



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE GEOLOGICHE

Evoluzione metamorfica del basamento Austroalpino nell'area di
Monte Sommo (Alpi Orientali)

Metamorphic evolution of the Austroalpine basement in the Mt.
Sommo area (Eastern Alps)

Laureando: Mario Bresolin

Relatore: Prof. Claudio Mazzoli

Anno Accademico: 2009/2010

INDICE

- 1) Riassunto
- 2) Introduzione
- 3) Inquadramento geologico
- 4) Descrizione delle litologie
- 5) Analisi in sezione sottile
- 6) Conclusioni
- 7) Bibliografia

ABSTRACT

In this work I studied 30 thin sections of metapelites from the Mt. Sommo (Sumbuck) area in the Eastern Alps, where the Austroalpine basement outcrops.

The petrographic and microstructural study of these samples provided information on the metamorphic evolution of the Austroalpine basement in this area. A sequence of crystallisation and deformational events have been recognised and associated to the Variscan and Alpine metamorphic events. A further metamorphic overprint has been also locally recognised, attributed to the intrusion of a magmatic body, which is probably lying at shallow depth, and is coeval to the Vedrette di Ries pluton.

Pressure-temperature conditions of the different metamorphic events have been estimated based on the mineral assemblages using suitable petrogenetic grids.

RIASSUNTO

In questo lavoro sono state studiate 30 sezioni sottili di rocce appartenenti al basamento Austroalpino affiorante nell'area del Monte Sommo (Alpi Orientali, Alto Adige).

Questi campioni sono stati sottoposti ad uno studio petrografico e microstrutturale, con lo scopo di ottenere informazioni sulla evoluzione metamorfica del basamento Austroalpino in quest'area. Sono state riconosciute una serie di fasi di cristallizzazione e deformazione, e sono stati associati agli eventi Varisico ed Alpino. Una ulteriore sovrimpronta metamorfica è stata localmente riconosciuta, ed è stata attribuita alla intrusione di un corpo magmatico che dovrebbe essere localizzato a poca profondità, e che è coevo con il plutone delle Vedrette di Ries.

Le condizioni di pressione e temperatura dei differenti stadi metamorfici sono state stimate utilizzando le associazioni mineralogiche e utilizzando specifiche griglie petrogenetiche.

INTRODUZIONE

L'area studiata, situata a Nord-Ovest di Brunico, costituisce una porzione del Basamento Cristallino Austroalpino posto a sud della Finestra dei Tauri. Inquadabile all'interno del Complesso Merano-Mules Anterselva. In essa affiorano rocce di vario tipo, con netta prevalenza di paragneiss e micascisti nei quali si intercalano più volte marmi, anfiboliti, quarziti, e gneiss aplitico-pegmatitici.

L'Austroalpino a Sud della Finestra dei Tauri rappresenta parte del margine continentale insubrico, che durante l'orogenesi alpina fu dislocato fino a trovarsi impilato sopra al margine continentale europeo e ai resti dell'antico oceano che divideva le due placche (Complesso Pennidico).

All'attuale livello di erosione, infatti, questa parte dell'Austroalpino viene a contatto (a Nord) con il Complesso Pennidico tramite la "Zona Matri". Quest'ultima viene considerata un vero e proprio melangè tettonico fortemente deformato, nel quale si osservano rocce ad affinità pennidica, e rocce ad affinità austroalpina (calcescisti, pietre verdi, marmi, quarziti, paragneiss ecc.)

L'Austroalpino a Sud della Finestra dei Tauri è sede di un allineamento di plutoni ed apofisi tonalitico-granodioriti, i cosiddetti Plutoni Periadriatici Intraaustriidici, i cui corpi maggiori sono: le Vedrette di Ries e Cima di Vila a Ovest dell'area considerata, e Rensen ad Est di essa. Va inoltre ricordato che esso ha, nella sua parte più settentrionale al limite con la Zona di Matri e col Pennidico, un complesso fillonitico noto come "Fillade di Cima Dura". Tale complesso affiora a Nord delle Vedrette di Ries, ed è costituito da metapeliti e metasemipeliti di differenti tipi di una spessa sequenza filonitizzata durante l'evento alpino.

Inquadramento geografico

L'area di studio di questa tesi è situata nelle Alpi Orientali, essenzialmente nell'area del Monte Sommo (2417 m) che si trova a nord-ovest della città di Brunico nella Val Pusteria. In particolare i campioni dei quali sono state studiate sezioni sottili in microscopia ottica, provengono da una porzione del basamento Austroalpino affiorante a nord della DAV (Defreggen Anterselva-Valles), un importante lineamento tettonico che separa la porzione di basamento Austroalpino che ha subito una sovrimpronta metamorfica alpina a nord da quella che ne è invece priva a sud.

