



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze

Direttore Prof. Cristina Stefani

TESI DI LAUREA TRIENNALE

IN

SCIENZE GEOLOGICHE

**GEOCHIMICA DI BASALTI E LATITI DEI
COLLI EUGANEI**

Relatore: Prof. Andrea Marzoli

Laureando: Davide Stocco

ANNO ACCADEMICO 2011 / 2012

Indice

Introduzione	pg.	2
Campionamento	pg.	3
Analisi di laboratorio	pg.	5
Elaborazione dei dati	pg.	9
Litologie e TAS	pg.	9
Geochimica	pg.	10
Genesi dei Magmi e MELTS	pg.	14
Conclusioni	pg.	21
Bibliografia	pg.	22

Introduzione

I Colli Euganei, situati a Sud-Ovest di Padova, rappresentano un chiaro elemento di discontinuità morfologica della pianura veneta e ricoprono un'area di circa 100 km². È stato creato nel 1989 l'ente del parco che limita l'attività estrattiva per preservare il patrimonio che questi rilievi rappresentano da molti punti di vista.

I Colli Euganei sono il prodotto di più cicli vulcanici ma con modalità ed età differenti rispetto a quelle individuati nel resto della provincia magmatica veneta. Innanzitutto a livello compozionale presentano una bimodalità tra litotipi riolitici e trachitici, unica espressione veneta, e litotipi basaltici mentre i prodotti intermedi, latitici, sono subordinati. In secondo luogo abbiamo uno sviluppo del magmatismo in tempi di relativa stasi del resto della provincia.

Il primo evento si colloca nell'Eocene superiore, con colate basaltiche sottomarine, che hanno dato origine a lave a cuscini e ialoclastiti intercalate a sedimento bacinale marnoso. Sono presenti anche prodotti esplosivi di tipo piroclastico. Dopo questa prima fase abbiamo la messa in posto di corpi eruttivi riolitici, trachitici e latitici nell'Oligocene inferiore tra i 35 ed i 30 milioni di anni fa. Da legare a questa sono anche subordinata attività basaltica che si traduce in corpi filoniani. A partire dall'Oligocene medio l'attività negli Euganei si esaurisce.

La morfologia dei corpi è da mettere in relazione alla viscosità dei magmi e ai rapporti con gli strati preesistenti. Le tipologie di corpo eruttivo sono fondamentalmente il duomo(o cupola di ristagno), il laccolite, il laccolite di eruzione, i corpi discordanti(quali dicchi o filoni), i filoni strato(o sill) e i camini d'esplosione.

Campionamento

L'attività di campagna si è svolta tra i mesi di Gennaio e Marzo 2012 principalmente, accorgimento necessario ad evitare l'ostacolo della vegetazione e l'eventuale allagamento dei siti in relazione all'aumento della piovosità. I siti del campionamento sono invece stati pianificati sulla base della Carta Geologica dei Colli Euganei 1:25000, della presenza di cave sia dismesse che attive e delle indicazioni fornite da alcuni studiosi di lunga data dell'area. Questo ha permesso di avere campioni per nulla o in minima parte alterati, premessa necessaria alle analisi chimiche cui sono stati sottoposti, e una buona selezione delle litologie presenti.

Dal punto di vista operativo ci siamo divisi in due gruppi che hanno campionato uno i siti settentrionali e l'altro quelli meridionali. Il gruppo di cui facevo parte si è occupato soprattutto di quelli a settentrione.

I campioni indicizzati con le rispettive coordinate gps e litologie sono riportati in Tabella 1 mentre in Figura 1 abbiamo una visione immediata dei siti dove il campionamento si è svolto.

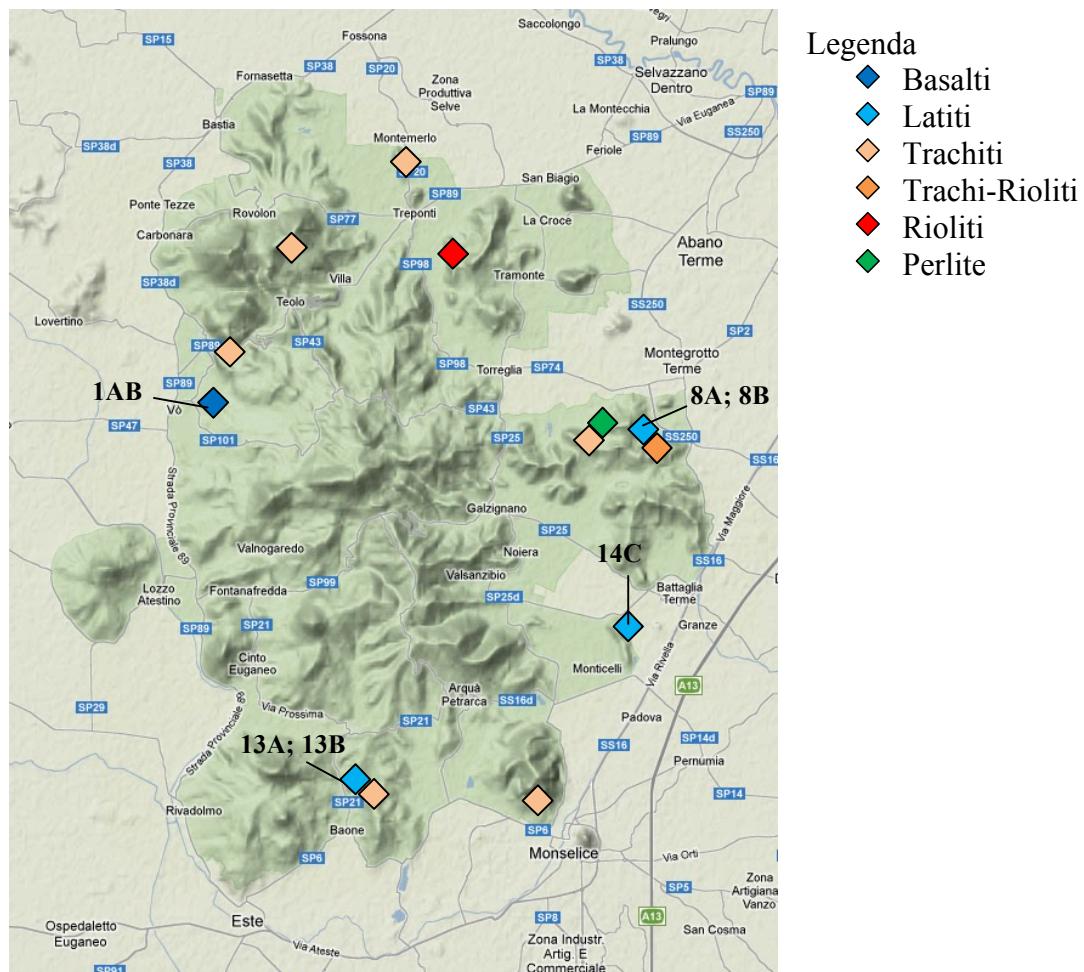


Figura 1. Posizione dei campioni nell'area di studio.

