, da eventi eruttivi più o meno importanti. Le vulcaniti affioranti e riconoscibili sono riconducibili alle seguenti fasi (Figura 5):

Eventi vulcanici permo-triassici della zona dolomitica

Eventi vulcanici terziari euganeo-berico-lessinei

Eventi vulcanici mio-pliocenici in Sardegna

Eventi vulcanici pleistocenici tosco-laziali

Eventi vulcanici pleistocenico-olocenici del basso Lazio, Campania, Sicilia.



Figura 5 – Distribuzione delle vulcaniti in Italia

Attualmente il Tirreno è l'area vulcanica più attiva d'Europa e si possono riconoscere i seguenti apparati (Figura 6):

- Vulcani estinti:** la cui ultima eruzione risale ad oltre 10.000 anni (Amiata, Salina, Vico, Pontine)
- Vulcani quiescenti:** che hanno avuto attività negli ultimi 10.000 anni, anche fino a tempi recenti, ma attualmente sono in fase di riposo (Colli Albani, Ischia, Vesuvio, Campi Flegrei, Lipari, Vulcano, Panarea, Pantelleria)
- Vulcani attivi:** con attività eruttiva in corso (Stromboli, Etna)



Figura 6: Vulcani olocenici mediterranei, aerei e sottomarini, quiescenti ed attivi

In Italia i principali vulcani in osservazione sono: Colli Albani, Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia, Stromboli, Vulcano, Etna e Pantelleria. In aggiunta a questi esistono vulcani sottomini nel Canale di Sicilia e nel Tirreno meridionale (Marsili).

Complessivamente negli ultimi mille anni si sono avute 366 eruzioni importanti, con, nell'ultimo secolo, circa 500 vittime a causa delle stesse eruzioni.

Le aree abitate maggiormente esposte a pericoli vulcanici sono: la fascia circumvesuviana, la Piana Campana ad est del Vesuvio, i Campi Flegrei e la città di Napoli, Ischia, Stromboli, Lipari e Vulcano, la fascia abitata intorno all'Etna e la città di Catania

I **Colli Albani** (Vulcano Laziale) (Figura 7) sono costituiti da un edificio vulcanico prodotto da successive fasi eruttive che si sono succedute per 600.000 anni. Attualmente il vulcano è quiescente e la sua ultima eruzione è di 5000 anni fa. Persiste l'attività gassosa, idrotermale, sismica. Al momento il rischio vulcanico in tempi brevi sembra molto moderato.

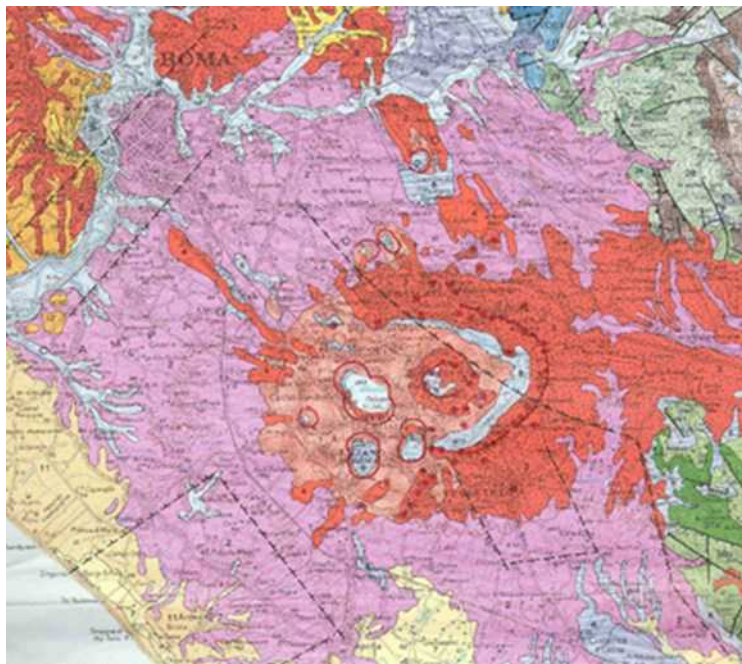


Figura 7: Vulcano laziale a sud di Roma

Le **Isole Eolie** (Figura 8) sono costituite da un complesso di vulcani pleistocenici-olocenici dei quali alcuni sono quiescenti ed uno ancora attivo. **Vulcano, Lipari, Panarea** sono quiescenti, **Salina, Filicudi, Alicudi** invece sono estinti, mentre **Stromboli** è ancora attivo.



Figura 8: Isole Eolie

Stromboli (Figura 9) è un vulcano attivo da almeno 200.000 anni ed è caratterizzato da un'attività esplosiva costante che si ripete ad intervalli regolari e che prende il nome di "stromboliana". L'attività esplosiva può essere anche intensa (Figura 10), tuttavia il rischio è **moderato** ed è legato solo alla possibilità di caduta di grossi massi anche a centinaia di metri dal cratere ed al rischio di frane con possibili maremoti.



Figura 9: Isola di Stromboli



Figura 10: Attività esplosiva a Stromboli

L'Isola di Vulcano (Figura 11) è un vulcano quiescente la cui ultima eruzione è del 1890. Persiste l'attività fumarolica (Figura 12), idrotermale e microsismica. Il rischio vulcanico è **moderato** per il possibile rilascio improvviso di gas tossici in grande quantità. Non sembra sia prevedibile una ripresa dell'attività vulcanica in tempi brevi.



Figura 11: Isola di Vulcano



Figura 12: Attività fumarolica a Vulcano

Tutta la Sicilia orientale è tettonicamente molto attiva ed a zone di compressione crostale si alternano zone di distensione che consentono la risalita di magmi basaltici dal mantello. (Figura 13)

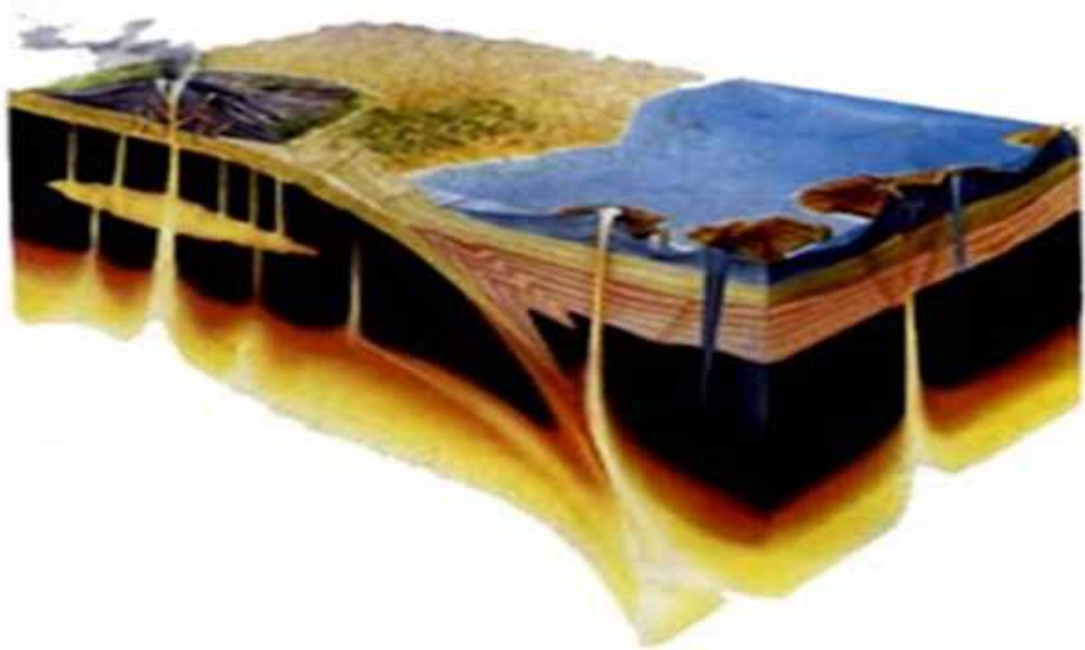


Figura 13: Schema tettonico tra Etna ed Isole Eolie

L'**Etna** (Figura 14) è un vulcano di tipo effusivo-stromboliano attivo da 500.000 anni con numerose bocche secondarie anche a bassa quota che a volte possono creare qualche problema agli abitati ed all'agricoltura. L'Etna presenta colate di lava abbastanza fluida a volte lunghe molti chilometri (Figura 15). Nel 1669 una colata ha attraversato anche Catania. Questo vulcano presenta **bassa pericolosità** generale salvo casi particolari di bocche a bassa quota e di emissione di grandi quantità di ceneri che possono interessare i centri abitati danneggiando agricoltura e trasporti.



Figura 14: Etna



Figura 15: Lunga colata lavica dell'Etna

Un supervulcano?

La Comunità Scientifica è sempre più propensa a ritenere che **Ischia, Campi Flegrei e Vesuvio** appartengano ad un unico sistema vulcanico, vecchio di 400.000 anni e che è stato molto attivo circa 40.000 anni fa. Nel tempo ha subito varie differenziazioni magmatiche. Un mare di magma sembra pertanto collegare il vulcano più temuto dai napoletani al suo “fratello” ancora più pericoloso, il sistema dei Campi Flegrei, ed anche al vulcano di Ischia. (Figura 16)



Figura 16: Area vulcanica tra Ischia-Campi Flegrei-Vesuvio



Figura 17: Isola di Ischia

L'**Isola di Ischia** (Figura 17) è un vulcano esplosivo quiescente ad **alto** rischio in quanto nell'isola vivono più o meno stabilmente 50.000 persone. L'ultima eruzione risale al 1302. Attualmente presenta intensa attività idrotermale, fumarolica e sismica. Si ritiene sia legato al sistema vulcanico Flegreo-Vesuviano.

I **Campi Flegrei** (Figura 18) sono costituiti da un vulcano quiescente dal 1538. A rischio molto elevato per la presenza di numerosi centri abitati. Intensa l'attività fumarolica (Figura 19), sismica e di bradisismo.



Figura 18: Campi Flegrei



Figura 19: Attività fumarolica nei Campi Flegrei

Il **Vesuvio** è un vulcano di tipo esplosivo quiescente dal 1944 con attività fumarolica e microsismica . Le eruzioni che avvengono dopo lunghi periodi di riposo sono violente e parossistiche e prendono il nome di “eruzioni pliniane” . Presenta un **altissimo** rischio vulcanico per la presenza di 700.000 persone sulle sue pendici. (Figura 20)



Figura 20: Cono vulcanico del Vesuvio assediato dai centri abitati

Marsili è un vulcano sottomarino (Figura 21), considerato il più grande d'Europa, ed è interessato da una intensa circolazione di fluidi di alta temperatura che depositano solfuri, ossidi ed idrossidi di ferro e manganese. Considerato attivo, è ritenuto pericoloso non per eventuali effetti diretti, in quanto si pensa sia sufficientemente profondo (più di 500 m dalla superficie), ma in caso di grande esplosione si potrebbero creare effetti di maremoto, sulle coste tirreniche, difficilmente valutabili.



