

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Geoscienze

Direttore: Prof.sa Cristina Stefani

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN

SCIENZE GEOLOGICHE

MAGMATISMO ACIDO E BASICO DEI COLLI EUGANEI E BERICI

Relatore: Prof. Andrea Marzoli

Laureando: Matteo Pettenello

ANNO ACCADEMICO: 2014 / 2015

INDICE

1. INTRODUZIONE	pg. 2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	pg. 2
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEODINAMICO	pg. 3
3.1 Stratigrafia e cronologica	pg. 3
3.2 Geodinamica e tettonica	pg. 4
3.3 Genesi dei magmi	pg. 6
3.4 Attività magmatiche	pg. 7
4. CAMPIONI	pg. 8
4.1 Descrizione macroscopica	pg. 10
4.2 Descrizione microscopica	pg. 12
5. ANALISI GEOCHIMICA	pg. 14
5.1 Classificazione dei campioni	pg. 15
5.2 Analisi Rioliti euganee	pg. 16
5.3 Analisi rocce basiche euganee	pg. 17
5.4 Analisi rocce basiche beriche	pg. 19
5.5 Confronto Berici – Euganei	pg. 21
5.6 Confronto con analisi sui campioni studiati nel lavoro di Macera et alii	pg. 24
6. CONCLUSIONI	pg. 25
7. ABSTRACT	pg. 27
8. BIBLIOGRAFIA	pg. 29
9. ALLEGATI	pg. 30

1 INTRODUZIONE

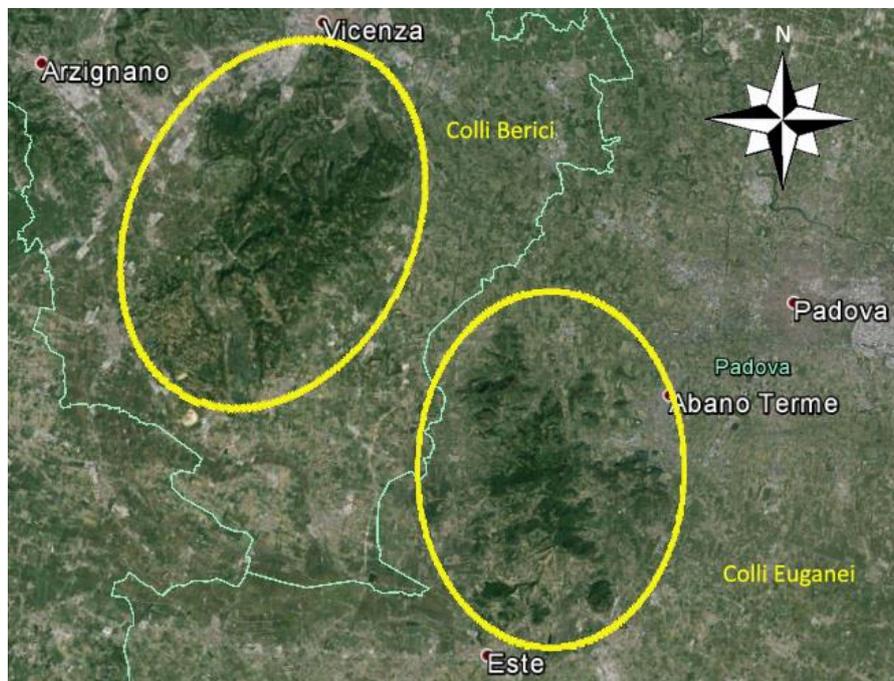
Il lavoro che viene presentato con questa tesi riguarda il magmatismo di Colli Euganei e Berici, aree che appartengono alla Provincia Vulcanica Veneta (VVP) sviluppatasi nel Cretaceo superiore, e che ha protratto la sua attività per tutto il Paleogene. Lo studio è incentrato su rocce effusive sia di tipo acido che basico.

L'obbiettivo della tesi è quello di esaminare le varie rocce attraverso studi geochimici per poterne ricavare differenze classificative, studiare le abbondanze di elementi maggiori ed in traccia al fine di ottenere informazioni riguardanti genesi ed evoluzione dei vari eventi magmatici, identificare eventuali relazioni tra le due aree studiate, contestualizzare i vari campioni all'interno dell'evento che ha portato alla formazione della VVP

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Colli Euganei e Berici si trovano in Veneto tra le province di Padova e Vicenza. Emergono isolati sulla Pianura Padana. Gli Euganei sono posizionati a SW della città di Padova. La morfologia dell'area ricorda vagamente un'ellisse il cui asse maggiore si estende circa in direzione N-S. L'area che ricoprono è attorno ai 100 km². I Berici sono collocati a Sud di Vicenza, coprono un'area di dimensioni simili a quelle degli Euganei con una forma ellittica il cui asse maggiore si estende in direzione NE-SW.

Euganei e Berici sono separati da una ventina di km, all'interno dei quali sono presenti dei piccoli rilievi che rappresentano a loro volta degli eventi di effusione situati nelle aree limitrofe all'abitato di Montegalda ed Albettonne (Vi). Alcuni campioni provengono proprio da queste aree.



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEODINAMICO

3.1 Stratigrafia e cronologia

Sia Berici che Euganei, prima della fase vulcanica che ha caratterizzato il Paleogene veneto, si trovavano al di sotto del livello del mare, come è dimostrato dalle successioni Cretacee che sono riconoscibili nelle due aree. In particolare sugli Euganei sono riconoscibili le formazioni appartenenti a: Rosso Ammonitico, Maiolica, Scaglia Variegata e Scaglia Rossa. Nei Berici le rocce sedimentarie più antiche appartengono alla Scaglia Rossa. Questi litotipi descrivono un ambiente marino che ha subito più variazioni eustatiche o relative del livello del mare, passando da bacini molto profondi a prevalente deposizione carbonatico-silicea (Rosso Ammonitico e Maiolica), ad ambienti di mare poco profondo con produzione di litologie marnose che testimoniano l'apporto di materiale terrigeno da parte delle zone emerse (Scaglia Rossa e Variegata). Queste formazioni si sono depositate in un periodo che si estende da 190 a 30 Ma fa.

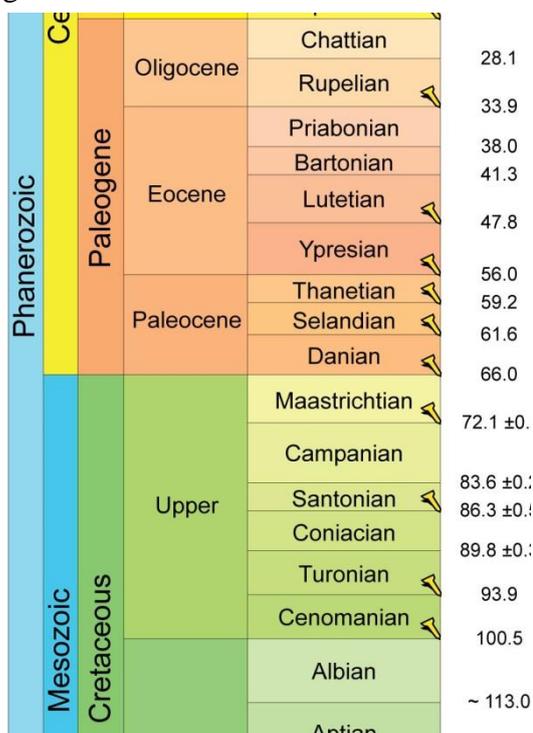
L'attività magmatica della VVP ha inizio nel Cretaceo Superiore (70 Ma) con eventi effusivi sottomarini a composizione basica nella zona dei Lessini, che rappresentano l'area di depositi vulcanici più ampia della provincia. L'inizio dell'attività sui Colli Berici è posta nell'Eocene medio (50 Ma) mentre per gli Euganei l'inizio delle attività è collocato nell'Eocene Superiore (40 Ma). Si osserva quindi una migrazione dell'attività verso E rispetto ai centri eruttivi dei

Lessini, passando per le aree del marosticano. I vari centri di emissione della provincia spesso hanno prodotto colate in periodi geologicamente contemporanei, dando inoltre origine a prodotti con un chimismo molto simile tra loro.

L'attività magmatica non è stata continua nel tempo, ma ha conosciuto delle fasi di quiete durante le quali è proseguita la sedimentazione al di sopra delle colate prodotte. Quello che si osserva in affioramento è dunque un'alternanza di rocce sedimentarie tagliate dalle colate prodotte nel Paleogene.

3.2 Geodinamica e tettonica

Il periodo di attività della VVP è coevo all'orogenesi Alpina, ma dalle evidenze geochimiche delle colate venete emerge come le due aree non siano



geologicamente relazionate: mentre nel contesto dell'orogenesi alpina è presente un regime tettonico compressivo, che porta alla produzione di fusi andesitici o più evoluti, la VVP è l'espressione di una tettonica di tipo distensivo, che implica la risalita del mantello con conseguente fusione parziale della peridotite e genesi di fusi basici ed ultrabasici. A testimoniare la teoria della genesi dovuta alla tettonica distensiva sono dati geofisici riguardanti la profondità della Moho, che nell'area veneta risulta essere attorno ai 20 km rispetto ai 35-50 km delle zone continentali in condizioni normali.