Campione	Litologia	Coordinate GPS	Località
3	PERLITE	N45° 19' 24" E11° 45' 30"	Cava di perlite- Refosco
5	TRACHITE	N45° 19' 16" E11° 45' 24"	Cava del Monte Alto
6	TRACHITE	N45° 19' 16" E11° 45' 24"	Cava del Monte Alto
7	TRACHITE-RIOLITE	N45° 19' 7.8" E11° 46' 31.4"	Cava Bonetti
8A	LATITE	N45° 19' 7.8" E11° 46' 31.4"	Filone tra cava Bonetti e Refosco
8B	LATITE	N45° 19' 7.8" E11° 46' 31.4"	Filone tra cava Bonetti e Refosco

9	TRACHITE	N45° 14'57.2" E11°44'28.7"	Cava meridionale del Monte Ricco
10	TRACHITE	N45°14'57.2" E11°44'28.7"	Cava meridionale del Monte Ricco
11A	TRACHITE	N45° 15'17.5" E11°39'47.8"	Cava del Monte Cero
11C	TRACHITE	N45° 15'17.5" E11°39'47.8"	Cava del Monte Cero
11D	TRACHITE	N45° 15'17.5" E11°39'47.8"	Cava del Monte Cero
12A	TRACHITE	N45° 15' 12.3"E11° 40' 3.9"	Cava del Monte Cero
12B	TRACHITE	N45° 15' 12.3"E11° 40' 3.9"	Cava del Monte Cero
13A	LATITE	N45° 15' 7.2" E11° 41' 27"	Cava del Monte Cecilia
13B	LATITE	N45° 15' 7.2" E11° 41' 27"	Cava del Monte Cecilia
14C	LATITE	N45° 17' 11.3" E11° 46' 20.6"	Cava di Battaglia
1B1	RIOLITE	N45° 21' 27.4" E11° 43' 03.2"	Monte Brusà
6B6	RIOLITE	N45° 21' 27.4" E11° 43' 03.2"	Monte Brusà
8B8	RIOLITE	N45° 21' 27.4" E11° 43' 03.2"	Monte Brusà
9B9	RIOLITE	N45° 21' 27.4" E11° 43' 03.2"	Monte Brusà
EU1	TRACHITE	N45° 22'39.16" E11° 42' 25.49"	Monte Merlo
EU2	TRACHITE	N45° 22'39.16" E11° 42' 25.49"	Monte Merlo
EU4	TRACHITE	N45° 22'39.16" E11° 42' 25.49"	Monte Merlo
EU5	TRACHITE	N45° 22'39.16" E11° 42' 25.49"	Monte Merlo
EU6	TRACHITE	N45° 22'39.16" E11° 42' 25.49"	Monte Merlo
EU3	TRACHITE	N45° 22'39.16" E11° 42' 25.49"	Monte Merlo
2ZV	TRACHITE	N45° 20'20.9" E11°39'6.9"	Cava località Zovon
3ZV	TRACHITE	N45° 20'20.9" E11°39'6.9"	Cava località Zovon
4ZV	TRACHITE	N45° 20'20.9" E11°39'6.9"	Cava località Zovon
1AB	BASALTO	N45° 19'40.8" E11°38'58"	Affioramento basalto località Vò
1M1	TRACHITE	N45° 21' 34.9" E 11° 40' 15.5"	Monte Grande
7M7	TRACHITE	N45° 21' 34.9" E11° 40' 15.5"	Monte Grande

Tabella 1.Sigla e dati riferiti ai campioni presi in esame.

Analisi di laboratorio

I campioni a mano, dapprima identificati macroscopicamente, hanno subito una cernita atta all'individuazione dei campioni più adatti alle analisi programmate.

Il successivo passo li ha portati in laboratorio, dove sono stati tagliati in sezioni spesse circa un centimetro, per la realizzazione di 35 sezioni sottili, e in altre di circa un paio di centimetri, per l'analisi in spettrometria a fluorescenza a raggi X.

Le sezioni sottili sono state studiate sia al microscopio polarizzatore che in microsonda elettronica, dopo una ulteriore preparazione.

I campioni per la fluorescenza sono stati ridotti in polvere a differente granulometria in due fasi distinte. La prima tramite l'uso di un frantoio a ganasce e una seconda in cui si è usato un mulino a macine in carburo di tungsteno.

Nella prima fase i campioni sono stati dapprima ridotti manualmente con una mazzetta e poi introdotti nelle ganasce. I frammenti ottenuti sono stati setacciati a differente granulometria. Nel caso in cui la grana non fosse idonea, il campione è stato reintrodotto nella macchina, riducendo progressivamente la distanza tra le ganasce fino ad ottenere il risultato voluto. Frammenti e polveri sono stati raccolti in tre distinti sacchettini siglati secondo la granulometria ed il campione. Ad ogni campione differente la macchina deve essere attentamente pulita in ogni sua componente. Questo limita fortemente la possibilità che il campione successivo sia inquinato da quello precedente.

Il campione a grana inferiore a 4 μm è stato oggetto di un secondo passaggio attraverso il mulino a macine in carburo di tungsteno. Il mulino è stato riempito con circa 100 cl di campione che è stato ridotto in polvere finissima e raccolto in un ulteriore sacchettino per essere analizzato alla fluorescenza. Nel caso di alcuni campioni sono stati necessari più passaggi e una setacciatura per eliminare la parte grossolana rimasta.

La fluorescenza a raggi X è una tecnica che restituisce la composizione globale della roccia in esame. Lo spettrometro è uno strumento per la dispersione dei raggi X e la misura della loro intensità. Lo spettrometro di Bragg(WDS,

waveleight dispersion system) si basa sulla geometria θ - 2θ utilizzando un goniometro con il cristallo monocromatore(analizzatore) che ruota attorno all'asse del goniometro con velocità angolare ω , e un contatore che ruota attorno allo stesso asse con velocità angolare 2ω . È composto fondamentalmente da un tubo a raggi X, da un collimatore, da un cristallo analizzatore e da un rilevatore. Il tubo a raggi X emette una radiazione di frenamento, quindi policromatica, che investe il campione. Questo, a sua volta eccitato dalla radiazione assorbita, irradia a una λ_a caratteristica e tali raggi vengono catturati dal collimatore che ha funzione di renderli paralleli uno all'altro e di migliorare la risoluzione dei dati. Il collimatore li indirizza allora sul cristallo analizzatore, la cui distanza interplanare d è nota, che li disperde secondo la legge di Bragg:

$$2d \cdot \sin\theta = \lambda_a$$

Nota d è misurato θ , possiamo ricavare λ_a e risalire alla specie atomica che l'ha emessa grazie a delle tabelle in cui si associano la lunghezza d'onda caratteristica all'angolo 2θ . Tuttavia non possiamo misurare le intensità date da atomi a Z inferiore a un certo numero, in dipendenza dall'analizzatore scelto.