Figura 21: Rilievo sonar del vulcano sottomarino Marsili

Andrea Rodighiero (1892 - 1917) e le sue ricerche geologiche nell'Altopiano dei Sette Comuni

Prof. Fabrizio Bizzarrini Università di Urbino e di Trieste

e membro del Comitato scientifico Centro Studi Ricerche Ligabue di Venezia

L'Altopiano dei Sette Comuni è formato soprattutto da rocce sedimentarie del periodo Giurassico e Cretaceo e i fossili contenuti in queste rocce hanno reso famoso l'Altopiano già nella seconda metà del Settecento grazie alla scoperta del coccodrillo fossile di Treschè di Canove. L'Altopiano tuttavia era ed è conosciuto soprattutto per le sue faune ad Ammoniti, quelle giurassiche furono oggetto di numerosi articoli, le cretacee invece si dimostrarono più difficili da classificare e lo studio di Andrea Rodighiero, pubblicato nel 1919, resta a tutt'oggi l'unico lavoro organico sulle faune cretacee ad ammoniti dell'Altopiano.

Andrea Rodighiero volse la sua attenzione alla parte più antica del Sistema Cretaceo, il Neocomiano, databile fra i 135 e i 120 milioni di anni fa. Allora l'Europa veniva lentamente invasa da un mare continentale, che favorì la formazione di diverse rocce sedimentarie ricche di ammoniti. Grazie ad esse fu possibile dividere il Neocomiano europeo in più periodi. L'Italia invece, nel Cretaceo, era coperta dall'antico Oceano della Tetide, che separava gli antichi continenti di Gondwana e Laurasia. Nelle Alpi o negli Appennini i sedimenti di questo oceano sono rappresentati da un unico tipo di roccia sedimentaria, chiamata un tempo Biancone ed oggi Maiolica e ciò rende difficile riconoscere gli eventi sincroni, contemporanei, fra le due sequenze stratigrafiche, quella Italiana e quella Europea. Nell'Ottocento molti ricercatori italiani avevano cercato invano di risolvere questo problema, la sua soluzione era infatti fondamentale per ricostruire la distribuzione e l'evoluzione degli ambienti cretacei, cioè di un periodo geologico di grande importanza per l'evoluzione della vita. Andrea Rodighiero, nel 1915, grazie ai suoi studi sull'Altopiano di Asiago, portò un contributo fondamentale alla soluzione di questo problema, riuscendo a suddividere litologicamente e paleontologicamente il Biancone in più periodi.

Andrea Rodighiero nacque il 20 luglio del 1892 a Tortona, in provincia di Alessandria, da famiglia originaria di Asiago, ed ad Asiago la famiglia tornava spesso, soprattutto nel periodo estivo. È fu probabilmente nell'estate del 1910 che Andrea Rodighiero conobbe il prof. Carlo De Stefani, docente all'Università di Firenze, che allora studiava la geologia dell'Altopiano. La loro amicizia e le escursioni fatte insieme appassionarono il giovane Rodighiero agli studi geologici. L'interesse per la geologia crebbe a tal punto che, come riferisce De Stefani, Andrea Rodighiero gli confidò di *“volersi dedicare alla geologia e sperar di diventare assistente della Cattedra da me tenuta. Non gli nascondeva io le difficoltà dello studio, il poco conto nel quale si teneva in Italia la geologia scientifica, la quasi impossibilità di ottenere un ufficio fuori al più nell'insegnamento secondario. Ma la volontà di Andrea era ferma”*. Così nell'autunno del 1911, preso il diploma liceale, Andrea Rodighiero si iscrisse alla facoltà di Scienze Naturali dell'Università di Padova. Qui frequentò il corso di Geologia del prof. Giorgio Dal Piaz, che gli assegnò come tesi di laurea *“l'ordinamento de' terreni cretacei dell'Altopiano dei Sette Comuni”*. Nelle estati del 1913 e 1914 Andrea Rodighiero percorse e rilevò con grande perizia l'allora accidentata area montuosa fra i comuni di Foza, Gallio ed Asiago, spingendosi dagli 806 metri di altitudine del Buso di val Frenzela alle cime del monte Miela (1788 metri s.l.m.) o del monte Fior (1814 metri s.l.m.), sfruttando così al meglio la sua conoscenza del territorio e le esperienze fatte con Carlo De Stefani. Individuò due aree particolarmente adatte alla ricostruzione degli eventi del Neocomiano. La prima, a quota più bassa, si sviluppa dalla Busa di Gallio o di val Frenzela, dove affiorano i terreni più antichi del Biancone, e prosegue, risalendo la val Frenzela, fino a Contrada Giancesini per arrivare infine ai Ronchi di Gallio. Percorrendo quest'ultimo tratto A. Rodighiero osservò il graduale passaggio dal Biancone più antico a quello più recente, che rinvenne anche sulle pendici del Monte Zomo, sempre sulla strada Buso – Ronchi di Gallio. Il secondo percorso si sviluppa a sud e a sud-est di Gallio ed appare più complesso. Le osservazioni geologiche si snodano da Stoccarda passando per Xaibena, Casera Melaghetto delle Portecche fino ad arrivare a Ronco di Carbon e Roncoalto di Monte Sisemol, proseguono poi fino ad Ech ed infine a Gallio. Questo secondo rilevamento geologico, anche grazie alla scoperta delle località fossilifere del Monte Sisemol, di Bertigo e di Cima Eker gli confermarono le osservazioni fatte nel primo percorso. Il rilevamento geologico di queste aree gli permise di suddividere il Neocomiano in varie unità litologiche, Biancone titonico, Biancone valanginiano, Biancone hauteriviano e Calcare barremiano, correlabili, grazie ai fossili raccolti, con i piani delle classiche serie franco-svizzere.



Figura 1 *Astieria catulloi*

Così Rodighiero riuscì a risolvere uno dei problemi della stratigrafia più dibattuti agli inizi del secolo scorso. Discussa “con il pieno plauso” la sua tesi di laurea nel 1915, nell’ottobre dello stesso anno diede alle stampe la suo articolo *“Il Neocomiano dei dintorni di Gallio (Sette Comuni)”* che uscirà nel volume VIII degli Atti della Accademia Scientifica Veneto-Trentino-Istria. L’articolo si chiude però con questa considerazione *“Le osservazioni sopra esposte rappresentano i risultati delle campagne geologiche degli anni scorsi, e attendevano quest’anno di essere completate e suffragate con altri argomenti. Ma le operazioni di guerra, che si svolgono sull’Altipiano dei Sette Comuni, non mi hanno permesso di continuare le mie ricerche”*. A quelle operazioni di guerra volle invece partecipare come volontario nel Battaglione universitario S. Giusto, ma il suo servizio militare fu di breve durata, perché *“minato da irreparabile male”* fu congedato nel 1916.

Riprese allora i suoi studi presso l’Istituto di Studi Superiori di Firenze dove aveva ottenuto un posto di perfezionamento post laurea. A Firenze operò sotto la direzione di Carlo De Stefani e si occupò quasi esclusivamente della revisione delle faune ad Ammoniti del Neocomiano alpino. Studiò le collezioni di ammoniti depositato nei Musei geologici universitari di Firenze, di Padova, di Pavia e di Pisa, del seminario di Padova e dei Musei civici di Bassano, di Verona, di Vicenza e di Asiago, il cui materiale andò poi disperso durante le operazioni militari nell’Altopiano. Insomma fece una revisione completa del materiale fino allora rinvenuto. Fu un periodo di intenso lavoro ora con la speranza di superare il suo male ora nel timore della fine vicina. Nel novembre del 1916 le sue condizioni di salute peggiorarono e prima di partire da Firenze lasciò a De Stefani il manoscritto, ormai quasi completato, del suo articolo *“Il sistema Cretaceo del Veneto Occidentale compreso fra l’Adige e il Piave, con speciale riguardo al Neocomiano dei Sette Comuni”*. Nelle conclusioni il manoscritto e il successivo articolo riportano: *“Il vecchio problema di stratigrafia veneta intorno a una regolare divisione dei piani neocomiani, ha avuto una risoluzione quasi completa per i dintorni di Gallio. Colà sono distinguibili con doppio ordine di prove paleontologiche e petrografiche il Biancone valenginiano il Biancone hauseriviano e il Calcare barremiano. Ancora non è bene accertata la presenza dell’Aptiano. Questi sedimenti furono deposti in acque profonde; e appartengono al tipo alpino della provincia mediterranea. Però il nostro Neocomiano non ha un assoluto carattere bathiale, sembrando molto vicino a regioni con fauna di tipo misto.”* Il problema della correlazione fra le successioni neocomiane Alpine con quelle dell’Europa continentale era finalmente risolto.

Andrea Rodighiero morirà a Santa Margherita Ligure l’11 febbraio 1917 e il suo lavoro sarà pubblicato a cura di De Stefani a guerra finita, nel 1919, nel volume XXV della Paleontographia italiana, la prestigiosa rivista dell’Università di Pisa. La pubblicazione si apre con il necrologio di Andrea scritto da Carlo De Stefani che così si conclude: *“Accolgano gli scienziati con benevolenza il mesto e doveroso tributo che io e Giorgio Dal Piaz abbiamo dato al nostro caro discepolo, il quale, se la vita gli fosse durata, avrebbe degnamente continuato a servire la scienza e la patria”*.

Studio biostratigrafico a conodonti della sezione Portella, Tarvisio (UD)

Elena Bellizia socia GMPE

Il lavoro svolto per preparare e discutere questa tesi presenta come argomento principale i conodonti, fossili poco conosciuti che quindi ritengo di dover prima introdurre.

Si tratta di microfossili costituiti di Fluoroapatite, di dimensioni variabili dagli 0,1 ai 2 mm, appartenenti all'apparato masticatore di un cordato marino. Sono considerati ottimi fossili guida per l'intervallo Cambriano Medio- Triassico e vengono perciò utilizzati principalmente in studi biostratigrafici, ma anche in paleobiogeografia e cronostatigrafia. I primi conodonti furono descritti nel 1859 dal paleontologo russo C.H. Pander che credette di aver trovato i denti di un gruppo di pesci fino ad allora sconosciuti: per descriverli, si basò infatti sulla morfologia di ogni singolo esemplare. Negli anni '60 e '70 studi più approfonditi ricostruirono l'intero apparato masticatore grazie alle forme e alle posizioni in cui i denti venivano ritrovati, ma fino ad allora non era ancora stata scoperta traccia dell'animale a cui ricondurre questi studi. Solamente nei primi anni '80 fu rinvenuto l'animale completo in sedimenti Carboniferi, in Scozia. In base alle osservazioni fatte in seguito a questo ritrovamento, si concluse che l'animale con i conodonti appartenesse ai cordati: in particolare l'organismo si presenta con un corpo allungato, lungo all'incirca 40 mm, senza alcuna parte scheletrica ad eccezione dei conodonti (da questo deriva la difficoltà di ritrovare l'animale completo), una pinna caudale, l'apparato cefalico e due occhi. Grazie a queste caratteristiche morfologiche e alle conoscenze riguardanti gli ambienti deposizionali delle rocce incassanti, si è potuto affermare che i "Conodont-animal" sono vertebrati marini, e che in particolare si tratta di predatori attivi, nectonici o nectobentonici.