Scopo e metodo

Lo scopo della tesi è stato quello di riconoscere, attraverso lo studio petrografico al microscopio di sezioni sottili di roccia, diversi stadi dell'evoluzione metamorfica del basamento Austroalpino nell'area di Monte Sommo. Il basamento Austroalpino è stato interessato da almeno due principali eventi tettono-metamorfici. Il primo è legato all'orogenesi ercinica, il secondo a quella alpina, in entrambi i casi attraverso una serie di eventi deformativi e di cristallizzazione, che sono culminati con gli effetti del metamorfismo di contatto dovuto alla intrusione delle Vedrette di Ries e di una serie di altri plutoni di età Oligocenica. L'analisi delle caratteristiche microstrutturali ha permesso di porre gli eventi in una sequenza cronologica, e di attribuirli, per confronto con i dati appresi dalla letteratura, alle diverse fasi orogenetiche. Il regime barico e termico al quale le rocce sono state sottoposte durante le diverse fasi del metamorfismo è invece stato definito sulla base delle associazioni mineralogiche utilizzando adeguate griglie petrogenetiche.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La catena alpina è costituita da un sistema di falde tettoniche impilatesi in seguito alla collisione tra la placca Europea e la microplacca Adria nel corso dell'orogenesi Alpina, e che ha coinvolto sia rocce già polimetamorfiche, sia le loro coperture. Si possono distinguere tre maggiori unità strutturali nelle Alpi Orientali: il basamento Pennidico, basamento Austroalpino e il basamento Sudalpino. Prima dell'orogenesi alpina il basamento cristallino Pennidico faceva parte del margine meridionale della placca euroasiatica, che nel tardo Mesozoico collise con la microplacca Adria facente, parte della placca Africana. Queste unità sono quindi state coinvolte nell'orogenesi alpina e hanno subito anche gran parte del metamorfismo alpino. In particolare il basamento cristallino Pennidico sono state pienamente coinvolte dal metamorfismo alpino nel Cenozoico, mentre solo una parte del basamento Austroalpino ne ha subito gli effetti metamorfici e, in funzione della collocazione paleogeografica, secondo diverse condizioni del metamorfismo. In alcune aree, il metamorfismo alpino ha provocato una completa ricristallizzazione del protolite. In altre aree, come ad esempio in quella considerata in questo studio, le fasi metamorfiche pre-alpine sono ancora ben riconoscibili. Nel complesso possiamo dire che gran parte del basamento Austroalpino, così come l'intero basamento Sudalpino, sono sfuggiti al metamorfismo alpino. Il maggiore sovrascorrimento presente nell'area è quello fra basamento Pennidico (posto a nord) e basamento Austroalpino (posto a sud). Esso rappresenta il contatto tra il margine settentrionale della microplacca Adria e le sequenze ofiolitiche che sono derivate dalla

chiusura dell'oceano della Tetide. La sequenza ofiolitica sovrasta tettonicamente le rocce del margine meridionale europeo, in particolare i graniti varisici e le loro coperture paleozoiche. Il margine settentrionale della microplacca Adria è tagliato in direzione est-ovest dal Lineamento Periadriatico, che separa il basamento Austroalpino da quello Sudalpino. Questo importante lineamento tettonico ha un carattere transtensivo destro durante l'orogenesi alpina. Tuttavia, esistono delle evidenze di una sua esistenza durante l'orogenesi ercinica, nel corso della quale avrebbe accomodato la maggior parte dello slittamento verticale che oggi osserviamo tra le due porzioni di basamento che essa separa. Due importanti lineamenti tettonici tagliano da est a ovest il basamento Austroalpino: la DAV (Defreggen Anterselva-Valles) e la KV (Kalkstein-Vallarga). La DAV delimita verso sud le sovraimpronte metamorfiche cenozoiche, mentre la KV è localizzata all'interno della porzione di basamento Austroalpino più meridionale, e caratterizzato dalla assenza di effetti di ricristallizzazione alpina, per lo meno a temperature superiori a quelli necessarie per riequilibrare il sistema Rb-Sr nella biotite. (F.P Sassi e altri 2004)

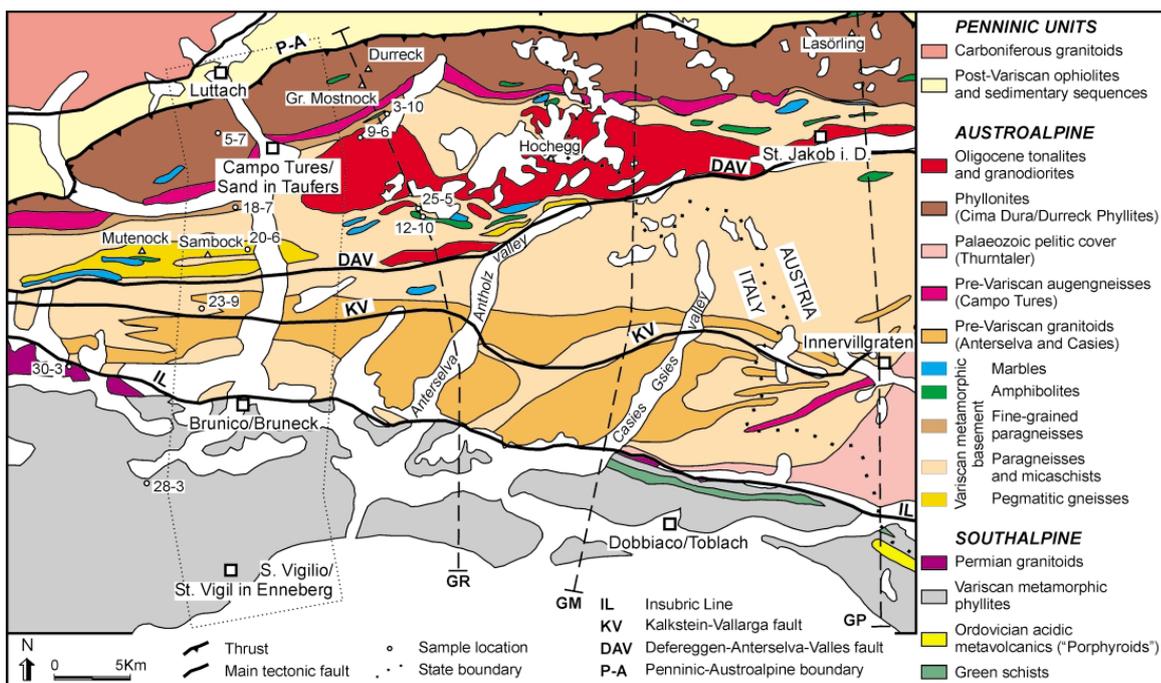


Figura 1 Carta geologica dell'area (F.P. Sassi e altri 2004)

DESCRIZIONE DELLE UNITÀ LITOLOGICHE

Unità Pennidica

Nelle Alpi orientali, le unità Pennidiche affiorano entro la cosiddetta Finestra dei Tauri, la più grande finestra tettonica delle Alpi, che espone rocce di affinità paleo-Europea e sequenze oceaniche, che le separano dalle sovrastanti falde Austroalpine. Le unità Pennidiche sono costituite da un basamento polimetamorfico pre-varisico, un batolite varisico che corrisponde ai cosiddetti Gneiss Centrali, e le relative coperture para-autoctone metasedimentarie e metavulcaniche, alle quali sono associate sequenze oceaniche alloctone. La Finestra dei Tauri è un'area classica per lo studio dei percorsi P T t dei processi metamorfici associati a collisione continentale, subduzione ed esumazione, e di argomenti petrologici, specialmente relativi alle interazioni fluido-roccia in presenza di deformazione durante il metamorfismo, sia in meta basiti che in sistemi pelitici.