Per passare da un'analisi di tipo qualitativo a una quantitativa bisogna però effettuare un confronto con degli standard internazionali. Da molti di questi standard, a composizione nota e differente, vengono ricavate delle rette di calibrazione per ogni elemento. Per la concentrazione in un campione sconosciuto si può quindi sfruttare la relazione I/I_S proporzionale a C/C_S . Tuttavia tale proporzionalità significa che anche la natura, la distribuzione degli altri elementi nel campione in studio e le caratteristiche fisiche dello stesso influiscono sul rapporto tra le intensità oltre alla concentrazione dell'elemento. Tali fattori vanno a confluire negli "effetti matrice", che rappresentano errori sistematici non strumentali e si traducono in effetti interelementari(assorbimento e rinforzo) e fisici(disomogeneità granulometrica, eterogeneità compositiva, diverse strutture cristalline dei componenti,etc). Per eliminarli è necessario preparare i campioni per la calibrazione in maniera analoga di quelli per le analisi e attuare una diluizione della matrice attraverso l'aggiunta di elementi a basso peso atomico

medio in grado di far diminuire le differenze nel peso atomico medio tra campioni con matrice diversa. Il primo per avere le stesse caratteristiche fisico-chimiche tra campione e standard mentre il secondo per avvicinare i coefficienti di assorbimento di massa. La relazione si può quindi tradurre in

$$I/I_S = C/C_S.$$

I campioni possono essere preparati come campioni in polvere(compresse), soluzioni solide(perle) o campioni liquidi.

I dati tecni dello strumento attualmente in dotazione al Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova sono:

- Strumento: spettrometro sequenziale WDS Philips PW2400, tubo al rodio (Rh), 5 cristalli analizzatori: LiF220, LiF200, Ge, PE, TiAP, 2 rivelatori, 3 collimatori, 4 filtri e un sample changer della Philips per l'analisi di 30 campioni in automatico.
- Standards: sono circa 70 forniti da numerose agenzie internazionali. I certificati analitici sono reperibili presso Geostandards Newsletter, Vol. XVIII, Special Issue, July 1994 (K. Govindaraju, ed.).
- Precisione strumentale: è entro 0.6% per gli elementi maggiori e 3% per gli elementi in traccia
- Accuratezza: entro 0.5% per Si, minore del 3% per gli altri elementi maggiori, minore del 5% per gli elementi in traccia
- Limiti di rivelabilità: per gli elementi maggiori Al, Mg e Na entro 0.01%, entro lo 0.2% per Si, entro 0.005% per Ti, Fe, Mn, Ca, K e P. I limiti per gli elementi in traccia sono in ppm: Sc = 5,

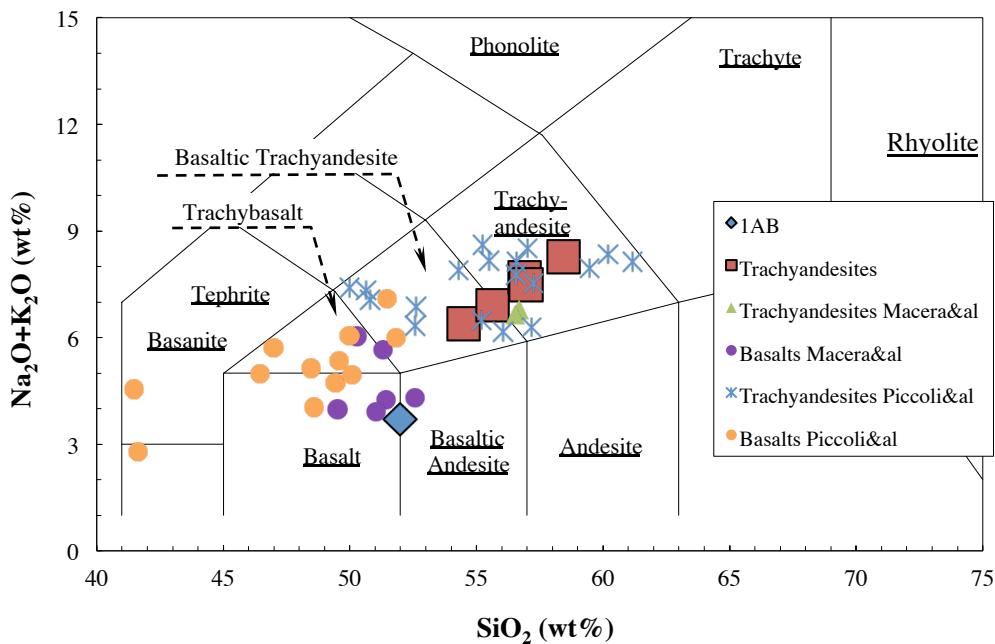
V = 5, Cr = 6, Co = 3, Ni = 3, Cu = 3, Zn = 3, Ga = 5, Rb = 3, Sr = 3, Y = 3, Zr = 3, Nb = 3, Ba = 10, La = 10, Ce = 10, Nd = 10, Pb = 5, Th = 3, U = 3.

Elaborazione dei dati

I dati elaborati si basano sia su campioni trattati personalmente che su campioni presi dalla letteratura. Più precisamente i campioni 1AB e quelli che nei grafici vengono denominati Trachyandesites (8A, 8B, 13A, 13B e 14C) rappresentano quelli recuperati da noi in campagna mentre i campioni che vanno sotto il nome di Basalts Macera&al e Trachyandesites Macera&al sono stati presi dalla pubblicazione di Macera et al. (2004). Sotto la denominazione Basalts Piccoli&al e Trachyandesites Piccoli&al vanno invece i campioni ricavati da Piccoli et al. (1976).

Litologie e diagramma TAS

Nel diagramma TAS(Total Alkali Silica) abbiamo l'inquadramento dei campioni sopra citati.



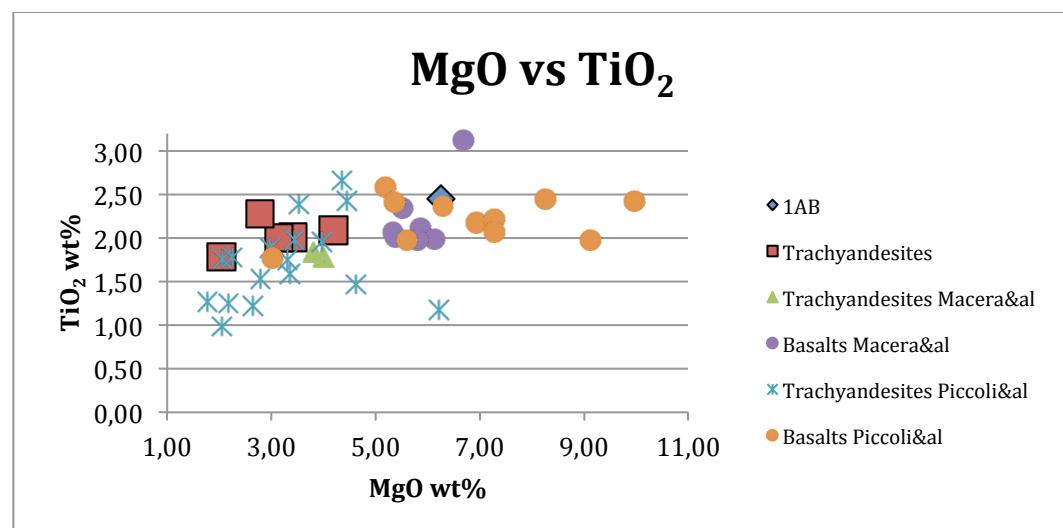
In particolare nell'area di studio abbiamo rioliti e trachiti, che rappresentano la parte più evoluta, e basalti e latiti che rappresentano invece quella più primitiva.