La tettonica all'epoca delle eruzioni era estremamente attiva, ed ha generato bacini entro i quali si sono raccolte le colate, creando in questo modo dei depositi con spessori molto differenti.

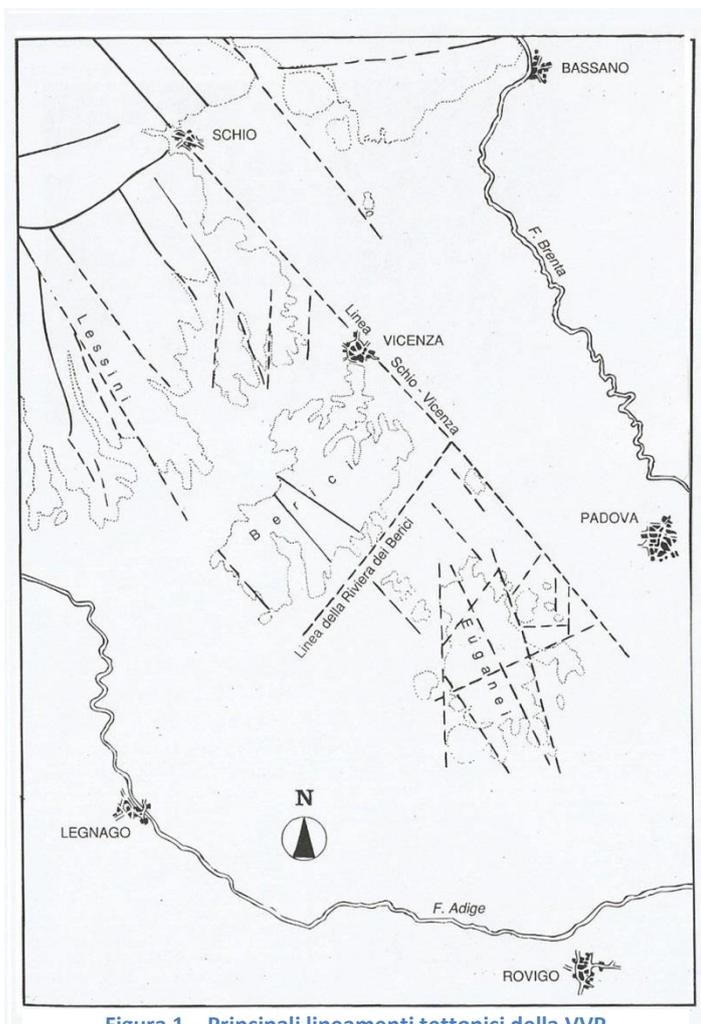


Figura 1 – Principali lineamenti tettonici della VVP

Euganei e Berici si trovano al di sopra di un'ampia anticlinale interessata da un'elevato numero di faglie. Le lineazioni seguono principalmente le direzioni NNW-SSE e NE-SW. Queste particolari direzioni sono indotte dalla presenza di due grosse faglie che delimitano l'area della provincia magmatica veneta ed in particolare di Berici ed Euganei. Si tratta della faglia Schio-Vicenza (direzione NW-SE) e della Linea della Riviera dei Berici (direzione NE-SW) che passa proprio tra le due formazioni collinari.

La stragrande maggioranza delle faglie è a carattere distensivo, e

la direzione degli assi maggiori delle aree che formano Euganei e Berici sono strettamente legate alla presenza di queste faglie. È inoltre da segnalare la presenza di un half-graben (Zampieri, 1995) causato da una faglia listrica Ovest-vergente, generatasi nel Paleogene, che ha causato la formazione di blocchi i quali ruotando verso Est hanno portato alla nascita di un bacino che in seguito è stato ricoperto principalmente dalle colate prodotte dai monti Lessini.

Da un punto di vista geodinamico è stato suggerito che la tettonica terziaria veneta sia stata il risultato di un'estensione E-W del Sudalpino, in risposta ad una compressione con direzione N-S delle Alpi, dovuta alla fase compressiva dell'orogenesi alpina.

3.3 Genesi dei magmi

Sulla provenienza dei magmi che hanno generato il vulcanismo nell'area veneta nel Paleogene vi sono a tutt'oggi ancora molti dubbi. In generale esistono due linee di pensiero.

La prima ipotesi indica come origine dei magmi della VVP il processo della fusione parziale della peridotite di un unico mantello per tutti i campioni. Dai dati ottenuti dalla geochimica però emerge come l'impoverimento degli elementi litofili non sia sufficientemente elevato per testimoniare la fusione parziale di un'unica porzione del mantello. Per giustificare questi valori anomali si suppone che sia avvenuto un flusso del mantello al di sotto della crosta continentale che abbia di conseguenza fornito materiale sempre nuovo alla provincia vulcanica. Da uno studio effettuato sugli xenoliti del mantello presenti in alcune rocce basiche (Beccaluva et alii, 2000) è emerso come il grado di frazionamento della peridotite, studiato basandosi sulla concentrazione delle HREE (terre rare pesanti) dei clinopirosseni degli inclusi di mantello, sia attorno all'8% se si considera un modello di fuso all'equilibrio con la roccia dalla quale proviene, oppure un più realistico 22% secondo il modello di estrazione del fuso senza interazione con la peridotite originaria (ossia senza che il fuso possedesse il tempo necessario a riequilibrare la sua composizione chimica con la roccia incassante).

La seconda teoria propone una genesi completamente diversa, ma che potrebbe dare una spiegazione ai valori anomali riscontrati negli inclusi di mantello.

Le analisi sugli isotopi del Pb hanno evidenziato come le rocce venete possiedano come sorgente due tipologie di peridotite: la prima è di tipo HIMU (mantello che possiede valori elevati nel rapporto $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ derivato probabilmente da riciclo di litosfera oceanica subdotta) la seconda è DM (mantello impoverito a seguito di eventi di fusione parziale). Le datazioni radiometriche indicano che il mantello HIMU sia risalito in due periodi: nel Paleocene e durante l'Eocene medio. Questi dati fanno ipotizzare che la genesi dei magmi veneti sia legata alla risalita di mantello profondo, di conseguenza la VVP è da considerarsi come l'espressione di un hot spot. Gli intervalli tra le due risalite possono essere riconducibili all'interazione dello slab proveniente dalla subduzione della placca Europa durante l'orogenesi Alpina prima e dopo il suo break-off. La crosta in subduzione avrebbe intercettato il materiale profondo in risalita andando ad interagire con esso, e tale evento sarebbe dimostrato dai valori isotopici che mostrano in alcuni casi interazioni con porzioni crostali della peridotite.

3.4 Attività magmatiche

Sugli Euganei è possibile distinguere almeno due fasi eruttive: la prima caratterizzata da magmatismo mafico ed ultramafico, la seconda da magmatismo acido. La maggior parte degli eventi, sia nella prima che nella seconda fase, si è manifestato in ambiente sottomarino, come testimoniano le intercalazioni dei sedimenti marini tra i vari depositi di colata. Le colate subaeree sono estremamente rare. L'attività mafica ebbe inizio nell'Eocene superiore, e si protrasse fino all'Oligocene inferiore. La maggior parte del vulcanismo basico è concentrato nel settore Nord dei Colli. Durante l'Oligocene inferiore il carattere del magmatismo cambiò da basico ad acido. Sono proprio le colate e le intrusioni (che prendono il nome di laccoliti e duomi) della seconda fase ad aver dato origine alle tipiche strutture che rappresentano i Colli Euganei. I prodotti più recenti sono dati da trachiti e rioliti, le quali, come testimoniato da recenti datazioni radiometriche, si sono intruse in periodi geologicamente contemporanei. Molto frequenti anche dicchi e breccie vulcaniche.

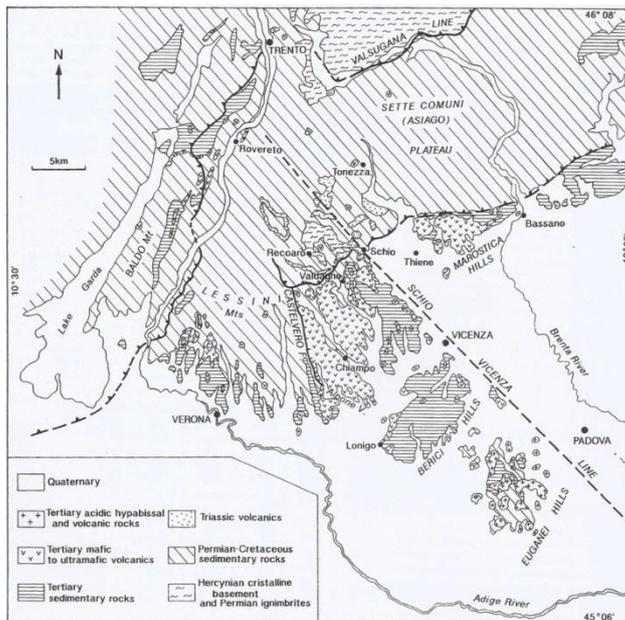


Figura 2 – Affioramenti della VVP

estremamente rare. L'attività mafica ebbe inizio nell'Eocene superiore, e si protrasse fino all'Oligocene inferiore. La maggior parte del vulcanismo basico è concentrato nel settore Nord dei Colli. Durante l'Oligocene inferiore il carattere del magmatismo cambiò da basico ad acido. Sono proprio le colate e le intrusioni (che prendono il nome di laccoliti e duomi) della seconda fase ad aver dato origine alle tipiche strutture che rappresentano i Colli Euganei. I prodotti più

recenti sono dati da trachiti e rioliti, le quali, come testimoniato da recenti datazioni radiometriche, si sono intruse in periodi geologicamente contemporanei. Molto frequenti anche dicchi e breccie vulcaniche.