Unità Austroalpina

Il basamento cristallino Austroalpino è costituito da un basamento metamorfico pre-Alpino in facies anfibolitica, sul quale si rinvencono localmente sequenze di copertura permo-triassiche caratterizzate da un metamorfismo di più basso grado. I tipi di roccia che compongono questo basamento sono paragneiss e micascisti (localmente passanti a migmatiti), intercalati da ortogneiss, anfiboliti, quarziti e marmi. L'assetto strutturale è molto complesso, a causa della sovrapposizione delle falde avvenuta durante l'orogenesi alpina. Come conseguenza l'originale sequenza litostratigrafica delle rocce è stata variamente modificata e quindi tutte le litologie si ritrovano ad avere differenti caratteristiche petrografiche. Le caratteristiche del basamento Austroalpino variano molto dall'area occidentale rispetto a quella orientale. L'area occidentale è caratterizzata principalmente dall'abbondanza di granitoidi risalenti all'Ordoviciano Superiore, dalla presenza di alcuni orizzonti di marmo pre-Permiani, e dalla presenza di un importante complesso (complesso del Monteneve) che registra un metamorfismo del Cretaceo Superiore in facies anfibolitica di alta temperatura e media pressione. L'area orientale è caratterizzata, invece, da corpi granitoidi di epoca Terziaria intrusi e sagomati lungo un lineamento E-W. Il basamento Austroalpino è stato poi interessato da una sovrimpronta metamorfica di più basso grado, localizzata nella parte inferiore (e più settentrionale) dell'unità strutturale Austroalpina, e delimitata a sud dalla DAV. L'unità Austroalpina poi può essere divisa in zona ovest e zona est. Nella zona ovest gran parte del basamento cristallino è stato coinvolto nell'orogenesi varisica e solo alcune unità hanno subito in modo diffuso anche gli eventi deformativi dovuti all'orogenesi alpina. Di conseguenza, l'evoluzione metamorfica varisica e alpina sono relativamente ben conosciute, mentre è

ancora frammentaria l'evoluzione metamorfica pre-varisica risalente all'orogenesi caledoniana. Nella zona est, invece, nonostante gli effetti deformativi pre-alpini siano comunque in prevalenza dovuti all'orogenesi varisica sono state riconosciute delle tracce dell'orogenesi caledoniana. Tuttavia, a sud della DAV, l'attribuzione delle associazioni mineralogiche agli eventi di età varisica o pre-varisica è ancora in discussione. Per quanto riguarda il metamorfismo alpino, la sua sovra impronta si verifica solamente a nord della DAV.

L'area di interesse per questa tesi è interamente collocata entro il basamento Austroalpino. In quest'area, affiorano micascisti, paragneiss e migmatiti. Queste ultime suggeriscono che il metamorfismo che ha interessato questa porzione del basamento Austroalpino in qualche momento ha raggiunto temperature sufficientemente elevate da innescare processi di fusione parziale.

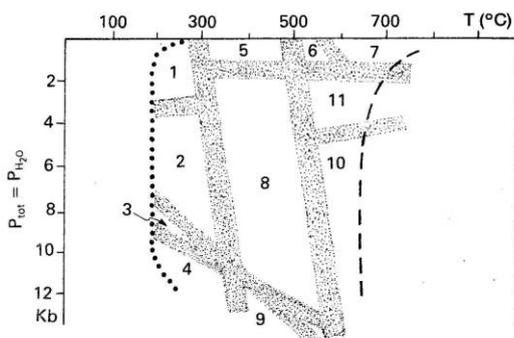


Figura 2 (Grafico che rappresenta i limiti tra la diagenesi, il metamorfismo e l'anatessi: 1 facies delle zeoliti, 2 facies lawsonite-albite, 3 facies lawsonite-giadeite+quarzo, 4 facies lawsonite-glaucofane, 5 facies delle cornubianiti ad albite+epidoto, 6 facies delle cornubianiti ad orneblenda, 7 facies delle cornubianiti a cordierite+kfedsfato, 8 facies degli scisti verdi, 9 facies degli scisti verdi glaucofanitici, 10 facies degli anfiboliti ad almandino, 11 facies degli anfiboliti a cordierite).

Unità Sudalpina

Il basamento Sudalpino nelle Alpi Orientali affiora in tre aree principali: a nord, dove si sviluppa in direzione E-W, partendo dalla Val Sarentino attraverso le aree di Bressanone, Brunico, fino al Comelico; un altro importante corpo con andamento approssimativo SW-NE affiora in Val Sugana, Cima d'Asta fino all'area di Agordo; la zona più meridionale di affioramento del basamento Sudalpino è localizzata nell'area di Recoaro e Schio. Il basamento del Sudalpino consiste di spesse sequenze filladiche che hanno registrato un metamorfismo varisico in facies degli scisti verdi. (F. Von Blanckenburg e altri 1988 – F.P Sassi e altri 2004).