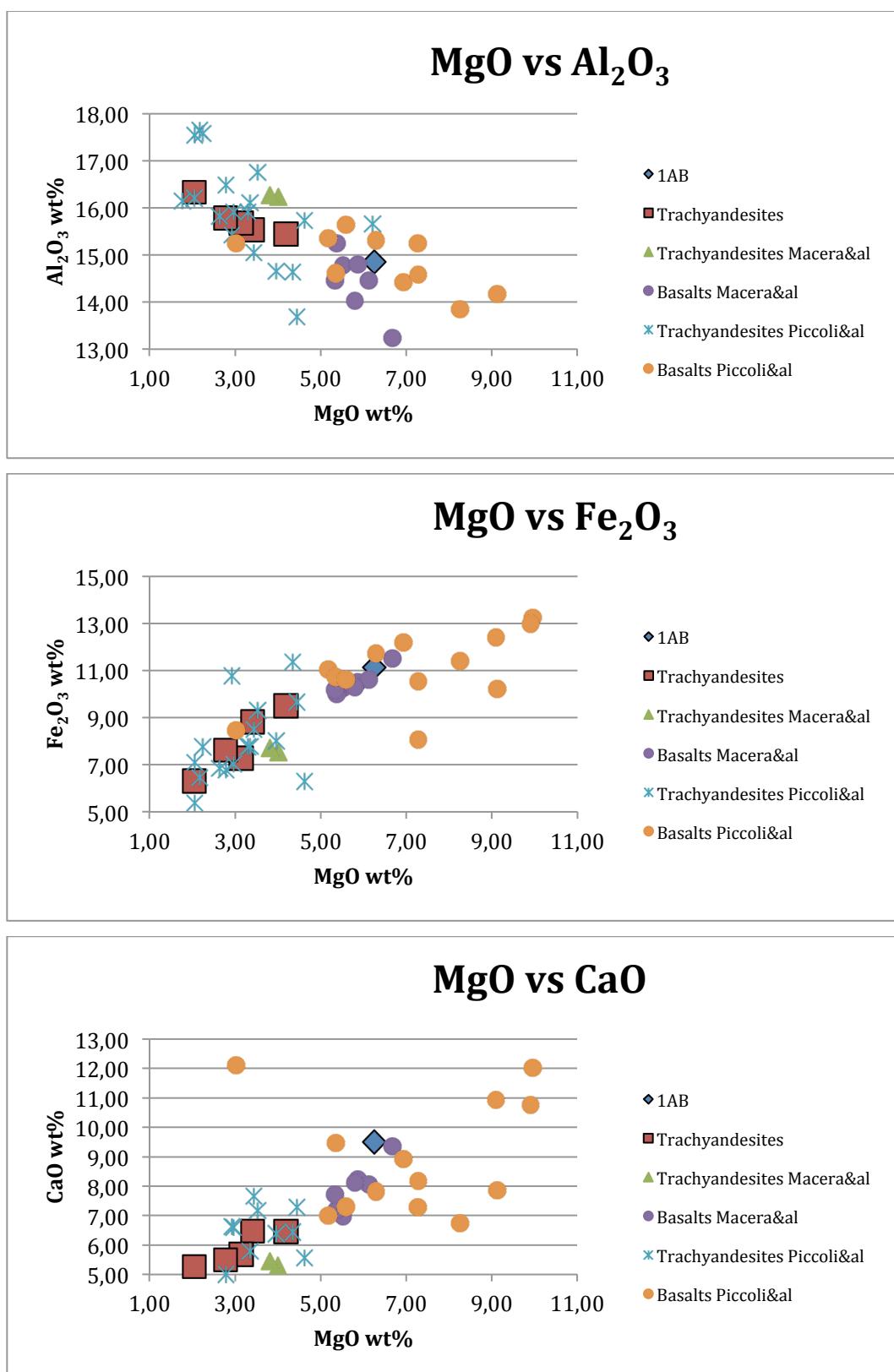
I basalti sono legati sia alla prima che alla seconda fase vulcanica, passando da colate sotto marine a corpi filoniani. Caratteristica la desquamazione cipollare e la fratturazione concentrica. Le composizioni variano da calccalcaline ad alcaline e presentano come fasi, individuate al microscopio ottico a luce trasmessa, olivina forsteritica, clinopirosseno calcico a prevalente magnesio e plagioclasio. La struttura, sempre al microscopio, si presenta a bassa cristallinità (ipocristallina) mentre i cristalli hanno struttura ipoidiomorfa ofitica: i cristalli di olivina e pirosseno sono immersi in una pasta di fondo a tessitura isotropa data da plagioclasio andesinico.