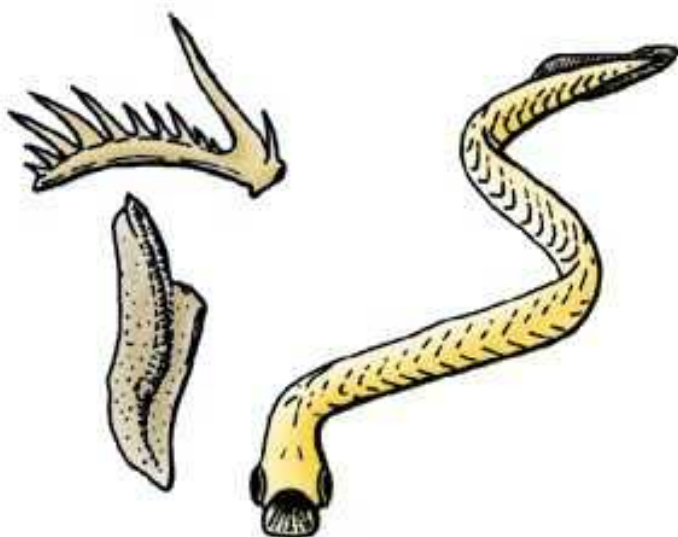


Figura 1 Esempi di conodonti e ricostruzione del Conodont-animal



Figura 2 Ricostruzione dell'apparato masticatore dei Conodont-animals

Il ritrovamento di questi microfossili e la conseguente individuazione di una o più specie precise, sono di grande aiuto nella datazione delle rocce in cui vengono ritrovati. Questo principio sta alla base dello studio che ho condotto per la mia tesi di laurea.

Obiettivo iniziale di questa ricerca era quello di verificare l'esistenza di una correlazione a livello regionale tra la sezione Portella, proveniente da Tarvisio (UD) e il membro delle Areniti del Dibona, appartenente alla formazione di Santa Croce, presente nelle Tofane (Cortina d'Ampezzo), tramite l'analisi dei sedimenti e dei microfossili rinvenuti nella suddetta sezione. Il primo passo è stato quello di dare un'età a tale successione, o meglio ad una porzione di questa.

Il materiale analizzato proviene da Tarvisio, nelle Alpi Giulie, da una zona vicina a Cave del Predil, località descritta in vari articoli per la presenza di conodonti, prossima al confine con la Slovenia. La sezione Portella ha uno spessore di circa 500m ed include 5 unità stratigrafiche (Formazione di Conzen, Formazione di Tor, Dolomia della Portella, Formazione di Carnitza, Formazione della Dolomia Principale), costituite principalmente da calcari e marne, alternati secondo diversi rapporti. Tra tutte, si è scelta di analizzare la Formazione di Tor, concentrandosi prevalentemente sui campioni prelevati al tetto ed alla base dell'unità: i campioni denominati PORC (13 in tutto) provengono dal tetto, mentre alla base è stato raccolto un unico campione nominato LG56.

Tali campioni, contenenti conodonti, sono stati precedentemente preparati in laboratorio: le rocce raccolte sono state frammentate, attaccate con acido organico blando, e setacciate in modo da isolare solamente la componente detritica ricca di microfossili, tra cui i vari conodonti. Allo Stetoscopio, con ingrandimento da 20 a 100x, sono stati analizzati 9 dei 13 PORC e il campione LG56. Osservandone bene i contenuti, 5 dei 9 PORC sono risultati “sterili” ossia in questo caso non hanno presentato conodonti, ma altri frammenti organici come squame e denti di pesci. Per i campioni, invece, che contenevano conodonti è stato fatto un lavoro di classificazione dei vari esemplari presenti, per datare il sedimento da cui si sono estratti. I campioni PORC hanno evidenziato così la presenza di tre specie di *Nicoraella*, precedentemente descritte in un lavoro di Kolar-Jurkovsek et al. del 2005 relativo a conodonti campionati nei Monti Karavanke, nell’omonima sezione considerata coeva ed equivalente alla sezione Portella. Le tre Specie di *Nicoraella* hanno alcuni caratteri comuni, come la presenza di denti in numero da 4 a 6, una cuspidi in posizione posteriore e una dimensione più o meno costante con lunghezze superiori ai 150µm; si diversificano invece nelle altre parti. La *Nicoraella budaensis* presenta infatti denti separati ed ovali se visti in sezione, il margine anteriore sub-verticale, la cavità basale limitata posteriormente e piuttosto superficiale, e quindi il profilo inferiore risulta piatto. La *Nicoraella* sp.B differisce dalla *N. budaensis* per la presenza di denti quasi completamente fusi e sub-ovali in sezione, per il margine anteriore leggermente arcuato e per la cavità basale più allungata. La *Nicoraella* sp.A è invece caratterizzata da denti poco fusi, con una sezione laterale molto compressa, da un margine anteriore arcuato e da una cavità basale ampia e profonda che determina così un profilo inferiore altrettanto arcuato. Gli esemplari trovati nei PORC si sono dimostrati perfettamente assimilabili ai conodonti ritrovati nella sezione Karavanke. La vera sorpresa di questo studio deriva dagli esemplari contenuti nel campione LG56: più piccoli dei conodonti *Nicoraella*, si sono rivelati appartenenti a nessuna specie precedentemente trovata e descritta. Sono stati inoltre osservati conodonti con caratteristiche diverse, che si è preferito lasciare indicati con nomenclatura aperta.

Per giungere, dunque, a qualche conclusione ho potuto affermare che il ritrovamento di esemplari di *Nicoraella budaensis*, è stato essenziale per determinare l’età della parte superiore della Formazioni di Tor, ovvero Julico sommitale, secondo i lavori di Kolar-Jurkovsek et al. (2005) e Kozur e Mock (1991), a circa 230 milioni di anni fa.

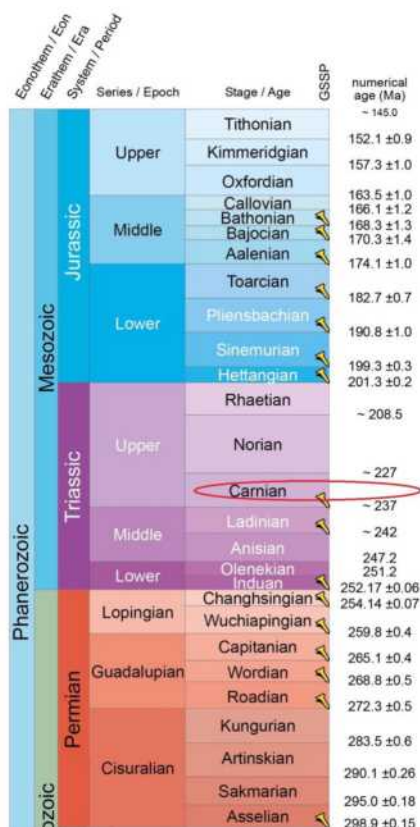


Figura 3

Scala cronostratigrafica e piano analizzato

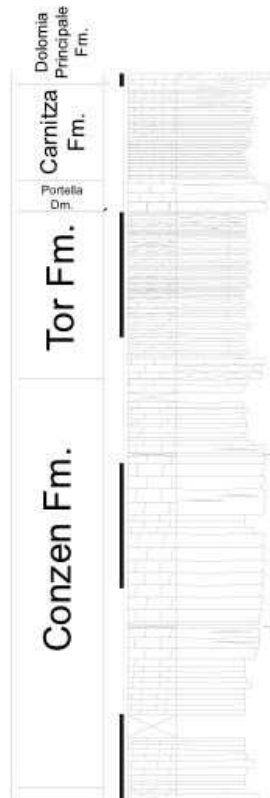


Figura 4

Sezione Portella

Tesi triennale consigliata e svolta sotto la supervisione del Professor Manuel Rigo, ricercatore e docente presso l’Università degli Studi di Padova.

Bibliografia:

- Kolar-Jurkovsek T., Gazdzichi A. and Jurkovsek B. (2005) - Conodonts and foraminifera from the “Raibl Beds” (Carnian) of the Karavanke Mountains, Slovenia: stratigraphical and paleobiological implications. *Geological Quarterly*, 49 (4): 429-438. Warszawa.
- Michael J. Orchard and marco Balini (2007) – Conodonts from ladinian-carnian boundary beds of south canyon, new pass range, Nevada, USA. *The Global Triassic. New Mexico Museum of the Natural History and Science Bulletin* 41, 333-340
- Kozur H. and Mock R. (1991) – New Middle Carnian and Rhaetian Conodonts from Hungary and the Alps. *Stratigraphic Importance and Tectonics Implications for the Buda Mountains and Adjacent Areas. Jb. Geol. B.-A.*, 134: 271-297.
- Roghi G. (2004) - Palynological investigations in the Carnian of the Cave del Predil area (Julian Alps, NE Italy). *Review of Palaeobotany and Palynology* 132, 1-35 .

Ricerche in... Collezione

Libero Battiston socio GMPE

Io penso che coltivare una collezione personale di minerali o di fossili è oggi una attività che sta per diventare obsoleta.

E' questo un assunto piuttosto forte, ma non privo di argomenti, come nel seguito si può vedere.

E' ben noto che le antiche collezioni di minerali e fossili, conservate in poderose bacheche esposte alla luce di immense sale di vetusti palazzi, hanno spesso costituito il nucleo di interesse attorno al quale gruppi di scienziati dei secoli passati si riunivano per discutere delle grandi questioni pertinenti la Natura relativamente allo Spazio e al Tempo; cioè discutevano delle grandi formazioni geologiche a livello continentale, delle diverse rocce e dei loro minerali e fossili, e delle ere geologiche.

Questi gruppi di scienziati hanno contribuito, con il loro peregrinare in tutta Europa, ma anche intraprendendo viaggi di ricerca, spesso irti di pericoli negli altri continenti, a formare quell' humus scientifico che è alla base della nostra attuale conoscenza della natura.

E quindi è vero che una collezione può essere fonte di studio, di interesse, di piacere intellettuale, e di emozione di fronte alle forme, ai colori e alle varie caratteristiche dei minerali e dei fossili, e può essere di stimolo per una indagine più approfondita.

Ma se aveva un senso, ancora diciamo 30 anni fa, avere una propria collezione di minerali o di fossili (si intende qui una collezione di centinaia o anche di migliaia di pezzi), perché questa attività si riallacciava idealmente con la antica attività dei sapienti, dei dotti, degli scienziati, oggi questo senso è grandemente diminuito.

Infatti la enorme distribuzione attuale delle reti di informazione rende inutile la proliferazione delle collezioni personali, perché rende obsoleto il tentativo di ampliare sempre più la propria collezione ai fini di arrivare ad una maggiore conoscenza a partire dalla diretta osservazione di comunque pochi (perché praticamente impossibile stare alla pari con la ricerca in tutto il mondo) e non organizzati campioni.