ANALISI IN SEZIONE SOTTILE

Tra le sezioni sottili osservate al microscopio petrografico si sono selezionate quelle più rappresentative per la ricostruzione della storia metamorfica e deformativa. Sono state riconosciute una serie di situazioni microstrutturali che hanno permesso di descrivere una sequenza di eventi, che verranno qui di seguito illustrate utilizzando una serie di immagini fotografiche. I principali eventi metamorfici riconosciuti sono stati come già precedentemente citato il metamorfismo varisico che risale al Paleozoico durante l'orogenesi ercinica, il metamorfismo alpino risalente al Mesozoico, i cui effetti si sovrimpongono a quelli degli eventi precedenti, che culminano con un metamorfismo di contatto dovuto all'intrusione plutoni di età Oligocenica. Le condizioni metamorfiche dei vari eventi riconosciuti sono state stimate sulla base delle associazioni mineralogiche con l'ausilio di griglie petrogenetiche.

Alcuni campioni di migmatiti mostrano effetti deformativi e associazioni mineralogiche riconducibili al regime deformativo dell'orogenesi ercinica. Presentano infatti una grana più grossolana ed una foliazione poco marcata, determinata dalla orientazione di biotite a struttura decussata. La muscovite è rara e non è disposta lungo i piani di scistosità. Queste rocce sono caratterizzate da aggregati di cianite che si sono probabilmente formati durante il processo di anatessi a spese di muscovite generando anche il feldspato potassico tramite la reazione $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{SiO}_5 + \text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{Fuso} + \text{H}_2\text{O}$. Ai bordi degli aggregati di cianite si trovano sistematicamente cristalli di sillimanite, che invadono i minerali circostanti e talora si accrescono a spese di biotite.

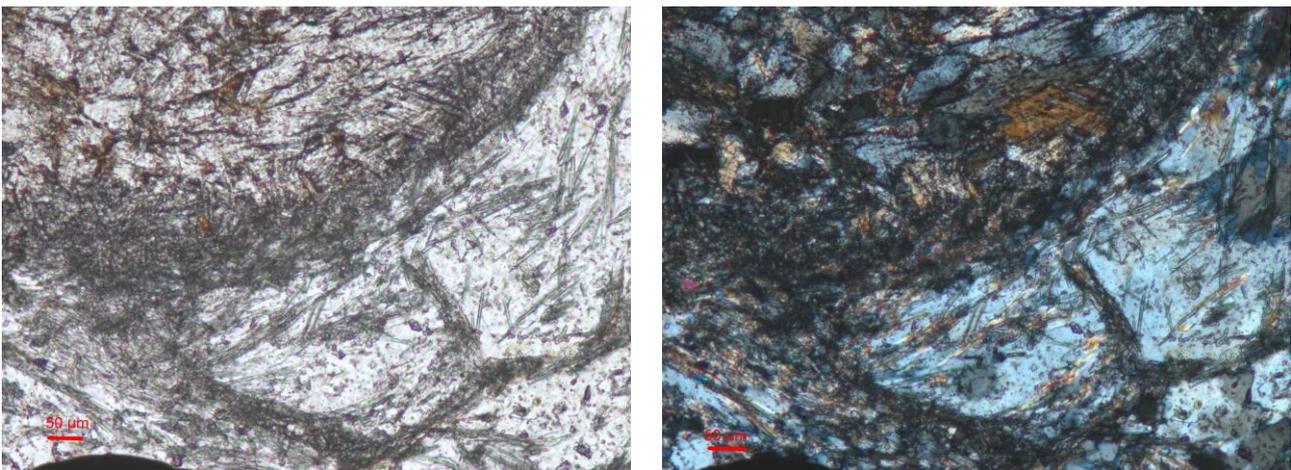


Figura 3 A sinistra della foto possiamo vedere in nicol paralleli un aggregato di cristalli di cianite con a al bordo i cristalli di sillimanite, mentre a destra possiamo osservare sempre la stessa sezione solo che a nicol incrociati.

In alcuni campioni gli aggregati policristallini di cianite sono parzialmente sostituiti da pseudomorfi di sericite e margarite. Queste rocce sono anche caratterizzate da una foliazione di tipo milonitico che avvolge gli aggregati policristallini di cianite, è caratterizzata da una grana minuta e forte ricristallizzazione delle porzioni quarzoso-feldspatiche. Questo stile deformativo è tipico della foliazione alpina descritta in letteratura, e pertanto ho attribuito questa fase blastica all'orogenesi Alpina.

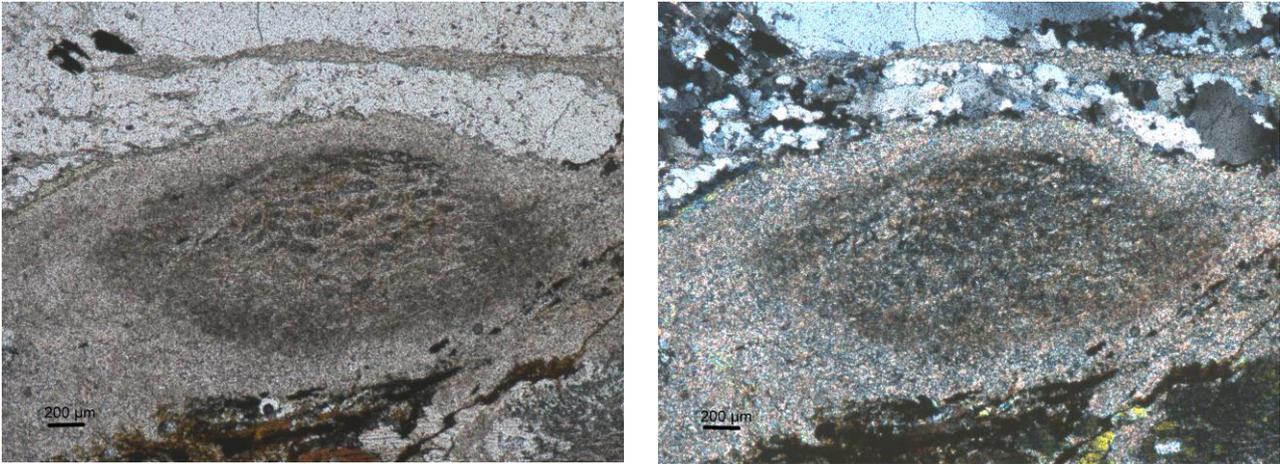


Figura 4 A sinistra della foto possiamo vedere a nicol paralleli un aggregato di sericite e margarite con all'interno dei cristalli relitti di cianite. A destra invece abbiamo la stessa immagine osservata a nicol incrociati.