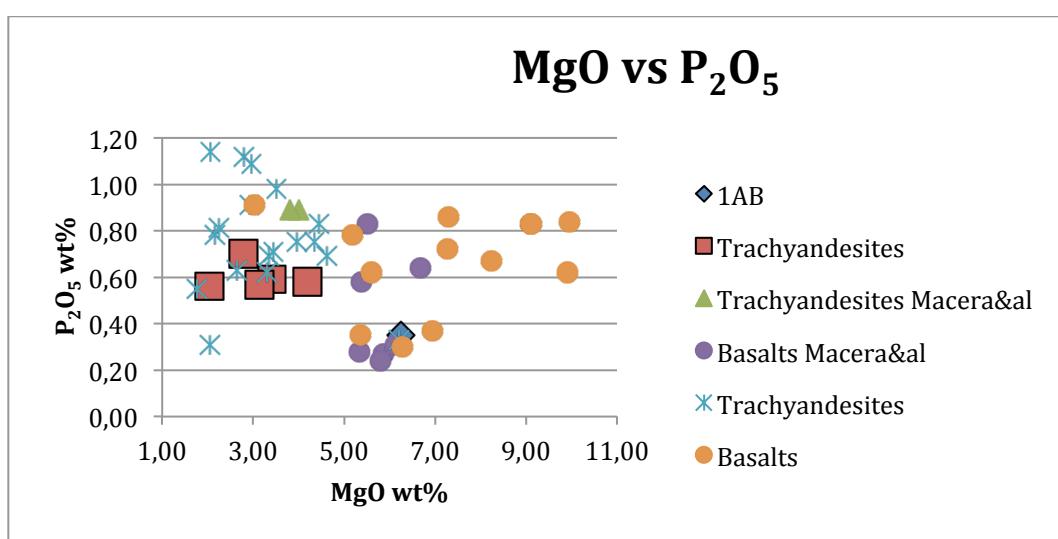
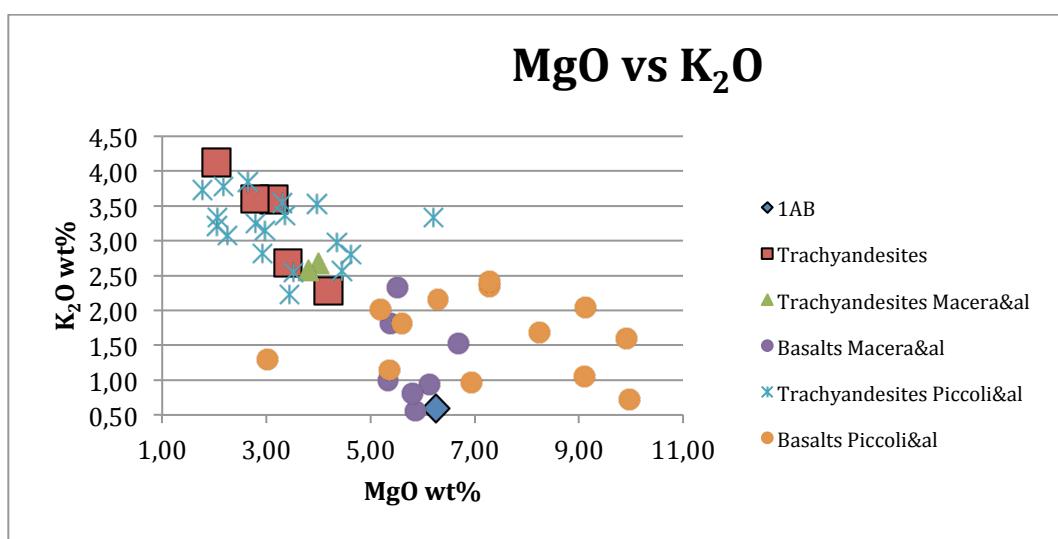
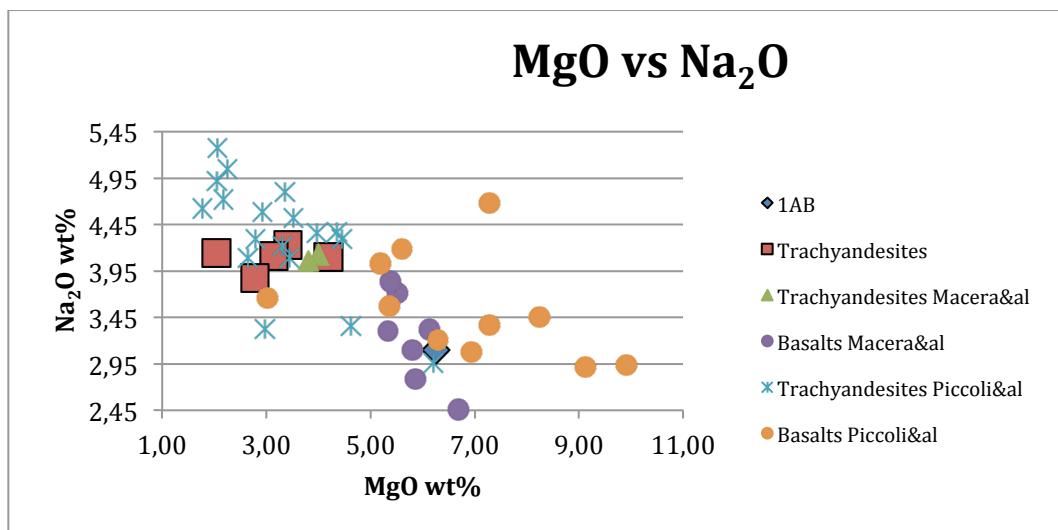
Le latiti sono rocce effusive a grado di silice intermedio che in campagna si trovano come corpi o filoniani o eruttivi di grandezza variabile. La struttura, ben visibile al microscopio, è porfirica con fenocristalli di plagioclasio andesinico in una pasta microcristallina composta dagli stessi plagioclasi, da orneblenda, biotite e clinopirosseni soprattutto. Altri minerali sono l'apatite e calcite, però secondaria.

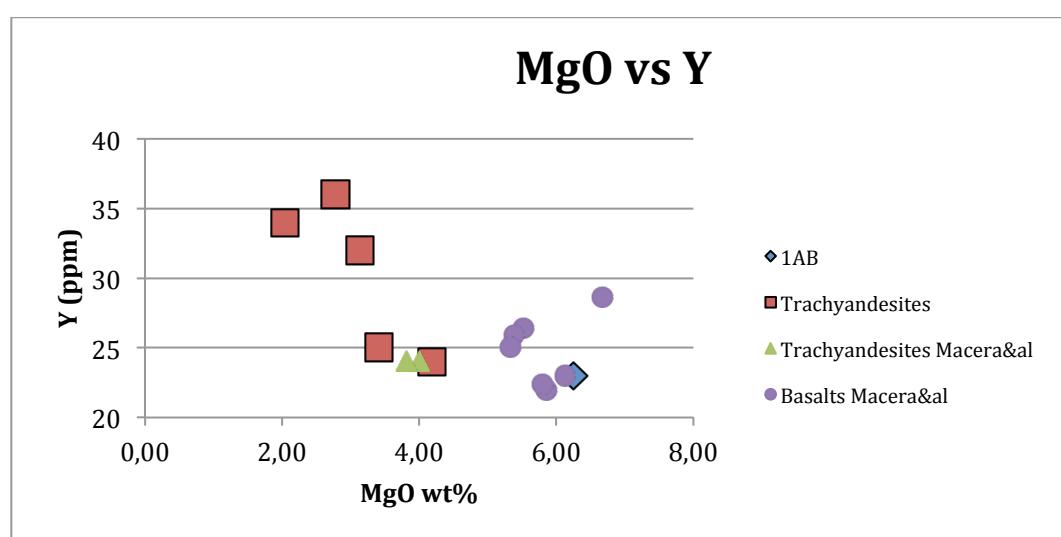
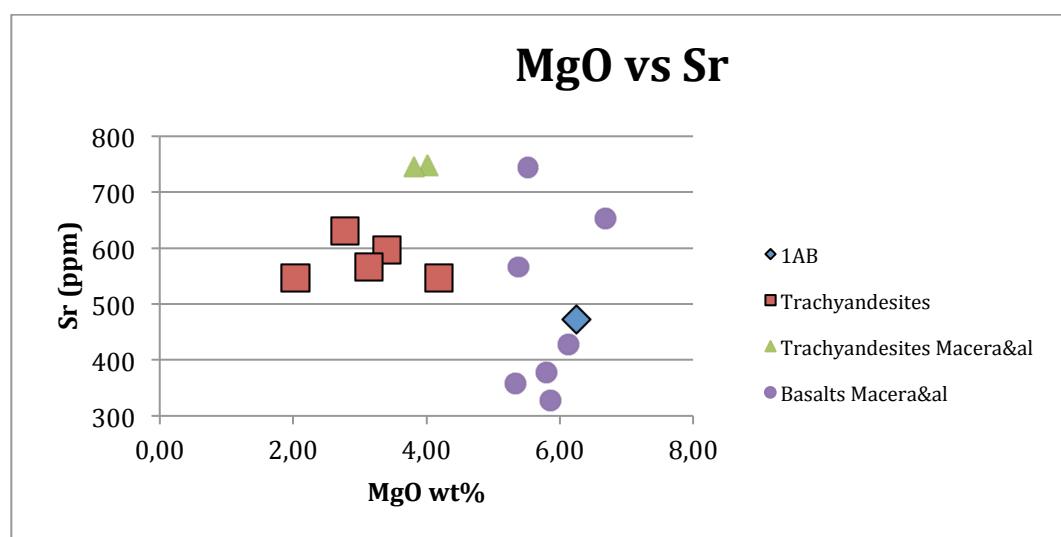
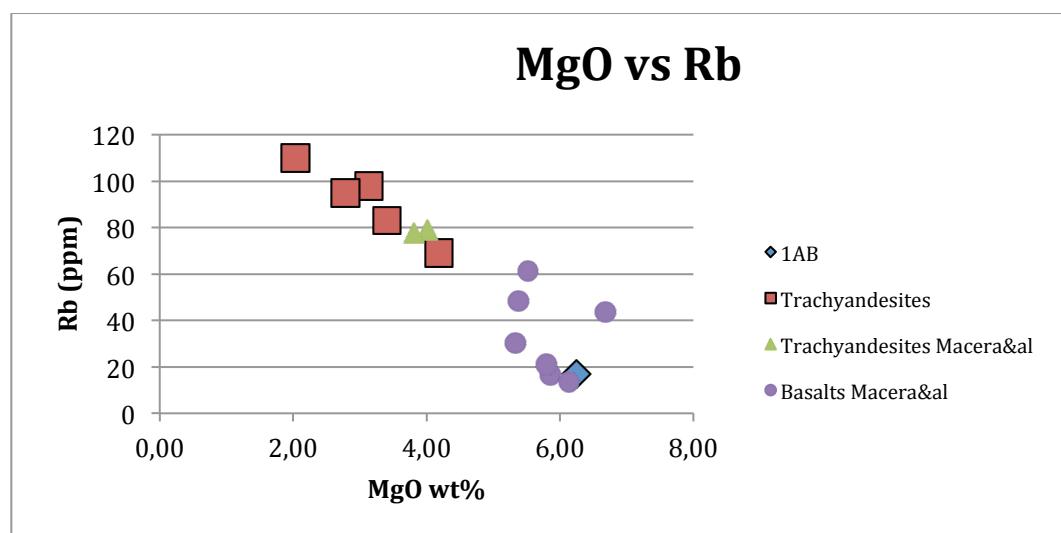
Geochimica