Quindi non sorprende che molto spesso c'è il rischio che una collezione individuale, per le ragioni più varie, diventi col tempo, solo un qualcosa senza altro senso se non quello di occupare molto spazio e molte risorse.

Infatti esistono e sono molto semplicemente accessibili database professionali e semiprofessionali che soddisfano moltissime esigenze di informazione e di conoscenza di qualunque utente, in modo gratuito, a fronte del costo talora proibitivo che hanno nel mercato attuale i campioni di minerali o di fossili, e del costo dei viaggi per visitare le mostre a questi dedicate. Ma limitiamo d'ora in poi le nostre considerazioni ai solo minerali.

Le informazioni contenute in questi database vanno dalle foto (a volte centinaia di foto per ogni singolo minerale e che coprono provenienze da tutto il mondo), alla analisi chimica e strutturale, alle caratteristiche fisiche, alla descrizione dei siti mineralogici, alla sistematica, alla ricerca per minerale e per sito, ecc., in modo semplice e tale da non richiedere una preparazione di livello universitario.

Questo tipo di database quindi, soddisfa esigenze molto diverse ed è adatto per avere tutte le informazioni che interessano in tempo reale, in modo semplice e indipendente dalla collezione di chi si serve del database.

Allora buttiamo via così su due piedi le nostre collezioni?

No, io penso che esiste un'altra strada: che è quella di costruire intanto, un database connesso alla propria collezione, con tutti i dati che si riesce a definire, cioè una organizzazione della collezione che, oltre ad aiutare a mantenere la collezione stessa, possa racchiudere tutta o quasi tutta la informazione che vi è stata immessa.

C'è a mio modo di vedere, una importante conseguenza di questa idea: chi si accinge a fare questo lavoro di ricognizione dei propri campioni, è indotto a “studiare” campione per campione, la collezione, cioè viene invogliato a osservare ogni pezzo e a stabilirne colore, abito cristallografico, grandezza del campione, natura della matrice, minerali che eventualmente accompagnano il minerale scelto come principale, denominazione internazionale (IMA) e formula chimica, tanto per dare alcuni esempi. Quanto a dire viene invogliato a puntare sulla conoscenza approfondita di ogni specie più che al possesso di un numero sempre più grande di specie o di campioni presenti in collezione.

Questo lavoro avvicina il senso della ricerca di una conoscenza generale dei minerali, secondo le linee di quella che è stata in passato la grande tradizione dei dotti dei secoli scorsi.

Ogni collezionista ha sviluppato le proprie sensibilità e quindi le proprie esigenze in fatto di dati da immettere nel database. Ho già accennato ad alcuni parametri che sono generalmente usati, senza volerne fare una scelta esclusiva. Molte altre possono essere infatti le esigenze di descrizione a cui il singolo collezionista è interessato: posso citare la provenienza per sito, per nazione o per area geologica, il fatto che quel tal campione sia stato comperato o scambiato o ancora trovato dal collezionista, la data di acquisizione del campione stesso e molte altre.

Non c'è un criterio assoluto, c'è solo da tener conto che poi la immissione di ogni pezzo implica la immissione di una pletora di dati e caratteristiche che può diventare enorme. Quindi bisogna scegliere bene questi dati, i moderni database danno comunque la possibilità di aggiungere un campo (cioè un dato per campione) in ogni momento e di posizionarlo secondo le proprie esigenze.

Vediamo allora cosa può dare un tale database connesso ad una collezione particolare, cioè a partire da una organizzazione sistematica della collezione, analizzando per casi specifici il livello di informazione che è possibile estrarre da un database a partire dalla quantità di informazione che è stata immessa nel database stesso. Nel mio database ho inserito via, via sempre più campi, cioè caratteri fisici o di località, o altri e adesso mi ritrovo con una trentina di campi e non è finita qui. Naturalmente ciascuno può fare le sue scelte.

Cominciamo per esempio con la distribuzione dei miei minerali provenienti dall'Italia divisi per regione italiana. In questo caso considero tutti gli oltre 1800 pezzi senza riguardo al fatto che siano stati trovati da me o scambiati o comperati. Questa informazione può essere riassunta nella figura 1 seguente:

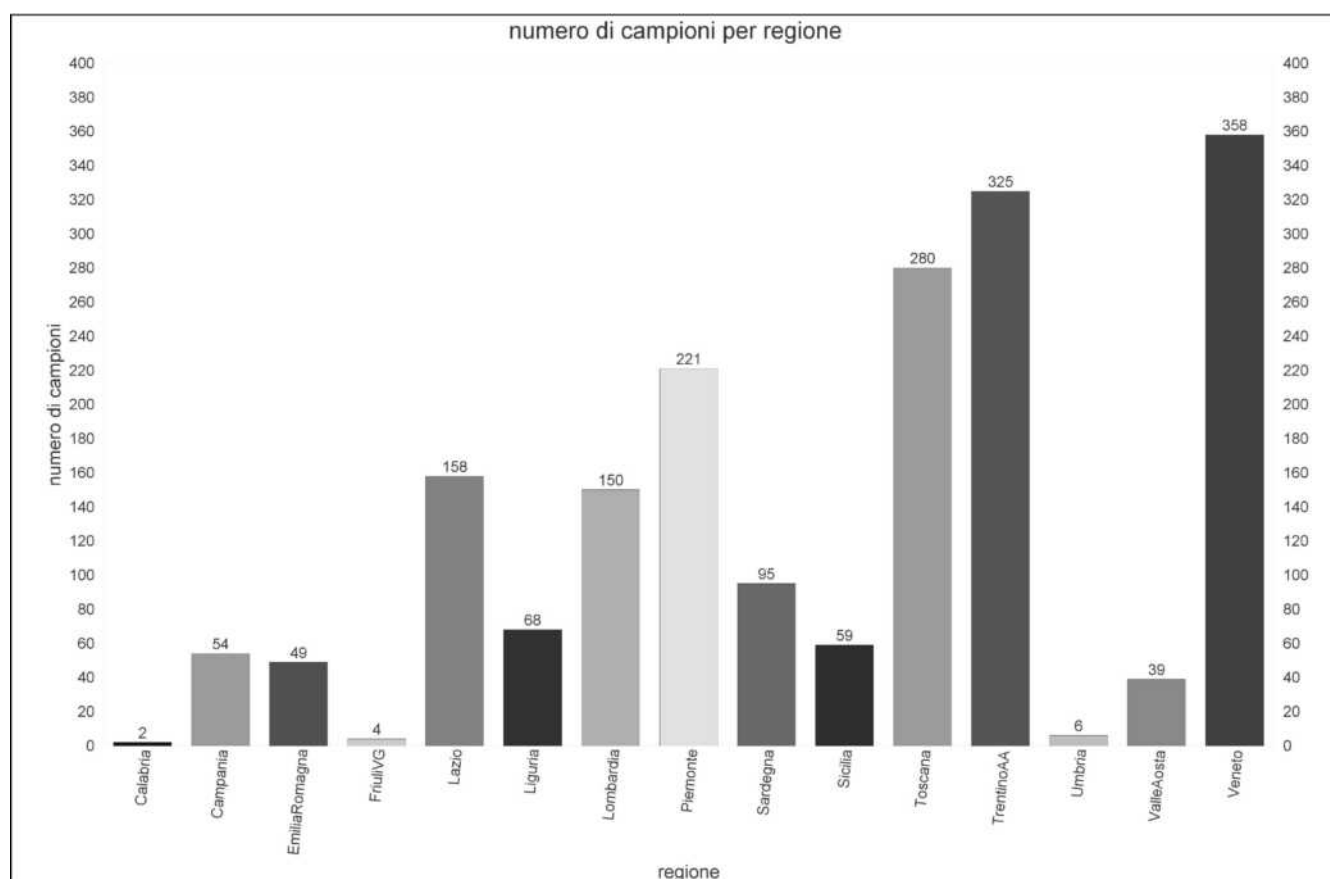


Figura 1

Da questa figura si vede chiaramente che la regione dove abito, il Veneto, ha il maggior numero di campioni e questo è da aspettarsi dal momento che è la zona dove mi sposto più facilmente ed è una regione ricca di siti e di specie. Naturalmente se potessi contare su un database distribuito, (come spiegato nel seguito) questo effetto locale sarebbe eliminato e rimarrebbe solo la effettiva ricchezza di minerali di ogni regione.

Come seconda figura voglio mostrare qualcosa di più di una semplice distribuzione, cioè di una possibile correlazione tra il colore dei minerali e la loro composizione chimica: consideriamo i minerali di rame, in questo caso tutti i minerali di rame e tutti i pezzi da tutto il mondo:

Numero di campioni per colore

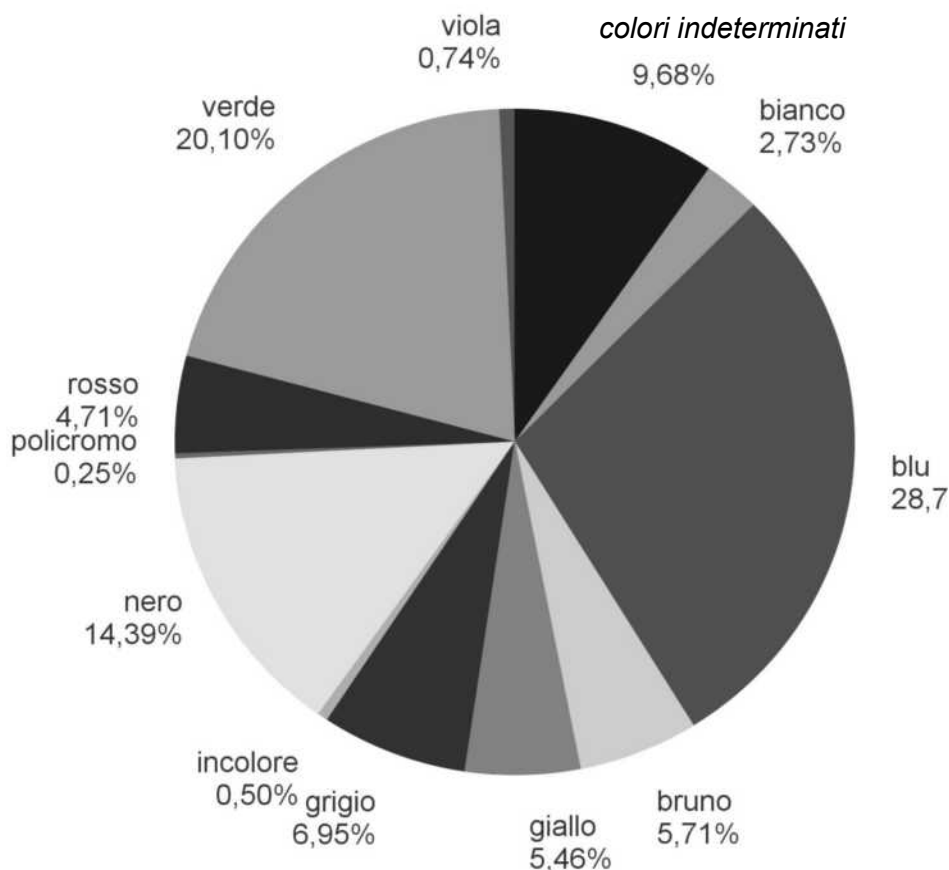


Figura 2

Dalla figura 2 è possibile vedere che moltissimi minerali di rame è di colore blu o verde. Si badi bene che questa non è una legge: ci sono minerali che non sono composti di rame e sono blu o verdi, basti pensare al Berillo e ci sono minerali di rame che non sono blu o verdi ma gialli, basti pensare alla Chalcopyrite. Ecco non una legge quindi ma una semplice correlazione, che però può dare delle utili indicazioni diagnostiche.