Per quanto riguarda i Colli Berici, l'attività cominciò a svilupparsi dall'Eocene medio con eventi di tipo effusivo e produzione di depositi di scorie saldate nell'area di SW. Nella zona prettamente meridionale dei rilievi le rocce dell'Eocene medio sono rappresentate da colate sottomarine. L'attività vulcanica proseguì anche nell'Eocene Superiore e nell'Oligocene inferiore con la formazione di dicchi e breccie vulcaniche.

Nel contesto della VVP è interessante notare come la produzione di colate evolute sia avvenuta esclusivamente nell'area degli Euganei, mentre in tutto il resto della provincia è continuata l'emissione di prodotti da basici ad ultrabasici (localizzati principalmente nei colli del marosticano).

La fase che ha visto l'attività più ingente del magmatismo della provincia veneta è stata registrata nell'Eocene medio con attività coeva nei Lessini, Berici ed Euganei.

4 CAMPIONI

Di tutte le rocce prelevate durante i rilevamenti in campagna ne sono state selezionate dieci provenienti sia da colate a carattere basico che a carattere acido. In particolare, nella tabella sottostante, sono state riportate luogo di provenienza e tipologia dei campioni.

Litologia	Basalto	Basalto trachiandesitico	Basalto andesitico	Riolite	Riolite	Basanite	Basalto	Basalto	Basalto andesitico	Basanite
Luogo di provenienza	Colle Zabai	Castelnuovo (Monte delle Forche)	Castelnuovo (Monte delle Forche)	Castelnuovo (Monte delle Forche)	Cava di Monteortone	Meledo	Monticello	Monte Lungo	Montegalda	Albettone
Nome campione	EU50	EU52	EU53	EU54	EU60	BE1	BE2	BE4	BE5	BE6

Per entrambe le litologie gli affioramenti mostrano fratturazione colonnare dovuta al raffreddamento del fuso a seguito dell'evento di colata oppure di intrusione all'interno dei sedimenti.



Figura 2 - Cava di riolite colonnare



Figura 3 - Colata basaltica

4.1 Descrizione macroscopica



Figura 4 – Campione di Riolite

Le rioliti presentano una patina esterna giallo-marrone dovuta all'ossidazione ed all'alterazione. La roccia si presenta olocristallina a tessitura porfirica. La matrice è data da microcristalli sialici e per tale motivo risulta di colore chiaro. I fenocristalli sviluppatasi sono di Plagioclasio a prevalente componente albitica ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), Feldspato alcalino ($(\text{Na}, \text{K}) \text{AlSi}_3\text{O}_8$), Mica scura (Biotite $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3 \text{AlSi}_3\text{O}_{10} \text{OH}_2$), Quarzo (SiO_2).



Figura 5 – Campione di Basalto

I basalti, in generale, come le rioliti presentano esteriormente una patina rossastra dovuta all'alterazione. La roccia è olocristallina a tessitura porfirica. La matrice è afanitica in quanto non è possibile distinguere alcun tipo di minerale, ma dato il suo colore scuro, sicuramente è composta, per la maggior parte, da minerali femici ed ossidi, ed in percentuale minore da plagioclasti. Tra i fenocristalli è possibile riconoscere Pirosseno, Anfibolo, Plagioclasti a prevalente componente anortitica ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) ed Olivina a prevalente composizione forsteritica (Mg_2SiO_4). La roccia presenta vacuoli dovuti al raffreddamento durante l'effusione, i quali spesso sono stati riempiti successivamente da minerali secondari appartenenti al gruppo delle Zeoliti.

Facendo un confronto macroscopico tra rocce acide e basiche, si nota come le prime possiedano una grana molto più grossa delle seconde, presentano fenocristalli molto più sviluppati con morfologia da subedrale ad euedrale, mentre nei basalti anche i fenocristalli sono di piccole dimensioni con morfologie generalmente subedrali. Questa grossa differenza nella granulometria delle rocce è indice di differenti velocità di raffreddamento, ed in particolare, le colate basaltiche si devono essere raffreddate molto più velocemente rispetto ai magmi riolitici che infatti sono prevalentemente sub-intrusivi .

4.2 Descrizione microscopica

Le rioliti presentano una struttura trachitica e sono olocristalline.

I cristalli che compongono la matrice sono probabilmente composti da Feldspato, possiedono una granulometria estremamente piccola e sembrano essere disposti lungo la direzione di flusso del raffreddamento, tant'è che avvolgono secondo precise direzioni i fenocristalli che sono immersi nella matrice.

I fenocristalli hanno una granulometria estremamente più elevata rispetto alla pasta di fondo. I Feldspati alcalini formano cristalli generalmente subedrali. In alcuni di essi è possibile riconoscerne la geminazione. Molto probabilmente si tratta del polimorfo di alta temperatura (Sanidino). I Plagioclasti sono statisticamente molto inferiori in percentuale rispetto ai Feldspati alcalini. Hanno abito solitamente tozzo ed euedrale, presentando una geminazione prevalentemente tipo Albite. La Biotite è anedrale e presenta un abito molto allungato, facilmente riconoscibile dallo spiccato pleocroismo giallo-bruno. Il Quarzo solitamente si presenta con abito anedrale e poco sviluppato in dimensione rispetto ai feldspati, inoltre è presente in percentuale minore rispetto alle altre fasi minerali cristallizzate nella sezione.



Figura 6 - Fenocristallo di Feldspato alcalino immerso nella matrice sialica (EU 60)

Le rocce basiche presentano delle tessiture diverse tra loro. In linea generale si può affermare che la tessitura delle rocce vari da porfirica (basaniti) ad

intergranulare (basalti), è presente una frazione non molto abbondante di vetro. I principali minerali che si osservano sono femici ed ossidi.

La matrice è composta principalmente da Plagioclasti anortitici, Pirosseni ed Ossidi. La granulometria è solitamente molto minuta, ma in alcuni casi i cristalli (specialmente il Plagioclasio) sono di dimensione modeste, indicando un raffreddamento più lento rispetto ad altri campioni. Il Plagioclasio inoltre spesso è allungato secondo la direzione del flusso.

I fenocristalli si presentano con abito da subedrale ad euedrale. L'Olivina (ricca in magnesio) risulta spesso fratturata ed alterata in iddingsite e bowlingite. Il Clinopirosseno (ricco in Diopside $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) è spesso subedrale e di dimensioni meno sviluppate, soprattutto rispetto all'anfibolo, il quale, al contrario, è spesso euedrale e ben sviluppato. Solitamente si tratta di Orneblenda ($(\text{Na,Ca})_{0-1}\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe}^{2-3}, \text{Al})_5(\text{Si}_7\text{AlO}_{22})(\text{OH})_2$). Il Plagioclasio anortitico è anch'esso ben sviluppato, da allungato a tozzo, mostra sia geminazione Albite che Karlsbad.

Spesso all'interno delle sezioni sono presenti degli xenoliti provenienti dal mantello, i quali sono composti da aggregati di Olivina ed Ortopirosseno (ricco in Enstatite $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$).