I seguenti grafici rappresentano la variazione rispetto al magnesio degli elementi maggiori e, dove possibile, di alcuni di quelli in traccia.









Al diminuire del MgO possiamo notare un arricchimento progressivo in SiO₂, Al₂O₃, Na₂O e K₂O mentre un impoverimento di TiO₂, Fe₂O₃ e CaO. Queste tendenze sono tipiche di un grado di differenziazione via via crescente, in cui abbiamo soprattutto frazionamento di femici, quali olivina e clinopirosseni. L'aumento degli alcali e dell'Al₂O₃ nella parte più evoluta sembra indicare assenza di frazionamento del plagioclasio che però troviamo abbondante nelle latiti. Importante è notare anche che la percentuale in K₂O e P₂O₅ del nostro basalto 1AB è minore rispetto ai basalti di letteratura.

Dagli elementi in traccia si possono fare analoghe considerazioni. Il Ni e Cr, elementi con affinità a fasi femiche in genere ed in particolare ad olivina e clinopirosseni in questo caso, mostrano tendenze paragonabili a TiO₂, Fe₂O₃ e CaO. Per gli altri elementi in traccia abbiamo invece due considerazioni in merito una ai campioni basaltici e l'altra a quelli latitici. Nei primi tali elementi hanno la tendenza a distribuirsi per concentrazioni molto differenti a simili concentrazioni di MgO mentre nei secondi è visibile un trend di arricchimento mano a mano che la differenziazione procede. Questo potrebbe indicarci una differente sorgente dei magmi basaltici, data la marcata differenza tra i campioni. Per lo Sr in particolare possiamo fare una ulteriore considerazione sui campioni latitici. Questi mantengono circa la medesima concentrazione della traccia, fatto che possiamo legare ad un accumulo di plagioclasio nel magma, segnalato da un flesso nel grafico del Al₂O₃. Questo minerale infatti può ospitare lo Sr nel reticolo ed inoltre ha una densità paragonabile a quella dei magmi, permettendogli una sorta di galleggiamento piuttosto che un accumulo al fondo camera. Per Y invece abbiamo una separazione evidente tra due gruppi di latiti, una più ricca e una meno ricca nell'elemento.