Come terzo esempio consideriamo la distribuzione dei miei minerali in funzione della loro classe di appartenenza in confronto ai minerali noti. Per classe si intende qui classe chimico-cristallografica. Per essere precisi considero in questo caso le sole specie chimiche diverse, e allora si tratta di 1640 specie nella mia collezione contro le più di 5000 note in tutto il mondo, secondo il data base dell'AMI (Associazione Micromineralogica Italiana) che ricalca il database dell'IMA (International Mineralogical Association). Seguirò la divisione attuale dei minerali noti in 10 classi (i borati ora sono considerati una classe a se), quindi avremo:

Classe 1: elementi nativi

Classe 2: solfuri e solfosali

Classe 3: alogenuri

Classe 4: ossidi e idrossidi

Classe 5: carbonati

Classe 6: borati

Classe 7: solfati, wolframati e molibdati

Classe 8: fosfati, arseniati e vanadati

Classe 9: silicati

Classe 10: minerali di natura organogena.

Nelle prime 4 classi compaiono anche altri gruppi di minerali, ma sono in numero ridotto.

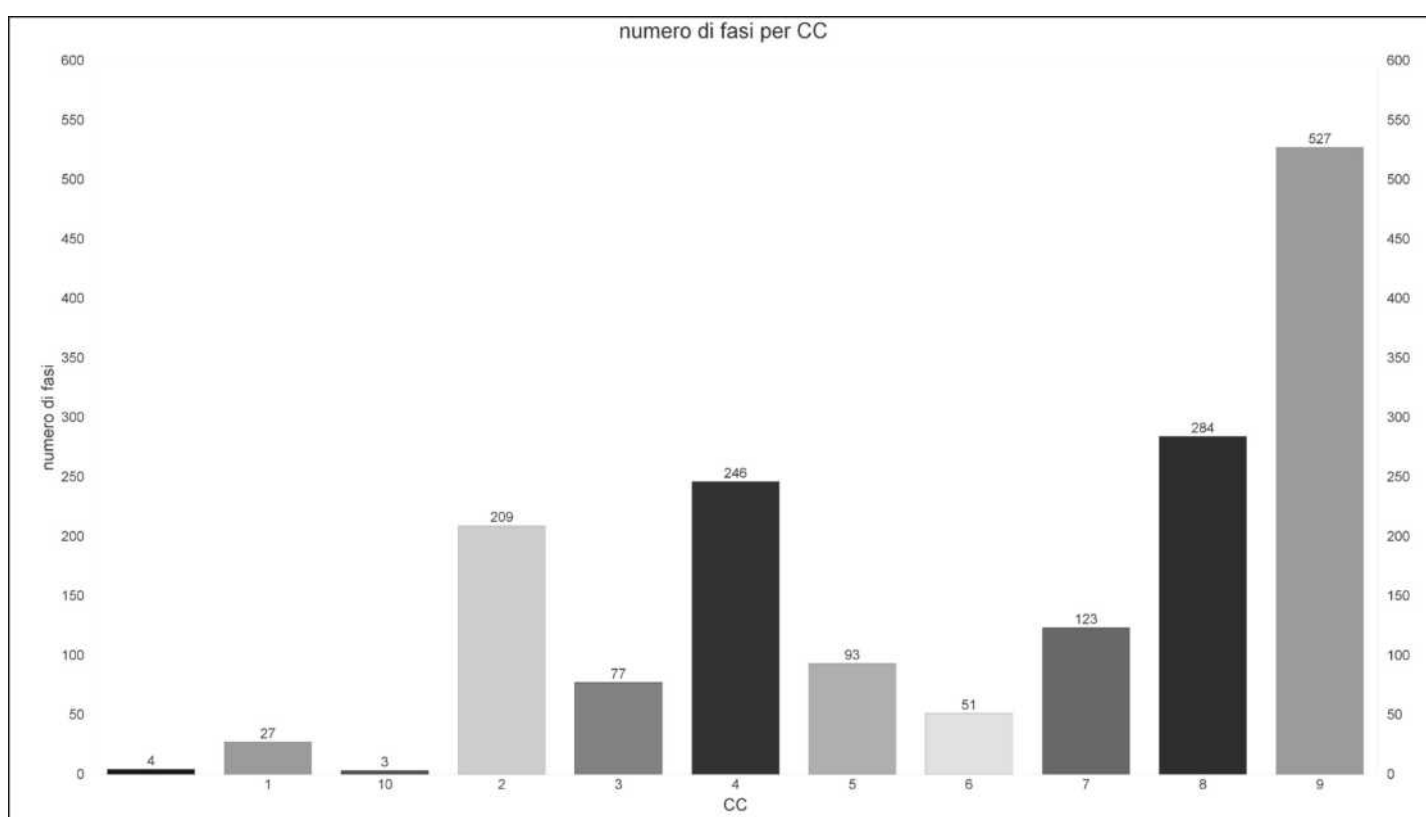


Figura 3

Nel confronto qualitativo tra le figure 3 e 4 si può vedere che c'è un sostanziale accordo tra i 2 grafici. Si può notare che i borati sono “penalizzati” in entrambe dalla loro effettiva scarsità, come i minerali della classe 10, mentre gli alogenuri risentono in generale della difficoltà di conservazione e quindi di reperimento tra i collezionisti e nel mercato in genere.

Penso che adesso sia chiaro perché ho dato il titolo: “Ricerche ... in collezione” a queste mie note.

Per chi poi non si accontenta di questo livello di conoscenza, ed è interessato a sviluppare le sue conoscenze anche in ambito internazionale, può essere interessato a mettere in comune la sua collezione (cioè i dati che sono stati inseriti nel database) entro una proposta di collaborazione prima nazionale e poi, col tempo, internazionale.

Io penso allora che, in senso generale, ci possa essere l'interesse di alcuni collezionisti per la costruzione di un database di origine distribuita sul territorio nazionale italiano, diciamo per esempio a partire da una collezione per ogni regione.

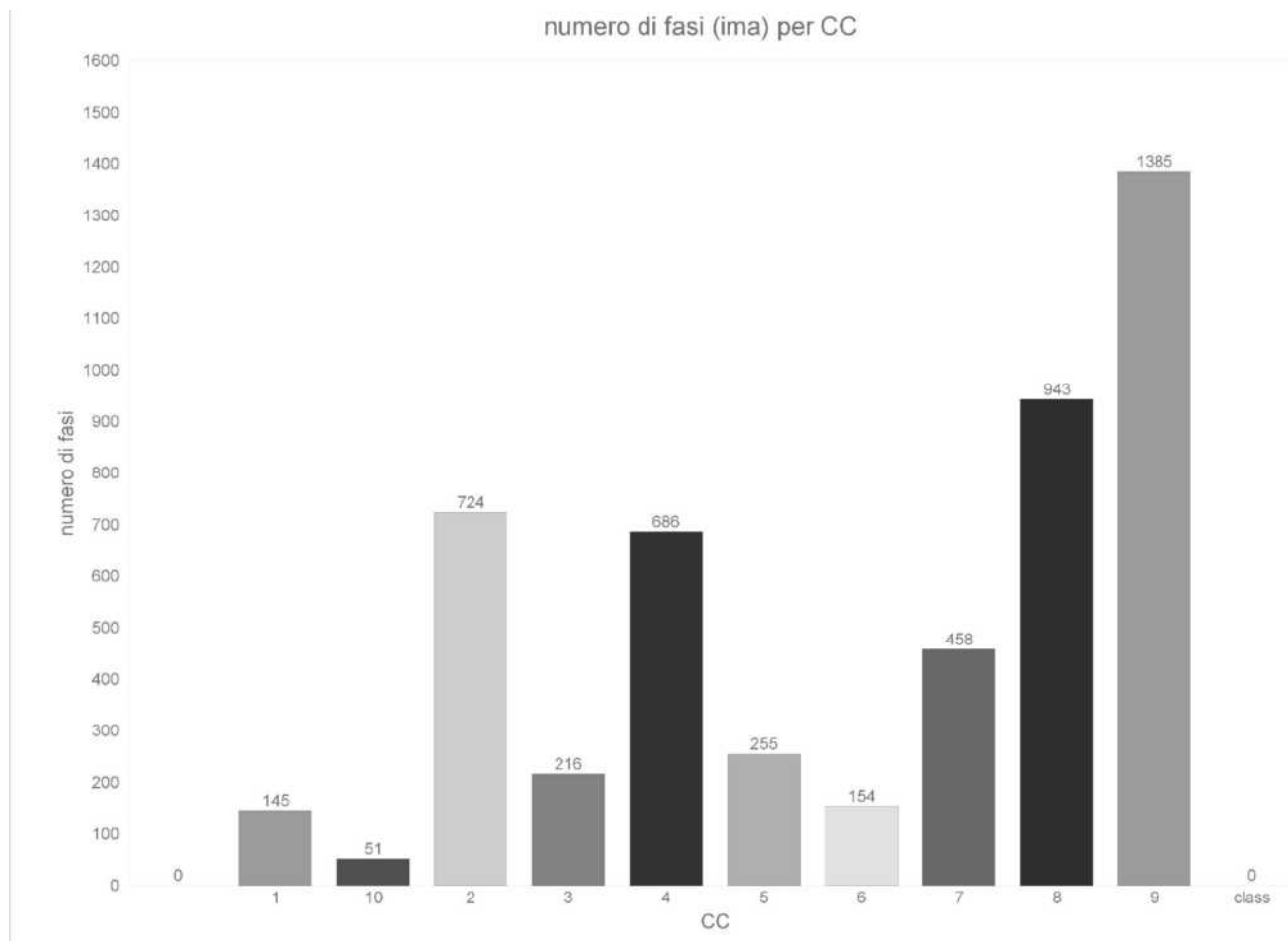


Figura 4

Cioè a dire a partire dall'interesse di una ventina di collezionisti (uno per regione o giù di lì) per esempio, disposti non solo a mettere a disposizione, nel senso del database, i loro pezzi, quanto anche a costruire e usare questo più grande database comune, come unione, dei loro singoli database.

Con l'enorme vantaggio che questo può apportare a quanti ne facessero uso.