Le migmatiti sono anche caratterizzate dalla presenza di grandi blasti di muscovite che includono parzialmente gli aggregati policristallini di cianite e la sillimanite. La loro cristallizzazione è quindi da collocare in un momento successivo al picco termico che ha prodotto l'anatessi. Si potrebbe trattare di un evento tardo varisico (Permiano?) legato ad una fase di raffreddamento seguita al picco analettico, quando i fusi sono ricristallizzati immettendo nuovamente fluidi nei domini circostanti ristabilizzando la muscovite.

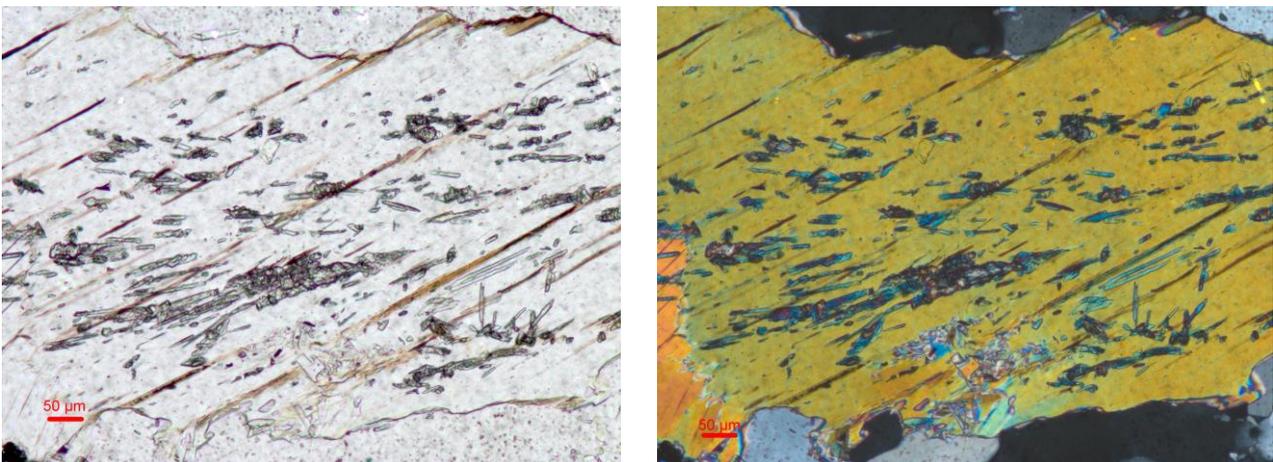


Figura 5 Nelle fotografie qui sopra riportate possiamo osservare sia a nicol paralleli a sinistra, e a nicol incrociati a destra dei cristalli relitti di cianite e sillimanite in un cristallo di muscovite. Si può anche osservare un inizio di alterazione in sericite della muscovite.

Questo è anche confermato dal fatto che in altri campioni i grossi cristalli di muscovite sono avviluppati dalla foliazione milonitica alpina, e formando delle tipiche strutture ad occhio che indicano che questi cristalli precedono lo sviluppo della deformazione alpina. Frequentemente in queste rocce I grandi cristalli di muscovite preservano al loro interno relitti di cianite e sillimanite, che tuttavia risultano completamente sericitizzati nella matrice circostante.

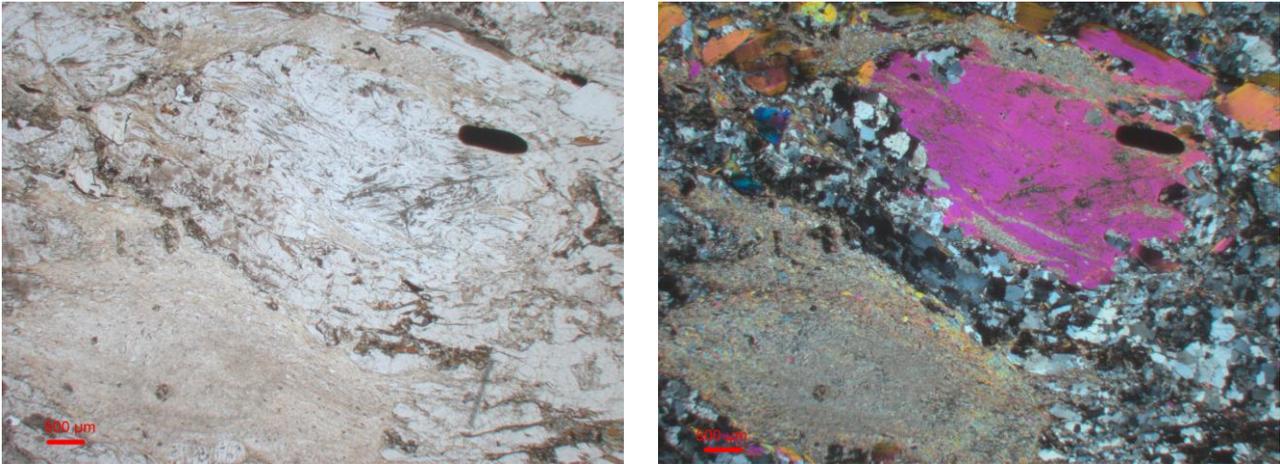


Figura 6 A sinistra abbiamo una visione a nicol paralleli di un aggregato di cianite policristallina completamente sostituito pseudomorficamente da sericite. A destra osserviamo lo stesso cristallo a nicol incrociati con particolare attenzione a come si presenta la sericite. Il cristallo di muscovite in alto contiene invece alcuni relitti di cianite e sillimanite.