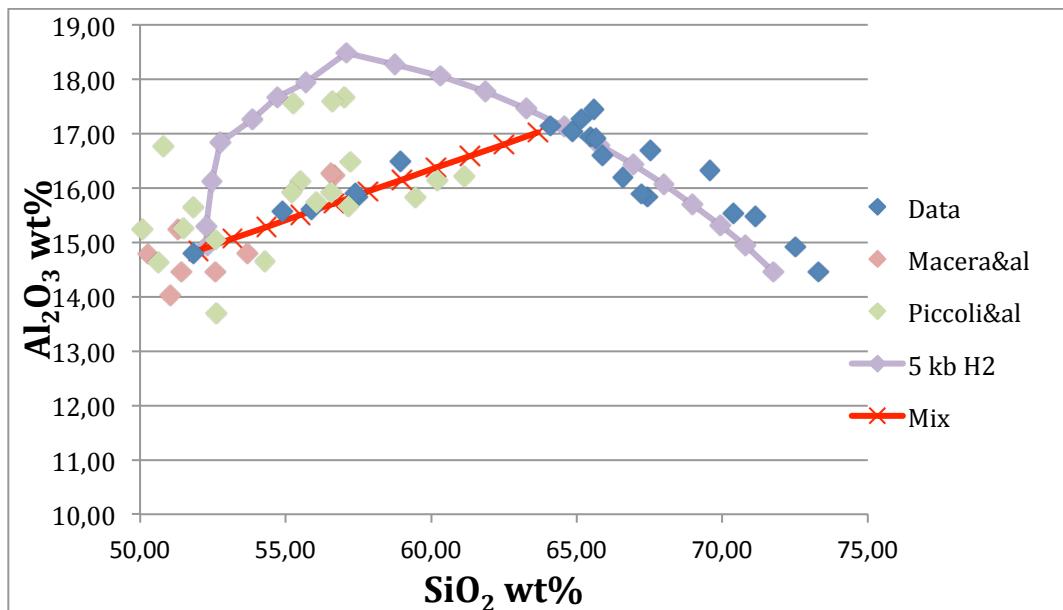
Genesi dei magmi e MELTS

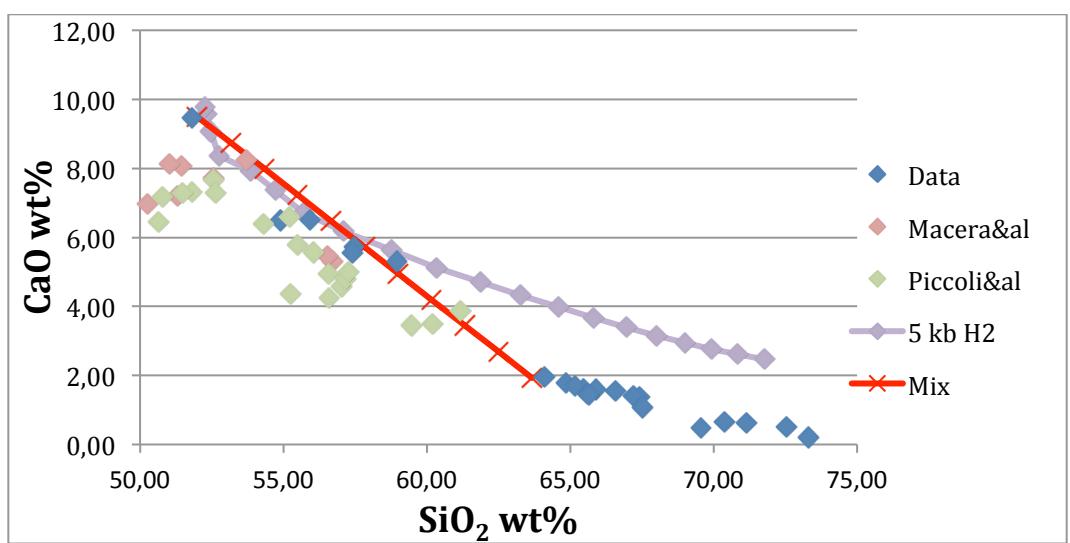
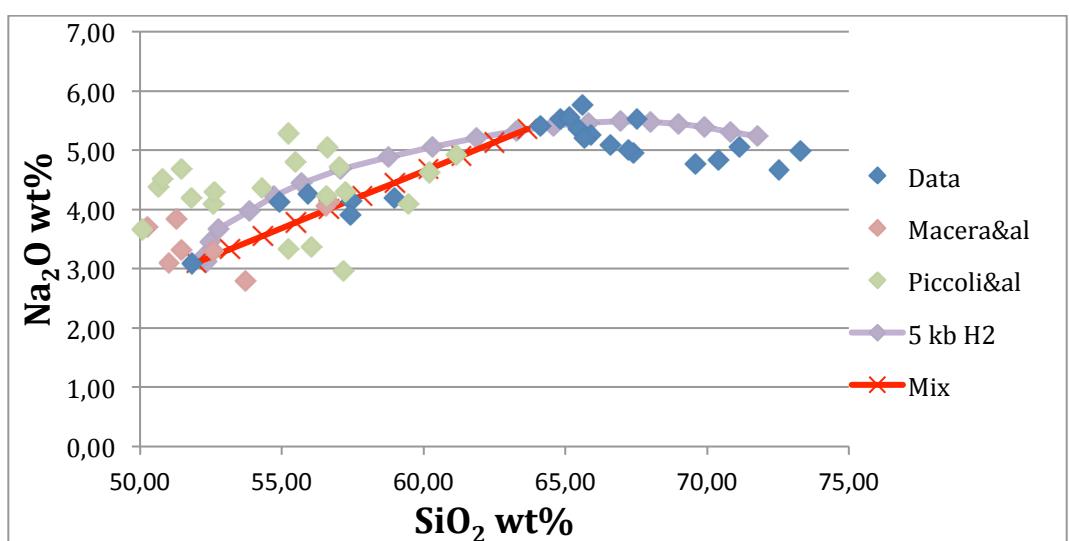
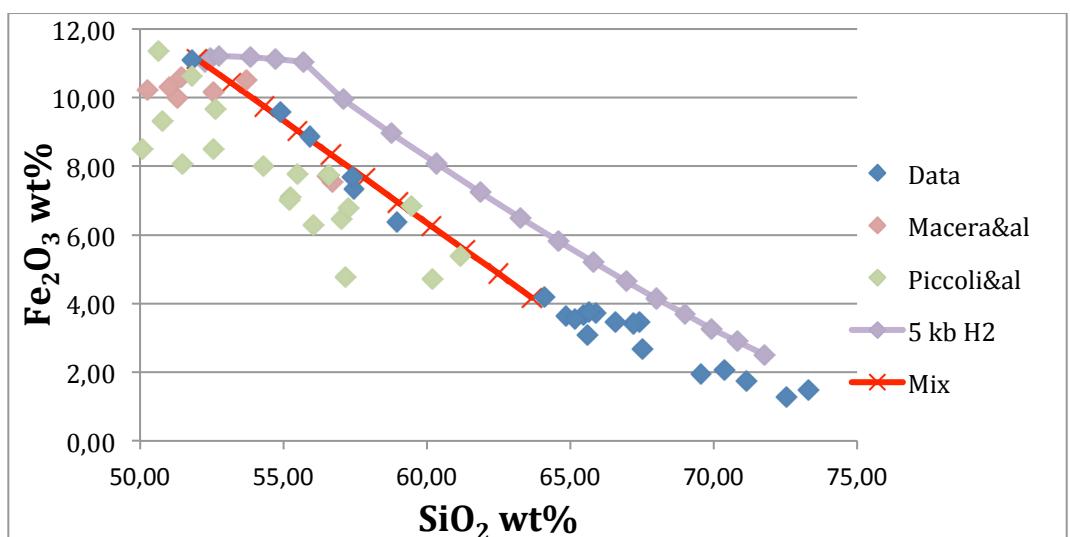
Per simulare il processo evolutivo subito dal magma primitivo abbiamo utilizzato il programma MELTS (Ghiorso e Sack, 1995). Questo si basa su esperienze termodinamiche sulla cristallizzazione magmatica e necessita l'inserimento di

alcuni parametri: la composizione del magma iniziale; la temperatura iniziale del magma(1300°C per i basalti, 1100°C per le latiti) e quella finale(1000°C per i basalti, 800°C per le latiti); degli step di temperatura (20°C) cui avere della cristallizzazione di fasi minerali che raggiungono man mano la T di cristallizzazione secondo un processo di cristallizzazione frazionata; la pressione in cui il processo avviene, mantenuta qui costante(5kb); la fO₂, fugacità di ossigeno, calcolata sul tampone QFM (condizioni moderatamente ossidanti); la quantità percentuale di H₂O nel magma iniziale(2%). Dopo aver inserito tutti i dati è necessario normalizzare al 100% la composizione del magma e selezionare il processo di frazionamento solido. In output il programma restituirà, a tutti gli step di temperatura, sia la composizione del liquido residuo che le fasi cristallizzate.

Da lì è sufficiente graficare la serie dei campioni, sia basici che acidi, e confrontarla con le serie ottenute a differenti parametri fino ad avere una buona corrispondenza. In questo caso abbiamo scelto di graficare Fe₂O₃, Al₂O₃, Na₂O e CaO vs SiO₂ comprendendo così gli elementi di maggiore presenza e che denotano le fasi individuate al microscopio.

Come riferimento è stato preso il campione 1AB.