Questa proposta va valutata per confronto con altre, per esempio la esperienza tedesca di Monaco in Baviera con i "Mineralien Freunde" o la proposta francese di un "museo" nazionale dei Micromounts che in un modo o nell'altro implicano l'acquisizione fisica di campioni, o addirittura il trasferimento di intere collezioni, la creazione di "musei" locali, regionali, e/o nazionali in quanto luoghi fisici e la gestione di questi "magazzini mineralogici" di questi luoghi fisici, con tutti i problemi pratici che ne possono derivare.

Ci sono almeno tre ragioni per passare al sistema del database a origine distribuita:

1 - La prima è data senz'altro dalle difficoltà di mantenere i singoli database e questo per molte ragioni, dal tempo necessario alla manutenzione, alla cultura informatica da investire.

2 e 3- La seconda e terza ragione sono dovute più intrinsecamente ad effetti locali che inficiano la validità di una raccolta di campioni già di per se' limitata, e danno luogo ad una statistica non sufficiente e quindi non significativa.

Si fa presente inoltre che in un tale database, oltre che della provenienza giacimentologica, si tiene automaticamente conto della accessibilità dei giacimenti e dei loro minerali (permessi, attrezzatura, ecc., che possono essere diversi nel caso di cave a cielo aperto oppure nel caso di miniere o di ricerche nelle discariche) e dello scambio di minerali e della loro compravendita che avviene, sotto diverse forme, sia tra i collezionisti che tra i commercianti e i collezionisti.

Con un simile database operativo, molte delle preoccupazioni circa il futuro delle attuali collezioni vengono meno: la informazione in esso contenuta verrà conservata con facilità anche se le singole collezioni fisiche verranno "buttate in acqua" perché, come spesso succede, i parenti del collezionista non hanno alcun interesse a mantenere la collezione. Concludendo che è importante cominciare una collezione con l'intenzione di approfondire le proprie conoscenze, e darsi da fare, affinché si possa arrivare a frequentare una collezione pubblica già esistente con il suo accesso ad un database nazionale, o internazionale e indirizzare il proprio interesse alla ricerca di minerali sul campo, e alla loro identificazione e descrizione.

PATAGONIA *Terra di dinosauri*

Franco Colombara socio GMPE

Il giorno 8 di ottobre è stata inaugurata a Padova la grande mostra dei dinosauri dell'Argentina, frutto del partenariato tra l'Amministrazione comunale, il dipartimento di Geoscienze dell'Università patavina, vari Istituti scientifici e Musei argentini e numerosi sponsor.

Guarda caso quest'anno ricorre anche il decennale della spedizione intrapresa dallo scrivente assieme a Giancarlo Casarini e altri amici proprio in Argentina, finalizzata al recupero dei resti di un dinosauro, che i paleontologi del centro studi sui dinosauri di Barreales avevano individuato nella steppa patagonica nei pressi di Ñaello (Provincia di Neuquen, nella regione di Rio Negro).

Al ritorno pubblicai nel nostro bollettino un resoconto puntale della spedizione (bollettino GMPE n° 54 di giugno 2007), di cui riprendo qui i punti salienti, soprattutto per i numerosi nuovi soci che si sono iscritti al GMPE negli ultimi dieci anni.

Il nostro gruppetto era composto da me e Giancarlo Casarini, Gabriella, moglie di Giancarlo e altri tre amici – Agostino Bertazzo, Marino Giorgini, Giovanni Mardegan – attirati più dalla particolarità dell'esperienza che da specifici interessi paleontologici.



Figura 1 Il gruppo monselicense

Il nostro gruppo ha collaborato a titolo di volontariato ad un programma di scavo diretto dal paleontologo argentino José Calvo, responsabile del centro studi sui dinosauri Los Barreales. Calvo si avvaleva della collaborazione di un giovane paleontologo italiano, Paolo Gandossi, che aveva organizzato un campo operativo per le ricerche.



Figura 2 Il campo base



*Figura 3
Localizzazione
geografica della
zona di ricerca*

La località è chiamata Aguada Pichada (che significa acqua amara) e si trova ad una trentina di chilometri dal villaggio di Ñello, nel bel mezzo della steppa patagonica, un luogo desertico continuamente battuto da un vento implacabile



Figura 4 Steppa patagonica nei pressi di Ñello

Lo scavo dei resti del dinosauro era già stato iniziato qualche mese prima da un altro gruppo di volontari, tra cui vi era anche Cristiano dal Sasso, uno dei massimi esperti italiani di dinosauri, conservatore per la paleontologia dei vertebrati nel Museo di Storia Naturale di Milano.

Quando arrivammo al campo c'era soltanto Paolo Gandossi con due argentini, Federico e Rubens, il primo tecnico paleontologo dell'università di Neuquén, l'altro collaboratore volontario; un gruppetto di volontari italiani, Dal Sasso e alcuni suoi collaboratori, era rientrato qualche giorno prima.

Ricomposta così la squadra, continuammo il lavoro già iniziato sui resti di un dinosauro sauropode di medie dimensioni, ubicato a qualche chilometro dal campo.

Le ossa fossili erano inglobate in una arenaria fine durissima e pertanto il lavoro procedeva molto lentamente. Partendo da una certa distanza dalle ossa affioranti, si procedeva alla rimozione della roccia a mezzo di un martello demolitore a scoppio, e quindi si evidenziavano le ossa usando punte e mazze, senza però estrarle completamente dalla matrice rocciosa.

Il lavoro durò una decina di giorni e si concluse con il disseppellimento di quanto era presente del dinosauro: molte vertebre, specialmente caudali e spesso in connessione anatomica, l'osso iliaco, un ischio e una tibia.



Figura 5 Il cantiere di scavo



Figura 6 Reperti scheletrici scoperti alla fine dello scavo

L'età degli affioramenti fossiliferi di Aguada Pichada corrisponde all'Albiano superiore (ca. 100 MA dal presente); le rocce sono costituite da arenarie rosse e conglomerati di ciottolotti metamorfici, che presentano spesso una tipica stratificazione incrociata.

Sono molto frequenti resti silicizzati di legno fossile, rielaborati dal trasporto e dall'erosione eolica, e frammenti dispersi di ossa di dinosauri.

Il paleoambiente è riconducibile ad una caratteristica pianura alluvionale, luogo ideale per la conservazione delle spoglie degli animali e delle piante che vi vivevano, poiché le ossa e i tronchi spesso potevano essere sepolti dai detriti dell'inondazione, prima della loro decomposizione.

Quando abbiamo effettuato lo scavo non si sapeva a quale specie di dinosauro sauropode appartenessero i resti fossili che stavamo scoprendo; negli anni successivi Calvo e i suoi collaboratori classificarono l'esemplare, attribuendolo alla specie *Rebbachisaurus tessonei*.

Nella mostra "Dinosauri della Patagonia" presentata a Udine nel 2011 erano esposti la ricostruzione artificiale dello scheletro e una interpretazione grafica del possibile aspetto della specie in parola.



Figura 7 Ricostruzione grafica del *Rebbachisaurus tessonei*

Nella provincia di Neuquén sono stati rinvenuti numerosi resti di dinosauri in vari livelli del Cretaceo; tra questi ricordo uno dei più grandi animali vissuti sulla Terra, l'*Argentinosaurus*, e un feroce carnivoro, il *Gigantosaurus carolinii*, che per dimensioni corporee compete con il più famoso *Tyrannosaurus rex*.

Sempre in provincia di Neuquén si trova un sito paleontologico veramente unico: l'Auca Mahuida.

Auca Mahuida significa "montagna ribelle" ed è un luogo estremamente selvaggio. È un vulcano spento dalla base larghissima, nei cui versanti è ancora presente per ampi tratti l'originaria copertura sedimentaria di età cretacea superiore.



Figura 8 Ricostruzione dello scheletro di Rebbachisaurus tessonei presentato alla mostra di Udine del 2011

In una zona ai piedi della montagna, una equipe di paleontologi statunitensi e argentini nel 1997 ha scoperto la più fantastica area di cova di dinosauri sauropodi. A rendere ancora più importante la scoperta fu il ritrovamento, all'interno delle uova, di numerosi embrioni.

Sono stati ritrovati anche i resti dei sauropodi adulti, nonché uova e scheletri di dinosauri teropodi, che probabilmente erano i loro predatori.

Anche il paleoambiente dell'Auca Mahuida è riconducibile ad una grande piana alluvionale; la conservazione *in situ* dei nidi di uova sarebbe stata determinata da episodi esondativi eccezionali che avrebbero causato l'improvviso ricoprimento della zona di cova da una spessa coltre argillosa.

I ricercatori hanno individuato quattro distinti livelli argillosi contenenti uova fossili, corrispondenti ad altrettanti episodi di seppellimento delle zone di cova.

Le ricerche sopra accennate hanno consentito agli studiosi di aprire uno spaccato eccezionalmente preciso sulla scena della vita del Cretaceo superiore in questo angolo della Patagonia.

Grazie al tecnico paleontologo Federico, il nostro gruppo ebbe la grande fortuna di poter visitare il giacimento di Auca Mahuida, cosa per niente facile in quanto i responsabili delle ricerche, per ovvie ragioni di tutela, mantengono uno scrupoloso riserbo circa l'esatta ubicazione del sito.

Credo di interpretare anche i sentimenti dei miei compagni, asserendo che l'escursione all'Auca Mahuida fu l'esperienza più emozionante di tutto il nostro viaggio: in un fantastico ambiente desertico, tinto di vari toni di rosso, il terreno era letteralmente costellato di frammenti di uova di dinosauri.

Dopo le due settimane trascorse ad Aguada Pichada, lasciammo l'amico Paolo Gandossi e gli amici argentini e facemmo i turisti tra la penisola di Valdez, Baia Blanca e Buenos Aires, ma le grandi indimenticabili esperienze furono quelle del campo ad Aguada Pichda, l'escursione all'Auca Mahuida, le visite e i contatti con vari specialisti nei centri di ricerca.

Fu una esperienza veramente magnifica e indimenticabile.



Figura 9 Ritrovamento di superficie di dinosauro



Figura 10 Zona dell'area di cova dei dinosauri dell'Auca Mahuida



Figura 11 Resti frammentari di superficie di uova di dinosauro

Musei e centri di studio

Nella provincia di Neuquén sono presenti importantissimi centri di studi specializzati per le ricerche sui dinosauri:

Centro Paleontologico Los Barreales

E' diretto dal paleontologo Josè Calvo; comprende un parco paleontologico, una sezione espositiva e conserva una mole straordinaria di reperti di dinosauri.

Parco cretacico el Chocon – Museo Ernesto Bachman

Tra i numerosi reperti conserva i resti più completi del famoso *Gigantosaurus carolinii*

Museo Carmen Funes

Questo museo occupa una posizione preminente a livello mondiale per quanto riguarda la paleontologia dei vertebrati.