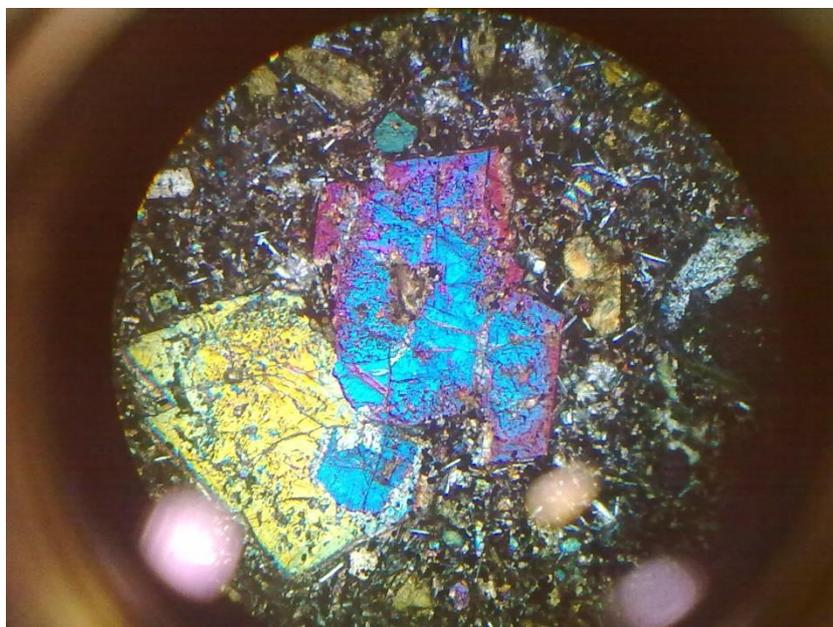


Figura 7 - Cristalli di Clinopirosseno in matrice intergranulare (EU 51)

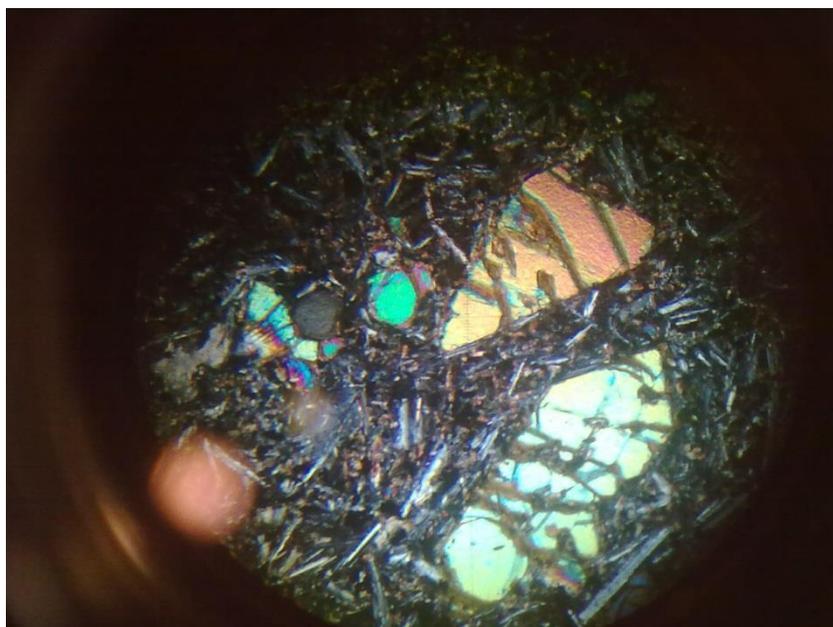


Figura 8 - Olivina fratturata (BE 2)

5 ANALISI GEOCHIMICA

Per ottenere informazioni riguardanti il chimismo dei campioni è stata sfruttata l'analisi spettrometrica in fluorescenza da polveri (sonda XRF). Questa metodologia permette di ricavare dati qualitativi e quantitativi sul chimismo dei campioni attraverso gli effetti che la radiazione elettronica, fortemente accelerata, produce con gli atomi della roccia. In questa particolare tecnica si analizza l'effetto della fluorescenza, che riguarda



Figura 9 – Macinazione campione su mortaio d'agata

l'interazione della radiazione incidente con gli elettroni più interni degli atomi del campione, che, a causa dello scalzamento di tali elettroni, generano una radiazione X monocromatica caratteristica di ogni elemento. Confrontando le intensità delle

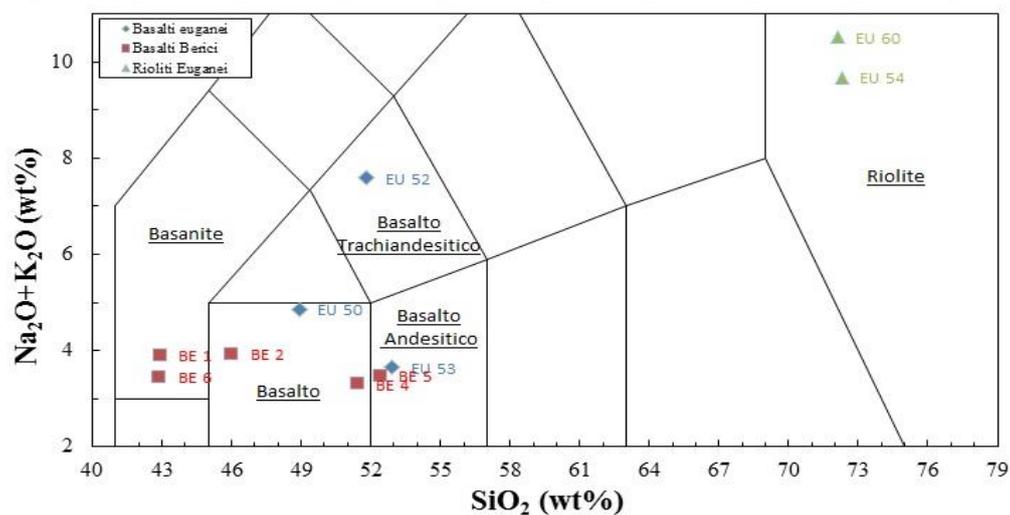
radiazioni emesse dal campione con quelle di uno standard si possono ricavare i pesi percentuali degli elementi maggiori, ed i pesi in ppm degli elementi in traccia.

I campioni sono stati macinati in un mortaio di agata fino a generare una polvere con granulometria di qualche μm . In seguito sono stati presi 2,5 grammi di ognuno ai quali sono stati aggiunti 6,5 grammi di tetraborato di Litio. La polvere è stata in seguito fusa per ottenere dei campioni vetrificati (perle) fisicamente omogenei che sono stati sfruttati per compiere le analisi spettrometriche.

Nell'Allegato 1 è presente la tabella con le relative abbondanze chimiche di tutti i campioni sfruttati per lo studio.

5.1 Classificazione dei campioni

La classificazione dei campioni è stata effettuata attraverso il diagramma TAS (total alkali-silica) che mette a confronto il contenuto percentuale di SiO_2 con la somma di Na_2O e K_2O .



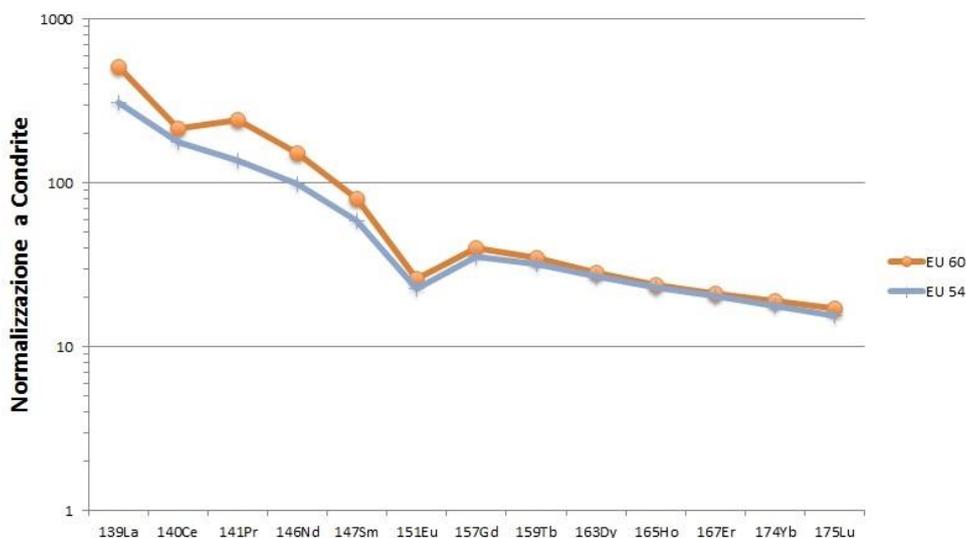
In base a questa classificazione si osserva come i campioni dei Berici siano spiccatamente a carattere basico ed ultrabasico con valori di SiO_2 che non superano il 53 wt% (peso percentuale) e bassi valori in alcali. I campioni euganei sono più diversificati e differenziati, dal basalto andesitico sino alle rioliti, quindi con valori in silice che vanno da medi a molto elevati e percentuali in alcali sempre maggiori rispetto a quelle beriche.

Da questa classificazione si può effettuare una prima analisi sulle serie magmatiche distinguendo i campioni alcalini da quelli sub alcalini. La differenza tra le due serie sta nel contenuto in alcali, molto maggiore nella serie alcalina rispetto a quella subalcalina, pertanto una parte dei campioni dei Berici (BE1, BE2, BE6) e due campioni euganei (EU52, EU53) si possono classificare come alcalini, mentre i restanti campioni sono sub-alcalini.

5.2 Analisi Rioliti euganee

I campioni che appartengono alle Rioliti sono EU 54 ed EU 60, prelevate rispettivamente a Castelnuovo e Monteortone.

Le due rocce presentano un tenore in SiO₂ pressoché identico con piccole variazioni di composizione per quello che riguarda il contenuto in elementi maggiori. Le differenze principali si osservano nel contenuto in elementi incompatibili.