Si possono poi distinguere due diverse generazioni di granato. La prima è caratterizzata da porfiroblasti, avviluppati dalla foliazione varisica, e che quindi sono da attribuire a questo evento metamorfico. La seconda comprende piccoli idioblasti di granato che si formano al bordo dei porfiroblasti e si accrescono a spese dei cristalli di biotite, formando delle strutture ad atollo. Il confronto con I dati di letteratura ha permesso di attribuire questi ultimi all'orogenesi alpina.

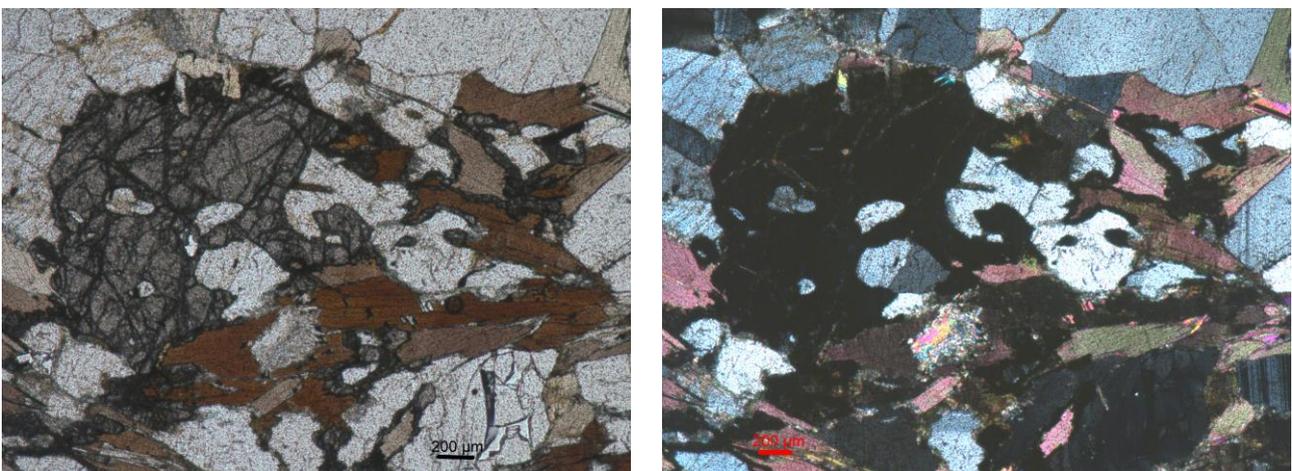


Figura 7 Visione a nicol paralleli e a nicol incrociati di un porfiroblasto di granato di origine varisica e altri granati più piccoli accresciutisi a spese di biotite riferibili all'orogenesi alpina.

Infine possiamo vedere dei cristalli di quarzo deformati durante i processi metamorfici dovuti alla sovrainposta orogenesi alpina sul basamento austroalpino; infatti, i precedenti cristalli di quarzo SiO_2 di età varisica sono stati deformati e fratturati formando così nuovi cristalli di quarzo.



Figura 8 Visualizzazione a nicol incrociati di un cristallo di quarzo ricristallizzato.

La foliazione alpina risulta quindi caratterizzata da una grana minuta, e dalla abbondanza di muscovite e biotite in associazione con granato. L'associazione mineralogica riconosciuta suggerisce condizioni del metamorfismo alpino corrispondenti a quelle della facies degli scisti verdi, in accordo con quanto riportato in letteratura.

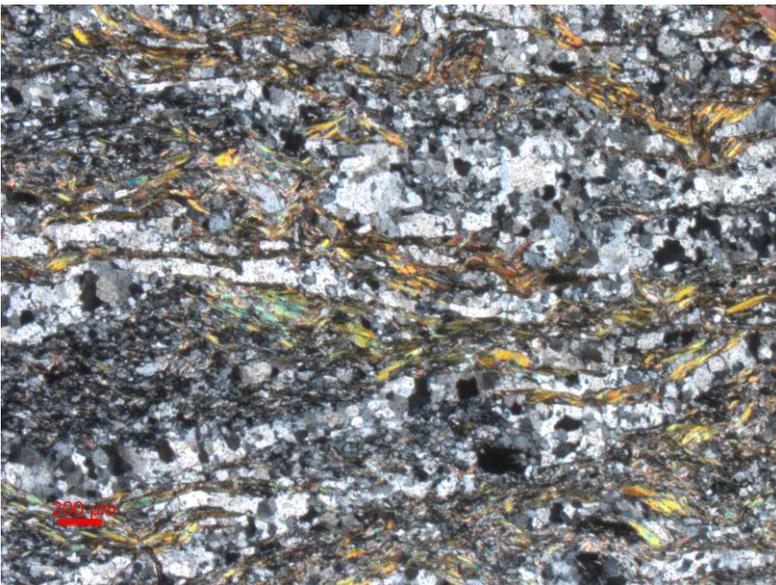


Figura 9 Foliazione principale in campioni provenienti nell'area del Monte Sommo.

L'ultima fase metamorfica che è stata osservata in un paio di campioni si riferisce agli effetti di un metamorfismo di contatto che si sovrappongono a tutte le fasi formative e blastiche precedentemente descritte. In questi campioni si sono infatti riconosciuti cristalli di staurolite e di andalusite, che si accrescono all'interno delle pseudomorfosi di sericite, a spese dei relitti di cianite contenuti in grandi cristalli di muscovite e al di sopra delle foliazione milonitica. Questa fase metamorfica è quindi da riferire all'evento magmatico che nell'Oligocene ha portato alla messa in posto di numerosi plutoni, tra i quali quello delle Vedrette di Ries.