La mostra di Padova

DINOSAURI – Giganti dall'Argentina 8 ottobre 2016 – 26 febbraio 2017

Centro Culturale Altinate S. Gaetano via Altinate 71

www.dinosauripadova.it

Infoline: 049 2010010

Una gita straordinaria

Paolo Rodighiero presidente GMPE

Da tempo avevo contattato il fisico nucleare Adalberto Giazotto per organizzare una visita alla sua straordinaria e famosa collezione di minerali. Concordati giorno e ora, Stefania Barbiero si era assunta l'onere della organizzazione del viaggio e Bruno Simoni l'incarico di raccogliere adesioni e quote di partecipazione. E' così arrivato il momento della partenza fissato alle ore 6,30 di sabato 15 ottobre. Sono presenti: Barbiero Stefania con il figlio Alberto e, su suo invito, Marco Boccanera con la figlia Eugenia, Silvia Wang con il marito e i figli Antonio e Pietro, Bazzacco Marzia con la sorella, Casarini Giancarlo con moglie e due amici, Citarella Sanco Maddalena, Colombara Franco e consorte, Compagno Elisabetta e Saccon Marino, Fabris Leopoldo, Fassina Bruno con moglie e un amico, Fornaro Marco, Franciosi Marco con moglie, il figlio ed un amico, Marcante Mara, Maschio Leonardo, Rodighiero Paolo, Simoni Bruno, Toniolo Anna, Zancopè Alberto.

Un primo gruppo si ritrova puntuale alle 6,30 in Prato della Valle. Salendo nel pullman ci presentiamo all'autista Antonio della Ditta Cavinato e partiamo per Monselice dove ci aspetta il secondo gruppo di partecipanti. Quando siamo ormai prossimi alla meta in vista dell'abitato di Vecchiano veniamo respinti prima da un sottopasso troppo basso per l'altezza del pullman e poi da una strada troppo stretta che blocca definitivamente il nostro mezzo. Dopo un penoso girovagare che ci fa perdere un'ora smontiamo e ci avventuriamo a piedi non prima di esserci accertati se la via fosse giusta. Sono ormai le 11 del mattino e sappiamo che prima delle 14 non potremo riprendere il mezzo. A 100 metri dalla nostra meta telefono a Giazotto che immediatamente esce di casa e ci accoglie con grande familiarità. I numerosi contatti informativi avuti in precedenza e la comune passione per i minerali trasforma questo nostro primo incontro in amicizia vera e propria.



Figura i Tormaline giganti e rodocrosite di 12 cm. di lato



Figura 2 Berillo eliodoro



Figura 3 Berillo acquamarina



Figura 4 Tormalina

Giazotto ha organizzato la sua straordinaria esposizione in una ampia sala di una dependance della sua casa gestita anche a Bed & Breakfast. Lungo le pareti del salone sono sistemate le vetrine che racchiudono il tesoro inestimabile della sua collezione. L'illuminazione è perfetta e ogni campione ha al fianco un numero di catalogo.

La sistemazione è prettamente estetica. Passiamo davanti a queste meraviglie una buona ora. Si susseguono domande e curiosità a cui Giazotto offre ampie e precise risposte.

Poi, su mio invito, il padrone di casa espone le cause primarie che lo hanno spinto ad iniziare una raccolta, decisamente unica al mondo.

Scopriamo così che anche nel suo caso, come è successo per molti di noi, è stato l'incontro casuale con qualche cristallo luccicante a innescare la prima scintilla. E così qualche cristallino di pirite casualmente rinvenuto nella riva della Dora Riparia a poco più di 3 anni fece scattare un amore per i cristalli.

Erano gli anni '40 del secolo scorso e non vi erano ancora né negozi, né mostre a sostenere tanta passione. La prima vera fonte di acquisti importanti fu il negozio, meglio dire il magazzino aperto negli anni '50 da Pio Mariani, reduce da una straordinaria vincita a "Lascia o Raddoppia". Pio Mariani fu il primo ad importare minerali straordinari dal Brasile e dal Sud Africa. Era l'occasione di reperire quindi campioni di tormalina, di berilli morganite e acquamarina delle pegmatiti sudamericane e le stupende azzurriti, cerussiti e dioprosi della famosa miniera di Tsumeb.

Da quello che si vede in queste foto sono i minerali delle pegmatiti brasiliane i più ricercati ed amati da Giazotto. Parlando della miniera di Pederneira, Doce valley, nello stato di Minas Gerais in Brasile gli occhi del nostro oratore si illuminano. E guardando attentamente le tormaline esposte si capisce molto bene il motivo.

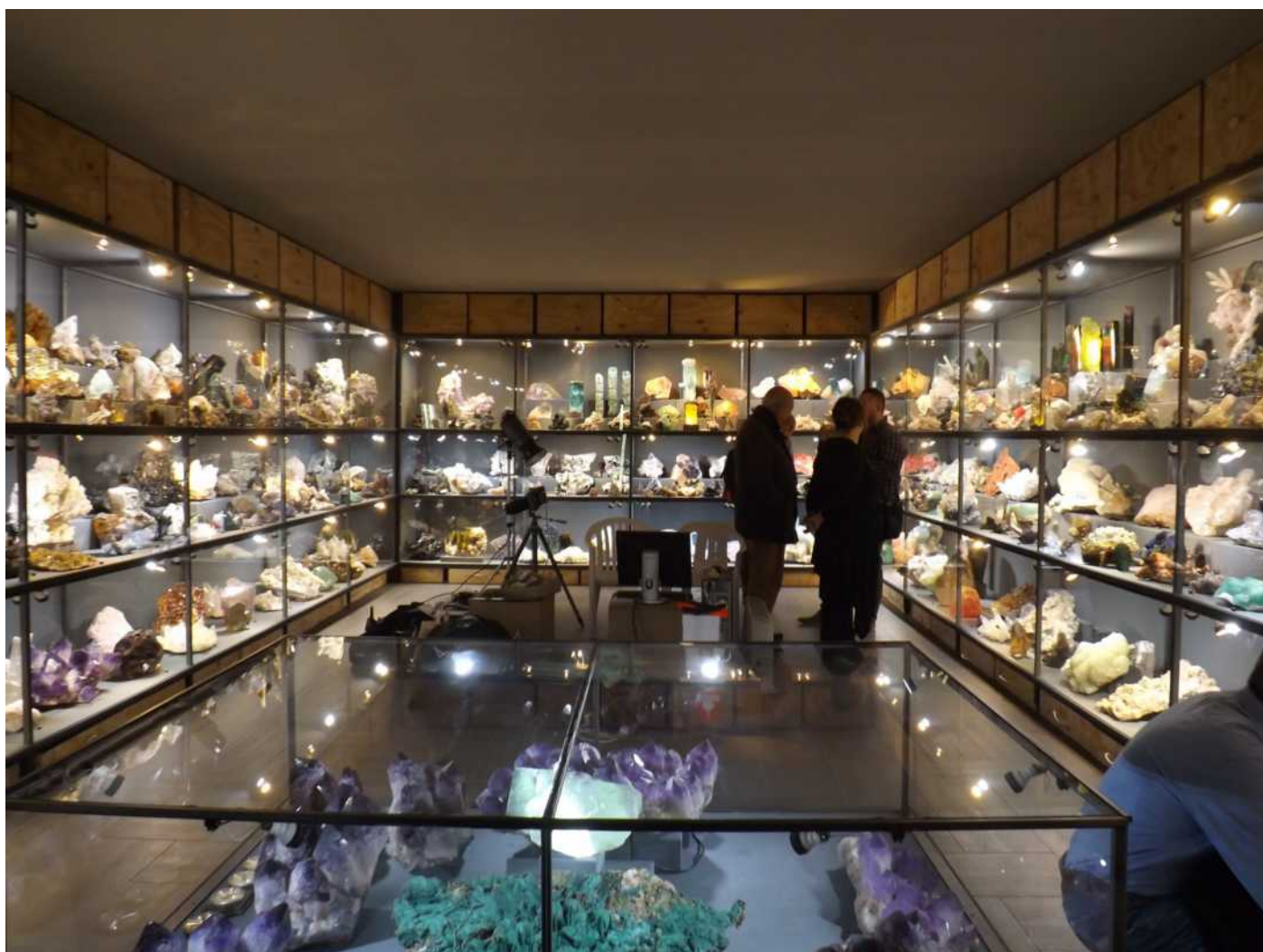


Figura 5 La sala con relativa esposizione.



Figura 6 Zolfo siciliano



*Figura 7 Rodrosite
del Colorado*

Successivamente pian piano, grazie all'aiuto di altri importatori italiani e all'acquisto di collezioni private riesce a reperire quanto oggi è visibile in questo suo personale Museo. Soddisfatti della sua storia rivediamo ancora una volta con attenzione l'esposizione dove francamente restiamo sconcertati dalle dimensioni straordinarie di berilli, tormaline, quarzi ametista, ma anche dalla bellezza di campioni, grandi come lavandini, di quarzo e rodrosite del Colorado e di zolfo delle nostre miniere siciliane.

Riempiti gli occhi di tante luci e colori ci lasciamo non senza aver espresso il nostro più vivo ringraziamento per l'ospitalità ricevuta da lui personalmente e da sua moglie che ha voluto rifocillare i presenti con salattini, bibite e vino.

Doniamo al nostro ospite un bellissimo "campanile" e un libro sul quarantennale del GMPE, entrambi molto graditi da Giazotto.

Devo qui ricordare che lo stesso è un fisico nucleare che ha lanciato nel 1993 il progetto italo-francese per la realizzazione del grande interferometro VIRGO. Questo è una delle più ambiziose, raffinate e promettenti imprese lanciate dall'INFN e realizzata con il contributo di un eccezionale gruppo di fisici e tecnici principalmente in ambito pisano. L'esperimento è ora definitivamente avviato per la rivelazione delle onde gravitazionali.

Proprio nel 2016 Giazotto ha ricevuto il premio internazionale E. Fermi per questo progetto.



Figura 8 Adalberto Giazotto riceve gli omaggi



Figura 9 Foto di gruppo

Dopo il commiato pranziamo a sacco sotto gli ulivi che circondano il podere per poi proseguire in ordine sparso verso il nostro mezzo di trasporto.

Puntuali riprendiamo il percorso che ci porterà a Prato per la visita al Museo di Scienze Planetarie.

L'idea di realizzare un simile Museo ha preso forma verso la fine degli anni '90, quando la Provincia di Prato ha deciso di dare un forte impulso allo sviluppo della cultura scientifica nel territorio pratese partendo dalla valorizzazione delle competenze e delle realtà scientifiche locali. E' stato così affidato all'Istituto Geofisico Toscano, un'istituzione di lunga e consolidata tradizione, l'incarico di progettare un museo che fosse legato al territorio e proiettato su uno scenario internazionale.

Il nome del museo è legato ai reperti ed ai contenuti che presenta: le meteoriti, i minerali e i processi genetici che hanno portato alla loro formazione, con particolare riguardo alla nascita e all'evoluzione del Sistema Solare e dei suoi pianeti.