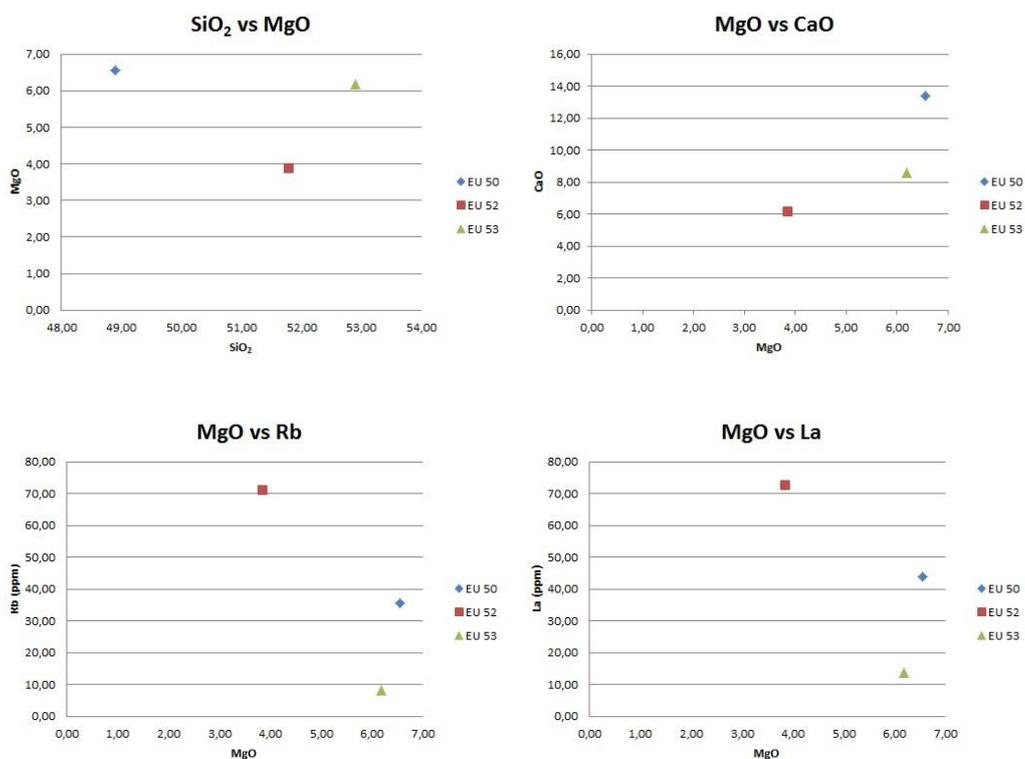
Dai grafici si nota come vi sia un gap tra i due campioni nel contenuto in LREE (terre rare leggere) abbastanza importante, mentre la concentrazione nelle HREE (terre rare pesanti) è pressoché coincidente. Inoltre si può osservare la marcata lacuna della concentrazione dell'Eu dovuta alla cristallizzazione del Feldspato.

Per spiegare l'anomalia negativa del Ce (nei confronti di La e Nd) della riolite EU 60, l'ipotesi più plausibile è rappresentata dal fatto che questo campione abbia subito interazione con sedimenti o acqua marina. Acqua e sedimenti, difatti,

presentano delle anomalie negative nella concentrazione di Ce a causa dello stato di ossidazione 4+ che lo rende meno solubile in soluzione acquosa.

Le due rioliti sono dunque da considerarsi appartenenti ad uno stesso evento di effusione, o comunque differenziate attraverso la cristallizzazione frazionata da fusi magmatici simili. Il periodo di eruzione di queste colate è appartenente all'Oligocene inferiore.

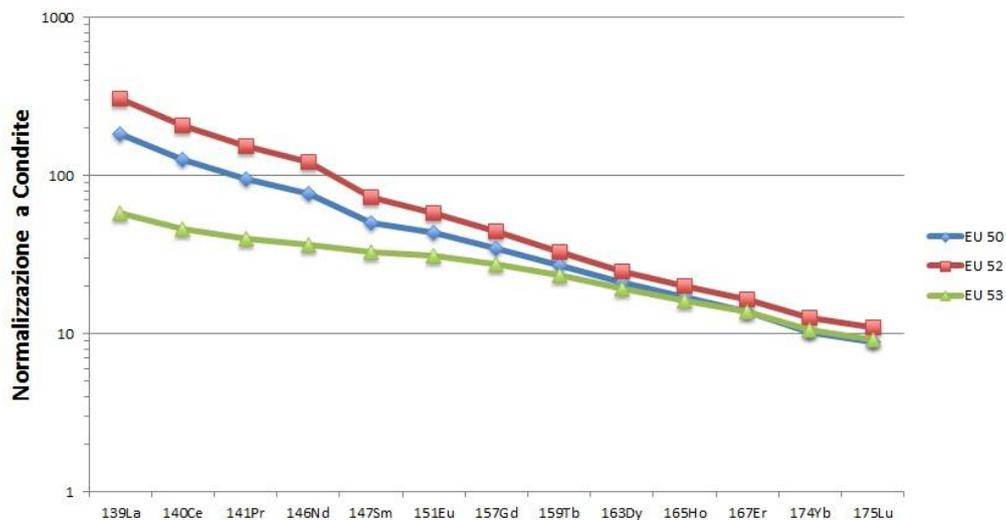
5.3 Analisi rocce basiche euganee



I campioni basici euganei raccolti sono stati tre: EU 50 basalto (Colle Zabai), EU 52 basalto trachandesitico (Castelnuovo), EU 53 basalto andesitico (Castelnuovo). Essendo rocce a diverso grado di differenziazione possiedono consistenti differenze in SiO₂, elementi maggiori e minori, come si può osservare nei grafici.

I dati più interessanti di queste tre rocce riguardano il contenuto in incompatibili, ed i loro valori normalizzati alla concentrazione condritica. Come si può osservare il campione EU 53 possiede un contenuto in REE molto più basso rispetto a

quello che si aspetterebbe in base al suo grado di evoluzione, infatti, immaginando un processo di cristallizzazione frazionata del fuso il contenuto in REE dovrebbe aumentare con il grado di evoluzione della roccia. Qui avviene l'opposto: EU 50 (il campione meno evoluto del gruppo) mostra un arricchimento in REE rispetto ad EU 53.



Sulla base di queste informazioni si possono effettuare le seguenti considerazioni. Le rocce appartengono a due serie magmatiche distinte: EU 50 ed EU 52 appartengono alla serie alcalina mentre EU 53 appartiene alla serie subalcalina. Tra le due serie vi sono delle differenze legate a fattori genetici, in particolare sul grado di fusione del mantello e sul ruolo del granato durante la fusione stessa. Da studi effettuati in merito, risulta come per bassi gradi di fusione si ottengano magmi con una composizione arricchita in alcali (serie alcalina), mentre a gradi di fusione più elevati la concentrazione in alcali diminuisce a favore del tenore in SiO_2 . Inoltre se la sorgente dei fusi è superiore ai 60 km di profondità, la peridotite possiede come fase alluminifera il granato, il quale presenta un elevato contenuto di HREE, ma per gradi di fusione poco elevati si arricchisce in LREE. Ne deriva che fondendo una peridotite che possiede un granato residuo di fusione parziale a basso grado, si otterrà un fuso arricchito in LREE. Partendo da queste considerazioni, ed osservando la concentrazione delle REE nei vari campioni, si può affermare che EU 50 ed EU 52 si sono generate da una peridotite che ha subito un grado di fusione basso ed in presenza di granato residuo che ha permesso l'elevato contenuto in LREE. Il campione EU 53, invece, proviene da

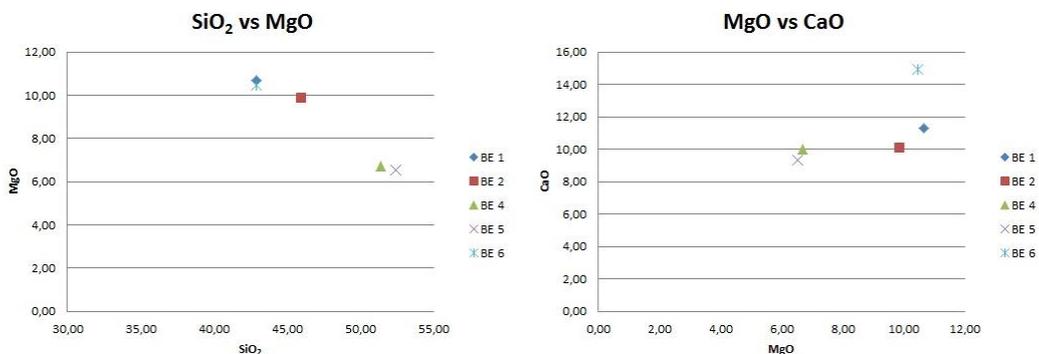
una peridotite che ha subito un grado di fusione più elevato e che era priva o quasi di granato residuo.