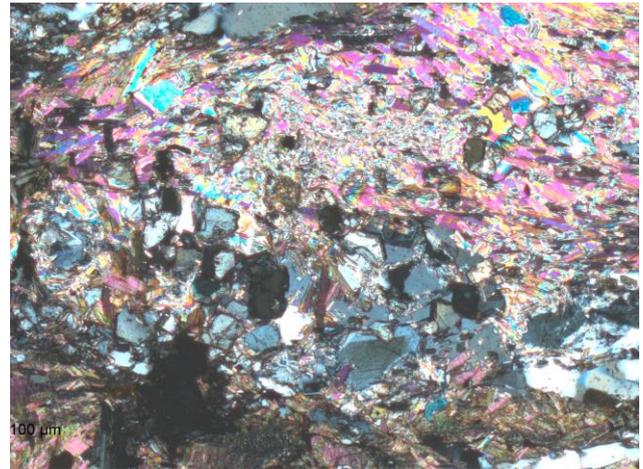
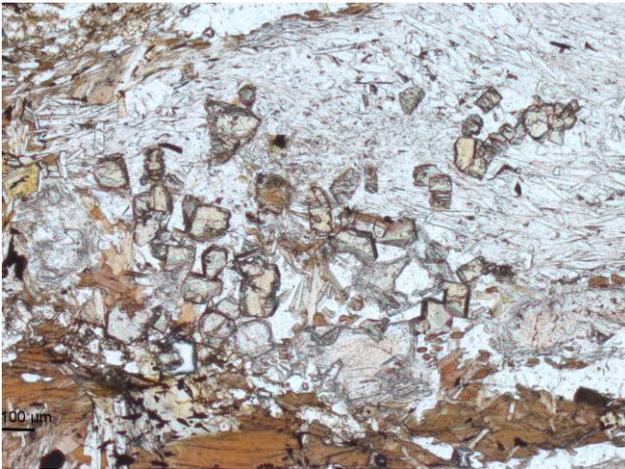


Figura 10 Accrescimento di cristalli di staurolite e andalusite sui cristalli di cianite in una muscovite.

Inoltre è stata osservata la ricristallizzazione della sericite, che ha portato ad un progressivo aumento di grana delle lamelle di muscovite, soprattutto nelle zone periferiche degli aggregati sericitici.

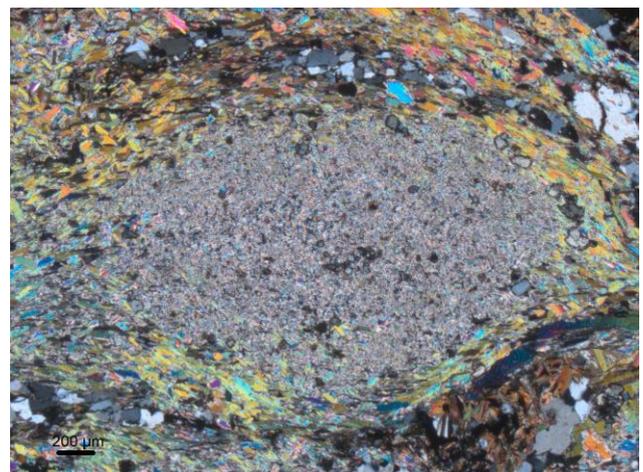
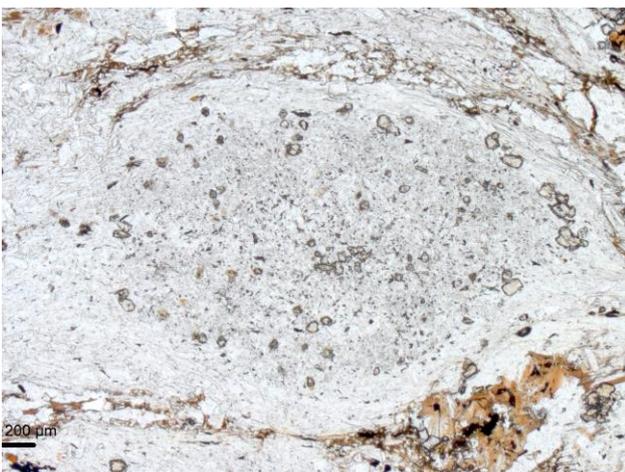


Figura 11 Cristalli di staurolite su sericite.

CONCLUSIONI

L'analisi microstrutturale di dettaglio delle rocce appartenenti al basamento Austroalpino ed affioranti a Nord della DAV e l'analisi delle compatibilità mineralogiche, ha messo in evidenza una evoluzione complessa e pluristadiale, che si è svolta in parte nell'ambito del metamorfismo varisico, in parte durante il metamorfismo alpino. Dato che questo studio è stato basato su rocce di alto grado varisico, non è ovviamente stato possibile riconoscere tracce dell'eventuale metamorfismo caledoniano.