Subito all'ingresso in un angolo volutamente oscurato si può prendere visione di uno spettacolo in quadrisfera realizzato da Paco Lanciano, il celebre fisico che partecipa sovente alle trasmissioni di Super Quark condotte da Piero Angela. Sono proiettate immagini di stelle e galassie che simulano l'origine dell'universo fino ad arrivare al nostro pianeta e alla presenza della vita. Sono immagini suggestive sostenute dalla straordinaria sinfonia n. 9 *"Dal nuovo mondo"* di Antonín Leopold Dvořák. In pochi si fermano. Comincia la stanchezza, è quasi un giorno che siamo sempre in piedi. Si può capire. L'interesse è poi verso i minerali che sono nell'ultima sala.

Seguiamo un po' una guida che racconta agli astanti molti dati sulle meteoriti. Sarebbe interessante continuare la visita guidata, ma il tempo stringe perché è ormai prossima l'ora di partenza e allora passiamo all'ultima sala.

Questa è ampia e contiene obiettivamente numerosi campioni tutti molto estetici.



Figura 10
Brookite



Figura 11
Brasilianite



Figura 12
Calcite lenticolare e fluorite

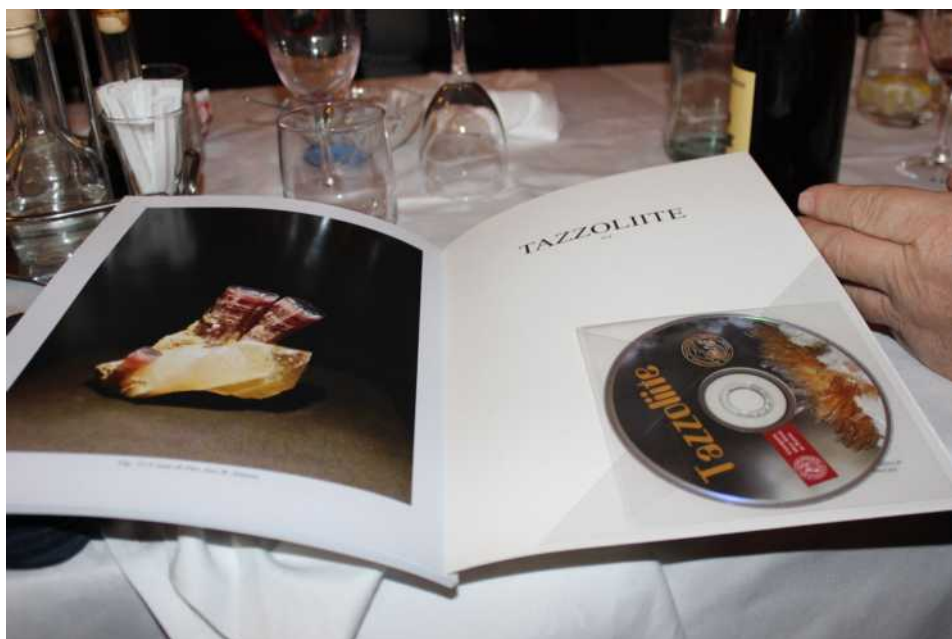
Nella pagina precedente un campione eccezionale di brookite in cristalli centimetrici immersi nei quarzi. Il campione proviene dal Distretto Kharan, Balochistan nel Pakistan. Campioni di queste dimensioni provengono solo da questa località. Il gruppo dei gitanti si disgrega per osservare le mineralizzazioni di interesse personale. Forme e colori sono anche qui stupendi. Certo, se mai ce ne fosse stato bisogno, evidenziano ancor più gli straordinari campioni visti nella mattinata che per dimensioni non conoscono al mondo uguali. Sempre nella pagina precedente un campione molto grande di fluorite e calcite lenticolare proveniente dalla Cina. Su tutto troneggia la brasilianite che un cartello appositamente messo avvisa che è il più bel campione mai trovato al mondo! E' così, e tutti possono ammirare il cristallo qui a fianco fotografato. Ma sono anche molti altri i minerali che meriterebbero di essere proposti se solo avessimo avuto altre foto appropriate. I campioni esposti sono infatti assolutamente competitivi con altri campioni museali. Ma non c'è più tempo, la nostra guida ci richiama. Per non incorrere in sanzioni dobbiamo infatti rientrare per le 20 e sono ormai quasi le 17. Passiamo in un cortile pieno di ragazzini. Chissà, gli scolari di questa scuola diventeranno tutti astrofisici! Con un simile Museo accanto non può essere che così! Il viaggio di ritorno prosegue sereno tra battute e qualche barzelletta. Poi a Monselice i saluti ai primi che scendono e in Prato della Valle l'arrivederci degli altri. Alla prossima, si potrebbe dire! Ma ci sono in giro collezioni simili a quella di Giazotto da vedere?



Figura 13 Al Museo di Scienze Planetarie na meteorite simile suscita molto interesse fra i soci GMPE

Andar per sassi e non solo...un anno (2016) di immagini e momenti GMPE

foto di Sergio Barison socio GMPE



*Si concludeva il 2015, e ci siamo
ritrovati in allegra convivialità*

*Immagini della cena sociale 2015
al ristorante Le Querce*



*Immagini della cena sociale 2015
al ristorante Le Querce*



*Immagini della cena sociale 2015
al ristorante Le Querce*

*Immagini della cena sociale 2015
al ristorante Le Querce*



*Durante la cena viene
consegnata al Presidente
GMPE Paolo Rodighiero la
targa in occasione del nostro
quarantennale*



*Momenti della serata informale
del 5 febbraio 2016*



*Il 3 marzo 2016 la prof.ssa
Cinzia Bettineschi ci parla del
vetro*



*Il 3 marzo 2016 la prof.ssa
Cinzia Bettineschi ci parla del
vetro*



*Il 14 aprile 2016 la conferenza
della prof.ssa Gabriella Salviulo*

*Il 14 aprile 2016 la conferenza
della prof.ssa Gabriella Salviulo*



*Aprile...andar per sassi
alla cava di perlite*



Il 6 maggio 2016 Franco Colombara ci parla delle Chocolate Hills delle Filippine



Il 6 maggio 2016 Franco Colombara ci parla delle Chocolate Hills delle Filippine



Tra fine agosto e inizio settembre la mostra ad Abano, presso la nostra sede, in ricordo del nostro caro Bepi Sanico



Tra fine agosto e inizio settembre la mostra ad Abano, presso la nostra sede, in ricordo del nostro caro Bepi Sanco



Tra fine agosto e inizio settembre la mostra ad Abano, presso la nostra sede, in ricordo del nostro caro Bepi Sanco



A fine settembre la mostra di fossili a Monselice a cura di Giancarlo Casarini...e non solo....



A fine settembre la mostra di fossili a Monselice a cura di Giancarlo Casarini...e non solo....



A fine settembre la mostra di fossili a Monselice a cura di Giancarlo Casarini...e non solo....



Il 16 settembre 2016 si riprende, dopo la pausa estiva, con una serata informale



Il 7 ottobre 2016 il prof. Forte ci affascina con le immagini e le informazioni della spedizione antartica



Il 7 ottobre 2016 il prof. Forte ci affascina con le immagini e le informazioni della spedizione antartica



Giovanni Dentilli e gentile signora il 5 novembre del 2016 ci parlano di Uzbekistan



Giovanni Dentilli e gentile signora il 5 novembre del 2016 ci parlano di Uzbekistan

Il 2 dicembre Elena Bellizia ci parla dei suoi studi sui conodonti e ci fornisce anche una simpatica ricostruzione grafica



Il 2 dicembre Elena Bellizia ci parla dei suoi studi sui conodonti e ci fornisce anche una simpatica ricostruzione grafica



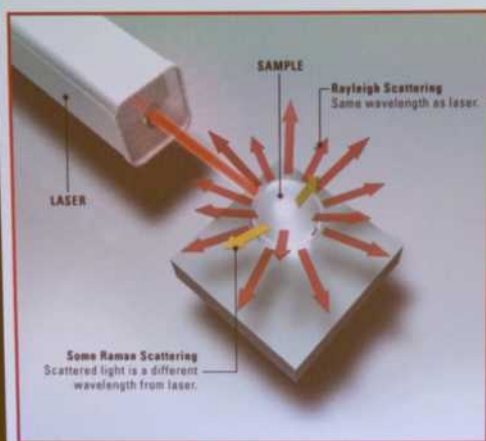
Nell'ambito delle iniziative Reteventi 2016, l'11 novembre a Vighizzolo d'Este il professor Fabrizio Nestola di UNIPD e il nostro prof. Giovanni Berto ci parlano di diamanti

Nell'ambito delle iniziative Reteventi 2016, l'11 novembre a Vighizzolo d'Este il professor Fabrizio Nestola di UNIPD e il nostro prof. Giovanni Berto ci parlano di diamanti



Nell'ambito delle iniziative Reteventi 2016, l'11 novembre a Vighizzolo d'Este il professor Fabrizio Nestola di UNIPD e il nostro prof. Giovanni Berto ci parlano di diamanti

La tecnica: una breve introduzione



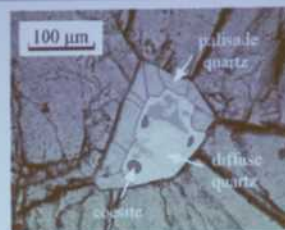
In realtà il colore del mare era legato alla diffusione della luce da parte delle molecole....

L'effetto chiamato oggi «Raman» descrive una variazione nella lunghezza d'onda della luce che si verifica quando un raggio interagisce con le vibrazioni molecolari della materia.

Il 16 novembre 2016 il nostro amico prof. Fabrizio Nestola di UNIPD ci tiene una lezione sulla tecnologia di analisi Raman

Il 16 novembre 2016 il nostro amico prof. Fabrizio Nestola di UNIPD ci tiene una lezione sulla tecnologia di analisi Raman

I polimorfi....coesite-quarzo



Perillat et al. (2002)



Il 16 novembre 2016 il nostro amico prof. Fabrizio Nestola di UNIPD ci tiene una lezione sulla tecnologia di analisi Raman



*Ad inizio dicembre 2016
l'ultimo evento..., nell'ambito
Reteventi 2016, la mostra
mineralogica a
Noventa Padovana*

*Ad inizio dicembre 2016
l'ultimo evento..., nell'ambito
Reteventi 2016, la mostra
mineralogica a
Noventa Padovana*



*Ad inizio dicembre 2016
l'ultimo evento..., nell'ambito
Reteventi 2016, la mostra
mineralogica a
Noventa Padovana*



*Andar per sassi...è anche
andar per fiere...
due immagini da Monaco
29 e 30 ottobre 2016*



*Andar per sassi...è anche
andar per fiere...
due immagini da Monaco
29 e 30 ottobre 2016*

Cristalli!
Mostra
6 ottobre 2013
28 febbraio 2014
(dvd)
Sergio Barison

*Nota:
inserire nel lettore di
dvd e premere play*



*Tormalina acroite, con inclusione di tormalina
policroma e rutilo? (part. in alto a destra)
41x4x4 mm. Pakistan Coll. Alberto Holler
Foto di Bruno Fassina*