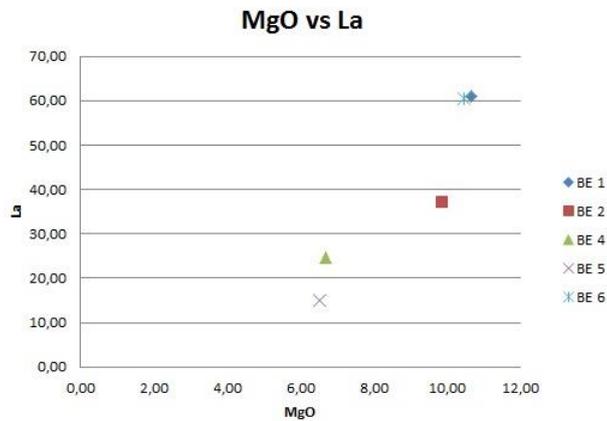
La genesi dei campioni basici quindi è legata ad eventi a diverso grado di fusione parziale della medesima peridotite. Tale teoria è confermata da analisi effettuate sui rapporti isotopici di Sr e Nd che sono risultati essere pressoché identici, evidenza che indica un'unica roccia sorgente del mantello per tutti e tre i campioni.

Durante la fase di campionamento è inoltre stato possibile osservare come il campione trachianandesitico EU 52 appartenga ad un dicco che taglia l'affioramento da cui proviene il basalto andesitico EU 53, di conseguenza il primo deve avere un'età più recente del secondo. Alla luce di questo si può affermare che i magmi alcalini (EU 50 ed EU 52) si sono formati nella fase tardiva del magmatismo euganeo, quando la temperatura del mantello era già ridotta rispetto al periodo di produzione dei magmi tholeiitici (EU53).

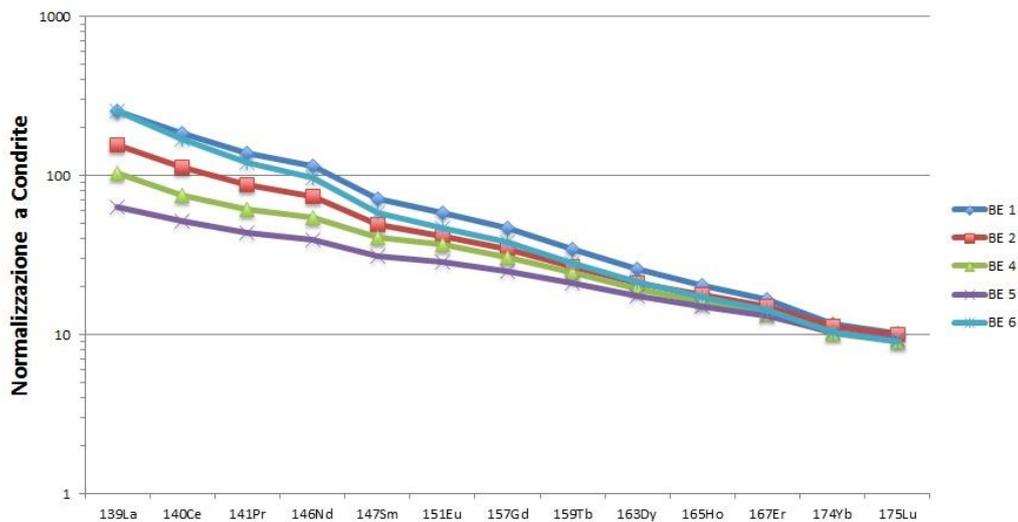
5.4 Analisi rocce basiche beriche

Le rocce analizzate sono state cinque: BE 1 e BE 6 basaniti (Meledo e Albettono), BE 2 e BE 4 basalti (Monticello e Monte Lungo), BE 5 basalto andesitico (Montegalda). Tutti i campioni appartengono a fusi magmatici poco evoluti, con composizioni che vanno da basiche ad ultrabasiche. Già dalla classificazione si può osservare come rispetto ai campioni euganei, le rocce beriche abbiano subito una storia evolutiva differente, o meglio, i loro fusi hanno stazionato per un tempo minore in camera magmatica dove il processo di cristallizzazione frazionata non ha inciso così profondamente sul chimismo del fuso come avvenuto negli Euganei.





In linea generale, come primo approccio, si può osservare che negli elementi maggiori sia presente una certa affinità tra i campioni BE 1-BE 6, e tra BE 4-BE 5, i quali possiedono valori quasi coincidenti sia per il contenuto in SiO₂, che in MgO, e CaO (a parte la prima coppia). Questa evidenza lascia supporre che le due coppie appartengano a due colate differenti. In realtà, osservando i grafici riguardanti le REE, si nota come l'affinità resti solamente per i campioni 1 e 6, mentre 4 e 5 mostrano delle differenze abbastanza significative, di conseguenza bisogna ipotizzare più eventi magmatici rispetto a quello che ci si potrebbe attendere osservando esclusivamente i grafici delle composizioni in elementi maggiori.

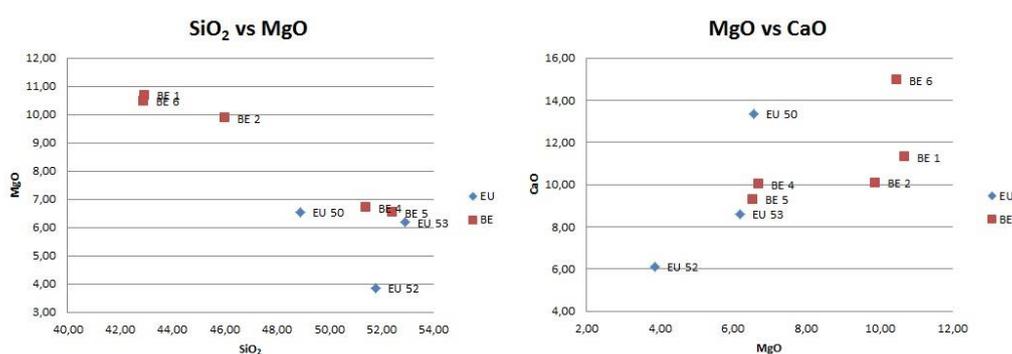


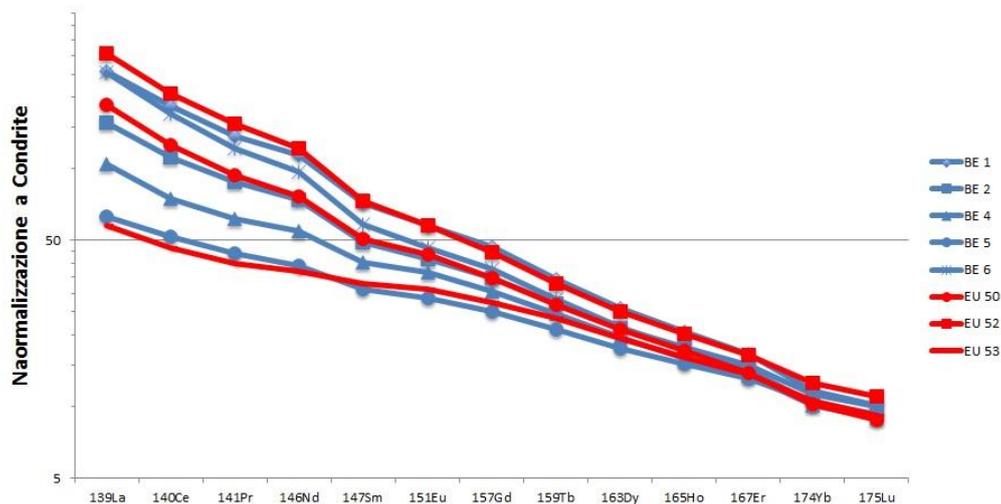
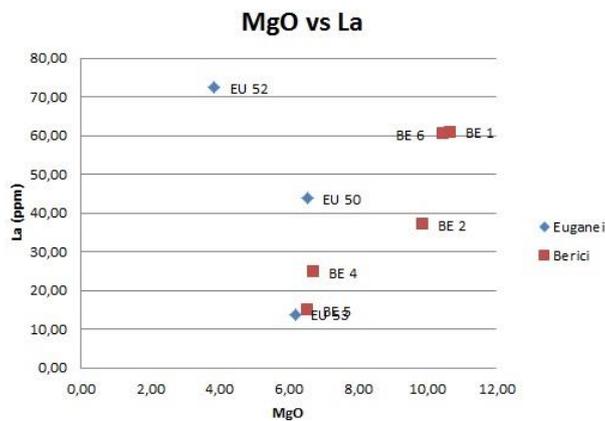
Come osservato per le rocce provenienti dai Colli Euganei, anche nei Berici è possibile suddividere i campioni in due gruppi: BE 1, BE 2 e BE 6 appartenenti alla serie alcalina, BE 4 e BE 5 legati alla serie subalcalina. Partendo da questa suddivisione si possono ipotizzare più processi di fusione parziale del mantello con gradi di fusione differente. In particolare i campioni subalcalini si sarebbero formati per alto grado di fusione dando origine a magmi poveri in alcali e ricchi in silice, mentre i campioni alcalini sono legati ad una fusione di più basso grado, inoltre presentano un consistente arricchimento in LREE rispetto ai campioni subalcalini, evidenza che suggerisce la presenza di granato residuo durante la fusione che ha generato BE 1, BE 2 e BE 6.