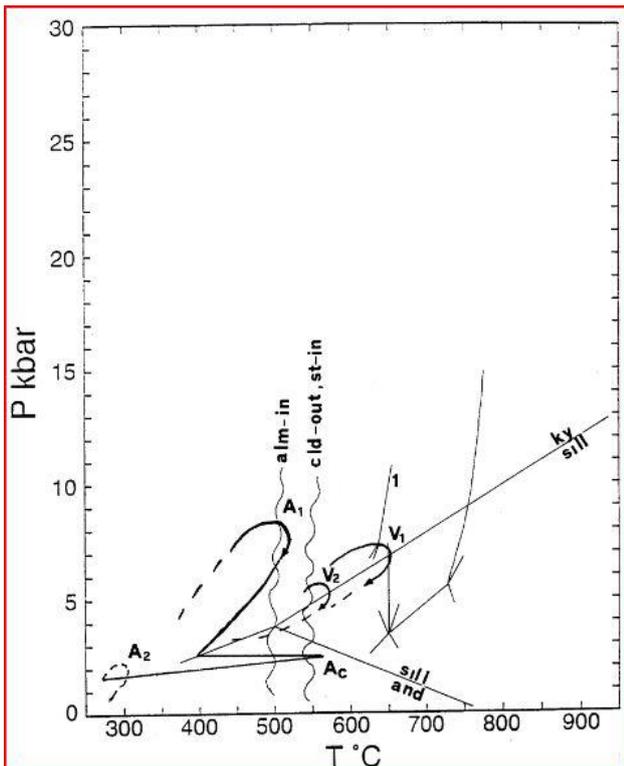


Figura 12 Evoluzione metamorfica pluristadiale delle rocce affioranti a Nord della DAV. A₁ = picco termico metamorfico durante l'evento milonitico principale, A₂ = picco termico durante il metamorfismo alpino tardivo. V₁ e V₂ rappresentano il picco termico durante l'evento Varisico in rocce rispettivamente di alto e medio grado metamorfico.

Il metamorfismo varisico si è prevalentemente sviluppato in facies anfibolitica e nelle parti più alto grado ha raggiunto condizioni anatettiche (V₁). La destabilizzazione del granato a formare cianite + biotite ($Grt + Chl \rightarrow Ky + Bt + H_2O$), indica che le pressioni sono state probabilmente superiori a 7.5 Kbar. Il processo analettico è avvenuto principalmente entro il campo di stabilità della cianite, con comparsa della sillimanite solo nelle fasi finali.

L'evoluzione metamorfica varisica si è conclusa poi con la cristallizzazione di porfiroblasti di muscovite entro il campo di stabilità della cianite, durante il tratto retrogrado P-T-t: nelle rocce che hanno subito metamorfismo nella parte di più bassa temperatura della facies anfibolitica 600 °C e 6 Kbar.

Queste rocce poi sono state successivamente interessate dall'evento milonitico alpino. La cristallizzazione Bt+Ms lungo la foliazione milonitica e la crescita di piccoli granati, nonché la trasformazione degli aggregati microgranulari di cianite in margarite e sericite sono da attribuire a questo evento, 500 °C e 8 Kbar.

Il metamorfismo di contatto che è stato successivo all'evento milonitico principale, che è limitato alle rocce localizzate in prossimità del corpo granitoide, l'associazione mineralogica osservata è data da staurolite + andalusite + biotite + granato + quarzo + muscovite + plagioclasio, riferibile alla facies delle cornubianiti ad orneblenda. L'assenza di clorite ide ci dice che la temperatura doveva essere superiore a quella della reazione $\text{Cld} + \text{Qtz} \rightarrow \text{St} + \text{Alm} + \text{H}_2\text{O}$ quindi superiore ai 530 °C ma non ai 580°C, perché temperatura massima per la coesistenza di staurolite e andalusite. Per quanto riguarda la stima della pressione non doveva essere superiore a 3,7 Kbar (utilizzando il punto triplo di Al_2SiO_5), pressione massima di stabilità dell'andalusite.

Bibliografia

S. BORSI, A. DEL MORO, F. P. SASI, D. VISIONÀ AND G. ZIRPOLI (1980) – On the existence of Hercynian aplites and pegmatites in the lower Aurina Valley (Ahrntal, Austrides, Eastern Alps), *N. Jb. Miner. Mh*, 11, 501-514.

BERNARDO CESARE (1994a) - Hercynite as the product of staurolite decomposition in the contact aureole of Vedrette di Ries, eastern Alps, Italy; *Contrib Mineral Petrol*, 116, 239-246.

BERNARDO CESARE (1994b) - Synmetamorphic veining: origin of andalusite-bearing veins in the Vedrette di Ries contact aureole, Eastern Alps, Italy; *metamorphic Geol.*, 12, 643-653.

C. D'AMICO, F. INNOCENTI, F.P. SASSI (1987) – Magmatismo e metamorfismo, Utet.

FRANCESCO PAOLO SASSI, BERNARDO CESARE, CLAUDIO MAZZOLI, LUCA PERUZZO, RAFFAELE SASSI and RICHARD SPIESS (2004) - The crystalline basements of the Italian eastern Alps: a review of the metamorphic features - *Per. Mineral*, 73, 23-42.

BERNHARD SCHULZ, REINER KLEMD, HELENE BRÄTZ (2006) - Host rock compositional controls on zircon trace element signatures in metabasites from the Austroalpine basement, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70, 697-710.

BERNHARD SCHULZ, ANDRE' STEENKEN and SIEGFRIED SIEGESMUND (2008) - Geodynamic evolution of an Alpine terrane—the Austroalpine basement to the south of the Tauern Window as a part of the Adriatic Plate (eastern Alps), *Geo. Soc. London*, 298, 5–44.

RALF SCHUSTER, KURT STÜWE (2008) - Permian metamorphic event in the Alps, *The Geological Society of America*, 8, 603-606.

CLAUDIA A. TREPMMANN, BERNHARD STÖCKHERT and SUMIT CHAKRABORTY (2004) - Oligocene trondhjemitic dikes in the Austroalpine basement of the Pfunderer Berge, Südtirol – level of emplacement and metamorphic overprint, *Eur. J. Mineral*, 16, 641–659

F. VON BLANCKENBURG, H. KAGAMI, A.DEUTSCH, F.OBERLI, M. MEIER, M. WIEDENBECK, S. BARTH AND .FISCHER (1988) – The origin of Alpine plutons along the Periadriatic Lineament – *Schweiz. mineral. petrogr. mitt*, 78, 55-66.