Osservando le concentrazioni delle basaniti rispetto a BE 2 si nota una concentrazione più bassa di incompatibili. Tale dato suggerisce che il basalto sia stato generato da un evento di fusione successivo rispetto alle basaniti, quindi la peridotite, dal primo al secondo processo di fusione, si è impoverita in elementi incompatibili. Stesso ragionamento va fatto anche nei confronti dei campioni subalcalini, dove BE 4 mostra una concentrazione più elevata in REE rispetto a BE 5.

I dati derivati dalle analisi isotopiche di Sr e Nd mostrano delle concentrazioni simili per tutte le rocce, il che indica che tutti i campioni berici sono legati alla medesima peridotite. Inoltre tali valori sono del tutto confrontabili con quelli appartenenti alle rocce basiche euganee.

5.5 Confronto Euganei-Berici



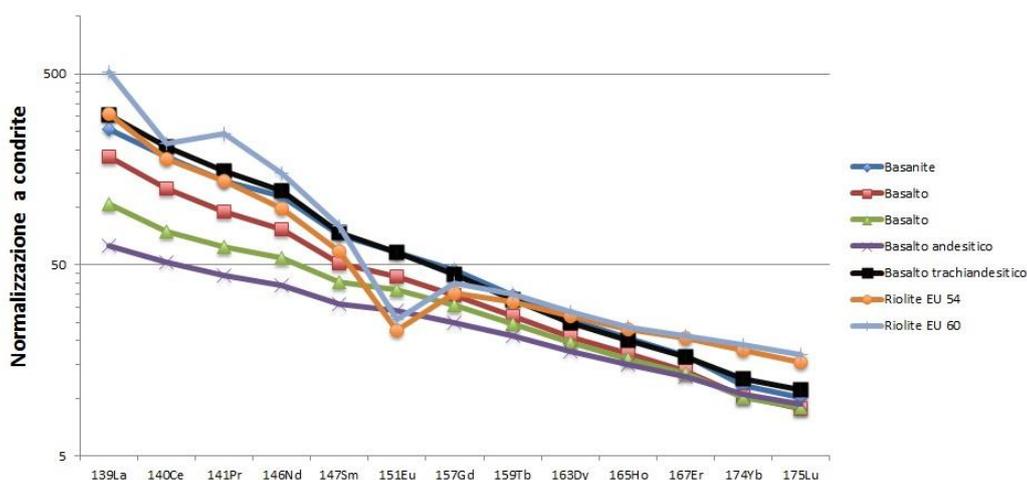


Il confronto tra le rocce campionate su Euganei e Berici permette di verificare l'esistenza di relazioni tra gli eventi magmatici delle due aree, che indicherebbero legami genetici, oppure eventi coevi.

Analizzando il grafico dei valori normalizzati alla concentrazione della condrite, le basaniti (BE 1 e BE 6) e la trachiandesite rappresentano i campioni con i valori di REE più elevati di tutti. Scendendo a concentrazioni inferiori troviamo la prima importante relazione tra Berici ed Euganei con i campioni BE 2 ed EU 50, entrambi basalti, i quali mostrano un contenuto in REE pressoché identico. Al di sotto si trova BE 4 (basalto) ed infine un'altra coppia data da BE 5 ed EU 53 (basalti andesitici). Scendendo dal primo all'ultimo campione (non considerando EU 52) si osserva un aumento del contenuto in silice, ma una diminuzione in incompatibili. Questo andamento esclude la possibilità che i campioni siano legati

all'evoluzione di un fuso comune, ma al contrario suggeriscono più processi di fusione parziale.

Dalle analisi svolte separatamente su Euganei e Berici si è notato come in entrambi i casi si potessero suddividere i campioni in due grandi eventi che hanno coinvolto volumi di mantello differenti: fusione ad elevato grado che ha dato origine alla serie subalcalina, fusione di basso grado che ha portato alla formazione della serie alcalina. Considerando le relazioni sul chimismo delle rocce delle due aree, i legami stratigrafici osservati negli Euganei e le concentrazioni isotopiche di Sr e Nd, si può affermare che tutti i campioni basici appartengono alla medesima peridotite che ha subito più processi di anatessi a diverso grado di fusione. Cronologicamente sono avvenute prima le fusioni ad elevato grado che hanno prodotto i magmi da cui derivano BE 4 e la coppia BE 5 – EU 53, successivamente si assiste ad un abbassamento della temperatura del mantello che nella fase post tholeitica ha subito un grado di fusione minore producendo i magmi di EU 52, BE 1 – BE 6, BE 2 – EU 50. La fusione della serie alcalina inoltre presenta una concentrazione in LREE molto elevata, dovuta alla presenza di granato residuo delle fusioni precedenti che si è arricchito in questi elementi incompatibili.

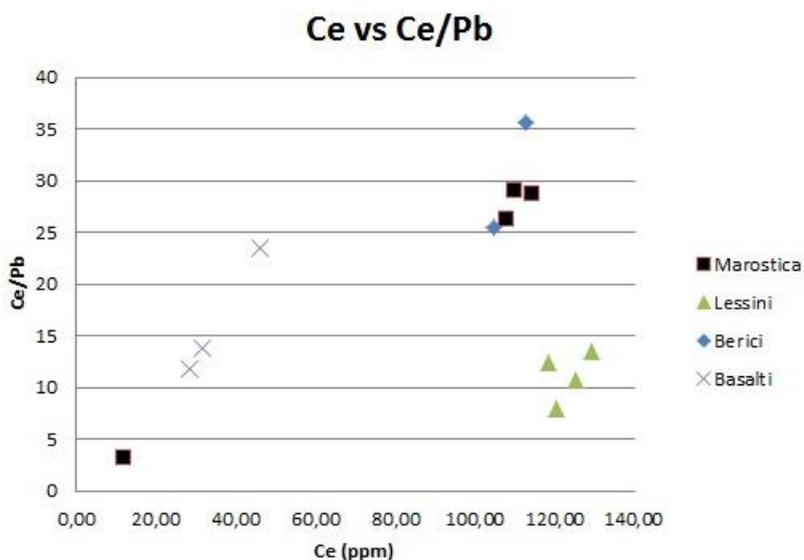


Per quanto riguarda le rioliti, come si può osservare dal grafico soprastante, esse possiedono i valori in contenuto di incompatibili in assoluto più elevati tra tutti i campioni. L'elevata concentrazione è indubbiamente dovuta al processo di evoluzione del fuso attraverso la cristallizzazione frazionata. I valori bassi in LREE del campione EU 54 si devono attribuire con tutta probabilità ad alterazione sia subaerea che subacquea.

Purtroppo nel lavoro questa tesi non si dispone di dati isotopici relativi alle rioliti. È comunque noto dalla letteratura che le colate riolitiche si sono sviluppate attorno ai 32 Ma.

5.6 Confronto con analisi sui campioni studiati nel lavoro di Macera et alii

Nella pubblicazione del 2003 di Macera et alii sono state analizzate delle basaniti appartenenti al Marosticano ed ai Monti Lessini. Queste rocce presentano un tenore in silice ed in elementi maggiori molto simile a quello delle basaniti beriche. Il confronto principale però riguarda la relazione Ce-Ce/Pb, in quanto fornisce dei dettagli importanti sulla tipologia della peridotite da cui provengono le colate.



Dal grafico si nota come le basaniti abbiano dei valori confrontabili con le colate marosticane.

Il campo in cui si trovano i valori dei campioni appartiene alla peridotite HIMU, mentre l'area in cui cadono i basalti (BE 4, BE5, EU 53) corrisponde ad una peridotite impoverita.

Questo confronto permette di evidenziare sia il fatto che via sia uno stretto ed inequivocabile legame tra le colate beriche e quelle marosticane, ma anche, come

ipotizzato precedentemente, che le colate basaltiche derivino da un processo di fusione parziale.

Dalla studi precedenti in merito alla VVP si conosce che l'età delle eruzioni nell'area del marosticano è avvenuta solamente durante l'Oligocene, periodo nel quale si è sviluppata negli Euganei anche l'attività a carattere acido. Questa informazione è estremamente importante perché indica come, con elevata probabilità, tutti i campioni alcalini raccolti appartengano alla fase più recente del magmatismo della provincia vulcanica veneta.

6. CONCLUSIONI

Durante il Paleogene nell'area veneta si è sviluppato un evento magmatico che ha coinvolto quattro aree principali: Colli Lessini, Colli Marosticani, Colli Berici e Colli Euganei.

Confrontando le basaniti campionate sui Berici alle basaniti di Lessini e Marosticano è emerso come vi fosse un legame piuttosto significativo tra i vari campioni sia in elementi maggiori che in elementi minori. Analizzando il contenuto in Ce ed il rapporto Ce/Pb risulta che i valori delle colate beriche sono del tutto confrontabili con quelle marosticane. Questo legame ci fornisce due importanti informazioni: la prima indica che la sorgente di entrambe le colate è una peridotite di tipo HIMU, la seconda posiziona cronologicamente le colate nell'Oligocene, in quanto l'area del marosticano ha registrato eventi effusivi solo durante quel periodo.

Nei vari campioni raccolti tra Berici ed Euganei sono state trovate analogie in composizione di REE ed elementi maggiori. Studiando le relazioni tra le varie colate ed il loro chimismo si è dedotto che, molto probabilmente, la roccia sorgente di tutti i campioni basici sia la stessa, in quanto le concentrazioni in isotopi di Sr e Nd sono estremamente simili. La peridotite ha subito in generale due eventi a diverso grado di fusione che ha prodotto inizialmente dei magmi a composizione subalcalina, e successivamente, a causa di un abbassamento del grado di fusione, a composizione alcalina. La serie alcalina inoltre mostra la presenza di granato residuo attraverso l'arricchimento delle rocce in LREE, il che indica che la peridotite da cui provengono i magmi si trova ad una profondità superiore ai 60 km.

Serie alcalina e subalcalina mostrano dei trend di diminuzione in elementi incompatibili, dovuto a più processi di fusione parziale della peridotite che ha portato all'impoverimento in tali componenti del mantello.

In seguito alle colate a carattere basico, si sono impostate delle colate a chimismo più acido. Questi eventi sono racchiusi solamente nell'area degli Euganei, l'unica zona in cui sono state registrate colate a carattere acido in tutta la provincia vulcanica veneta. In termini cronologici, grazie a lavori precedenti effettuati sui Colli Euganei, le colate riolitiche sono state datate attorno ai 32 Ma.

7. ABSTRACT

During Paleogene time in the Veneto region developed a magmatic province that involved four main areas: Lessini hills, Marostican hills, Euganean hills and Berici hills. This work is focused on Euganean and Berici areas.

Euganean hills started their activity around 40 Gy ago (upper Eocene), and it's possible to divide their activity in two stages: the first shows basic magmatism, the second (during lower Oligocene) both basic and acidic activity.

Berici hills started their eruption around 50 Gy ago (middle Eocene) and during all the period the eruption belonged to basic magmatism.

Acidic rocks from Euganean hills show very similar concentration in major elements, but the abundance of Rare Earth Elements is different. The gap between the two samples regards mainly the Light REE, and this is probably due to subaerial and subaqueous alteration. Subaqueous alteration is confirmed by the gap in Ce: the Ce loss is typical of sea sediments.

The two samples belonged to very similar magmas, and their flows have been erupted at the same period.

Euganean basic rocks show different degree of magmatic differentiation (from basalt to trachy-andesite basalt), and consequently different concentrations in major and minor elements.

Studying the REE concentration normalized to chondrite values it emerges that all the samples could be genetically related by partial melting process. In particular it's possible to divide the samples in two groups: EU 50 and EU 52 belong to alkaline series, EU 53 belongs to sub alkaline series. Sub alkaline rock has been developed from an high-degree partial melting process, meanwhile alkaline rocks developed from a low-degree partial melting process. Alkaline rocks, moreover, shows high concentrations in LREE due to residual garnet during the melting event.

Stratigraphic relations show that alkaline rocks are younger than sub alkaline sample.

Berici rocks belong all to basic and ultrabasic composition. They show differences in major and minor elements due to their evolution, but generally they have a low concentration in alkalis, and an abundance in SiO₂ lower than 53%.

The chondrite normalized values show that basanites have very similar concentration in REE, and the trend from basanites to andesite basalts is compatible with partial melting process. Like euganean samples, also berici rocks

can be divide in alkaline (BE1, BE2, BE6) and sub alkaline series (BE4, BE5), that belong to two different partial melting degree processes. From isotopic evidences it's possible to affirm that all the samples belong to the same mantle rock.

The comparison between Berici and Euganean rocks shows that there are three groups of samples having the same concentration in REE. Those samples are: BE 1-BE 6 (basanites), EU 50-BE 2 (basalts), EU 53-BE5 (andesite-basalts). This relation suggest that all the basic rocks from both areas belong to the same mantle rock which has been depleted by several partial melting event. The analysis show that the peridotite has been involved in two main melting event. The first produced sub alkaline rocks by an high-degree melting, the second produced alkaline rocks by a low-degree melting process that also involved residual garnet which enriched the melt in LREE components.

Finally, looking for a relationship between Berici-Euganean rocks with magmatic events of VVP, it has been made a comparison between Berici and Marostican basanites. From the concentration of Ce and Ce/Pb it emerges that Berici and Marostican flows have very similar compositions (also in major and minor elements), and both belong to an HIMU mantle. Since Marostican flows developed only during Oligocene time, it's possible to affirm that also the samples of this work have been erupted at the same time.

Concluding, all the samples has been erupted during the final period of activity of the Veneto Vulcanic Province. Basic samples belong to an HIMU mantle which has been depleted by several partial melting. Rhyolites have been erupted in a second time.

8. BIBLIOGRAFIA

- **Depletion events, nature of metasomatizing, agent and timing of enrichment processes in lithospheric mantle xenolith from the Veneto Volcanic Province** (2001) Beccaluva, Bonadiman, Coltorti, Salvini, Siena
- **La geologia dei Colli Euganei** (2003) Astolfi, Colombara
- **Geodynamic implications of deep mantle upwelling in the source of Tertiary volcanics from the Veneto region (South-Eastern Alps)** (2003) Macera, Gasperini, Piromallo, BlichertToft, Bosch, Del Moro, Martin
- **Note illustrative della carta geologica dei Colli Euganei 2° edizione** (1981) Memorie Scienze Geologiche, autori vari
- **The Paleogene basalts of the Veneto Region (NE Italy)** (1995) De Vecchi, Sedea

9. ALLEGATI

Litologia	Basalto Colle Zabai	Basalto trachiadesitico Castelnuovo (Monte delle Forche)	Basalto andesitico Castelnuovo (Monte delle Forche)	Riolite Castelnuovo (Monte delle Forche)	Riolite Cava di Monteortone	Basanite Meledo	Basalto Monticello	Basalto Monte Lungo	Basalto andesitico Montegalda	Basanite Albettone
Nome campione	EU50	EU52	EU53	EU54	EU60	BE1	BE2	BE4	BE5	BE6
SiO₂	48,90	51,80	52,91	72,30	72,10	42,95	46,02	51,43	52,41	42,90
TiO₂	2,58	2,76	2,36	0,42	0,29	3,18	2,52	2,40	2,01	2,81
Al₂O₃	13,45	16,32	14,74	14,05	15,13	13,03	14,32	14,60	14,91	12,75
Fe₂O₃	9,51	10,45	11,17	2,48	1,27	13,52	12,38	10,99	10,98	11,77
MnO	0,15	0,12	0,12	0,05	0,03	0,19	0,17	0,12	0,14	0,17
MgO	6,56	3,86	6,18	0,40	0,15	10,68	9,88	6,71	6,53	10,47
CaO	13,37	6,13	8,61	0,54	0,49	11,32	10,08	10,02	9,31	14,95
Na₂O	2,76	4,36	3,22	3,87	4,76	3,31	2,51	2,88	2,86	2,83
K₂O	2,10	3,24	0,43	5,80	5,75	0,59	1,41	0,42	0,61	0,62
P₂O₅	0,62	0,97	0,26	0,08	0,02	1,24	0,70	0,44	0,24	0,73
Tot	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Na₂O+K₂O	4,86	7,59	3,65	9,67	10,51	3,89	3,92	3,30	3,47	3,45

Litologia	Basalto	Basalto trachidésítico	Basalto andesítico	Riolite	Riolite	Basanite	Basalto	Basalto	Basalto andesítico	Basanite
S	269	157	85	25	23	86	229	157	259	541
Sc	<5	<5	6	10	10	<5	<5	<5	<5	<5
V	222	178	187	17	6	277	237	188	182	267
Cr	319	56	208	<6	<6	242	267	242	215	302
Co	52	33	43	<3	<3	61	51	48	45	54
Ni	204	48	145	<3	<3	217	199	156	123	186
Cu	85	56	73	25	23	73	86	75	73	76
Zn	146	169	136	90	51	140	130	134	120	130
Ga	28	32	28	29	30	26	25	27	25	27
Rb	40	74	15	205	180	11	34	15	23	13
Sr	686	839	349	59	34	912	821	499	365	1394
Y	25,22	34,64	23,96	41,22	41,06	35,08	26,45	26,72	22,55	30,26
Zr	215	454	168	444	349	265	196	165	144	287
Nb	52	76	21	77	118	70	47	25	20	65
Ba	651	777	264	314	131	729	559	317	286	829
La	43,85	72,35	13,74	73,07	121,57	60,91	37,07	24,73	14,95	60,47
Ce	76,87	127,46	28,45	109,62	132,08	112,87	68,81	46,12	31,67	104,85
Nd	35,59	56,60	16,88	45,53	69,88	52,62	33,57	24,81	18,01	44,68
Pb	2,85	5,48	2,39	12,62	12,65	3,23	2,06	1,94	2,36	4,07
Th	5,91	10,08	2,85	23,48	25,76	6,24	3,90	2,51	2,43	7,16
U	2,98	2,56	0,82	5,97	6,44	1,70	1,11	0,66	0,63	2,04