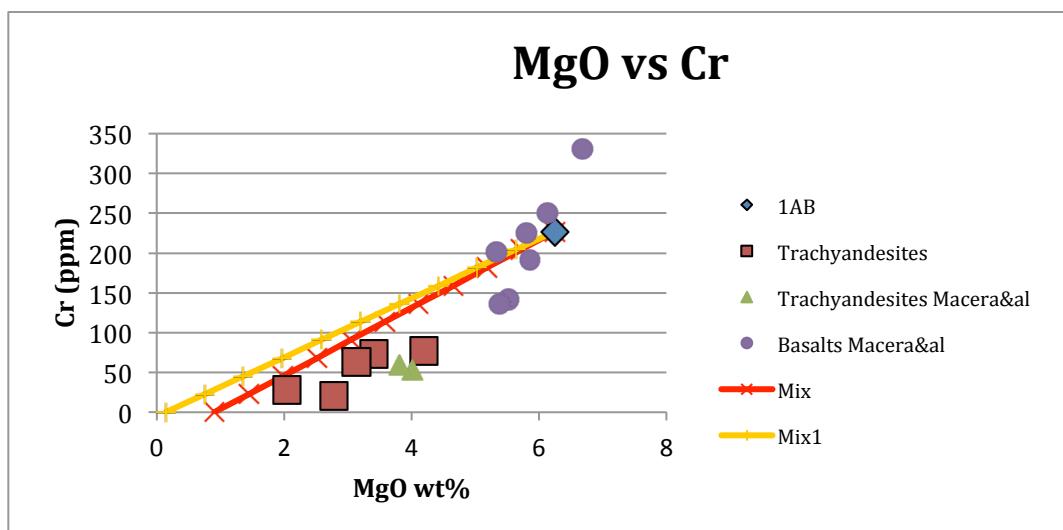


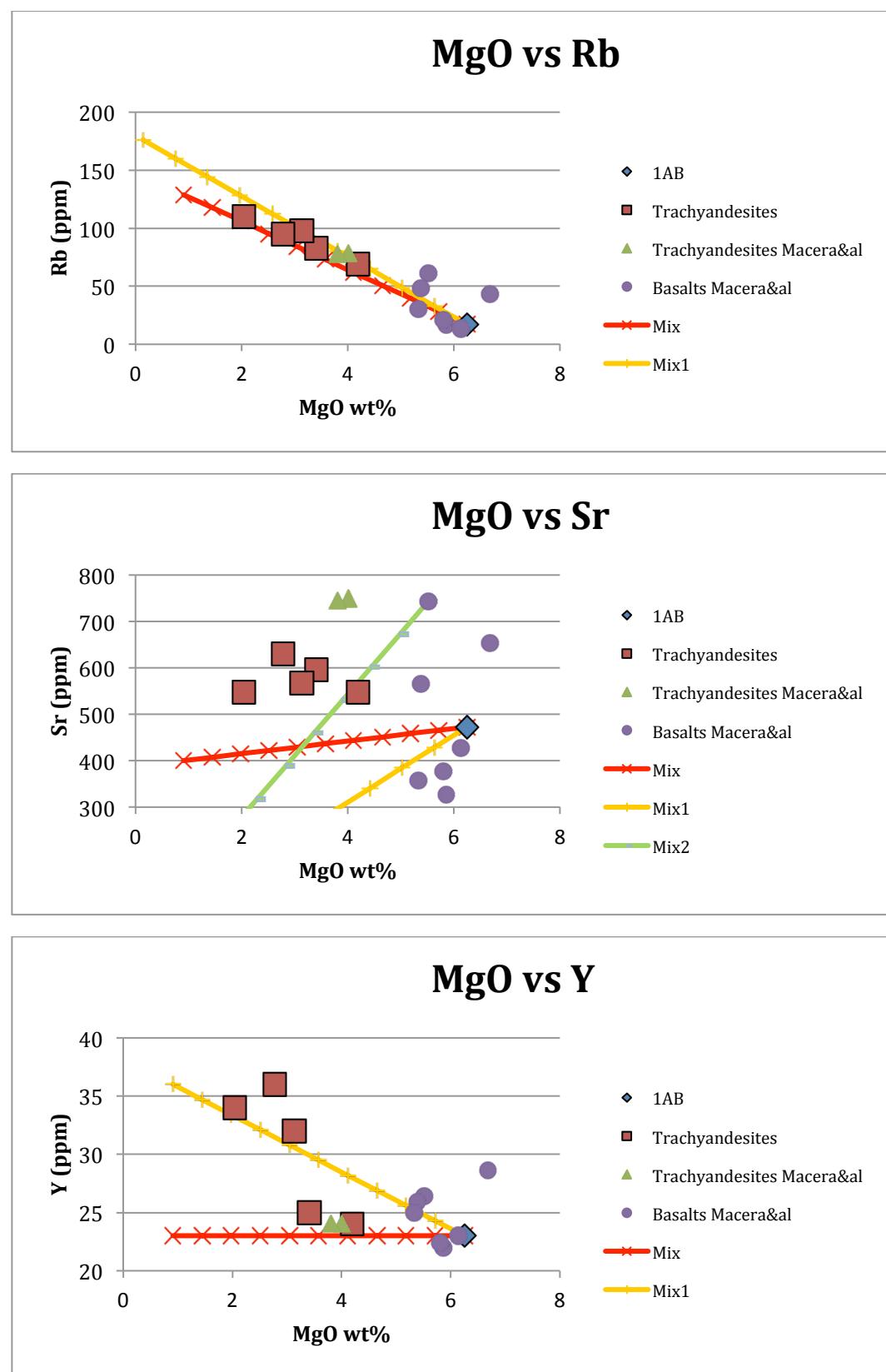


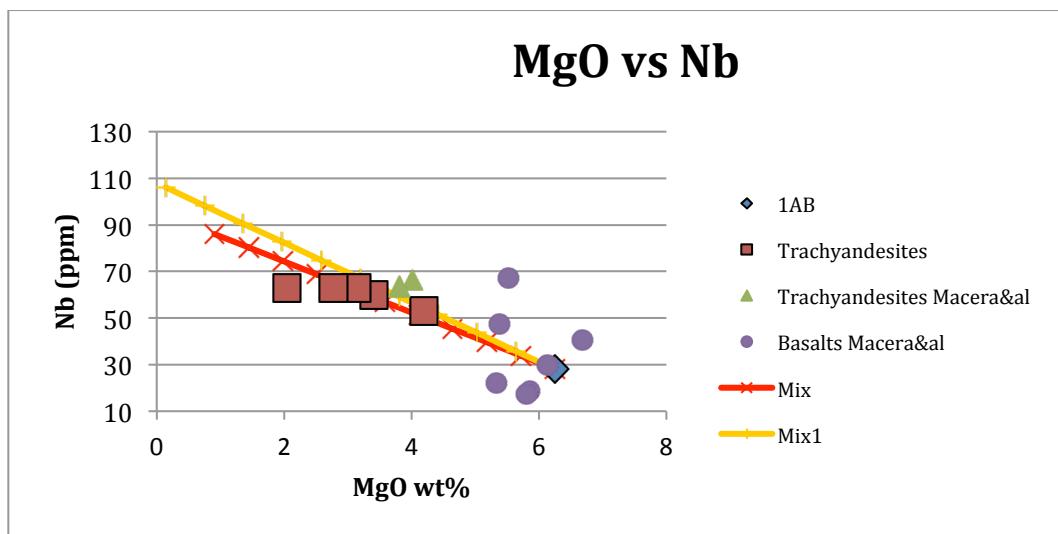
Possiamo notare che la modellizzazione del programma coincide solo per alcuni elementi mentre per altri la differenza è molto marcata. In particolare Al_2O_3 e Na_2O a partire dal basalto 1AB riproducono bene i termini più differenziati (trachiti) mentre i termini latitici a SiO_2 intermedia sono esclusi dal modello calcolato. Sono invece piuttosto differenti le modellizzazioni fatte su Fe_2O_3 e CaO . Per quest'ultimo soprattutto nei campioni a SiO_2 wt% maggiore.

Alternativo alla cristallizzazione frazionata è il processo di mixing, per cui abbiamo provato, prendendo il campione trachitico meno ricco in SiO_2 ed il basalto campionati, a fare una media aritmetica a differenti percentuali di uno e dell'altro con step di 0,1 da un end member all'altro. Il risultato è stato graficato sotto il nome di "Mix" e si può vedere che proprio i campioni latitici prima esclusi nel processo rientrano molto bene nel trend che si delinea.

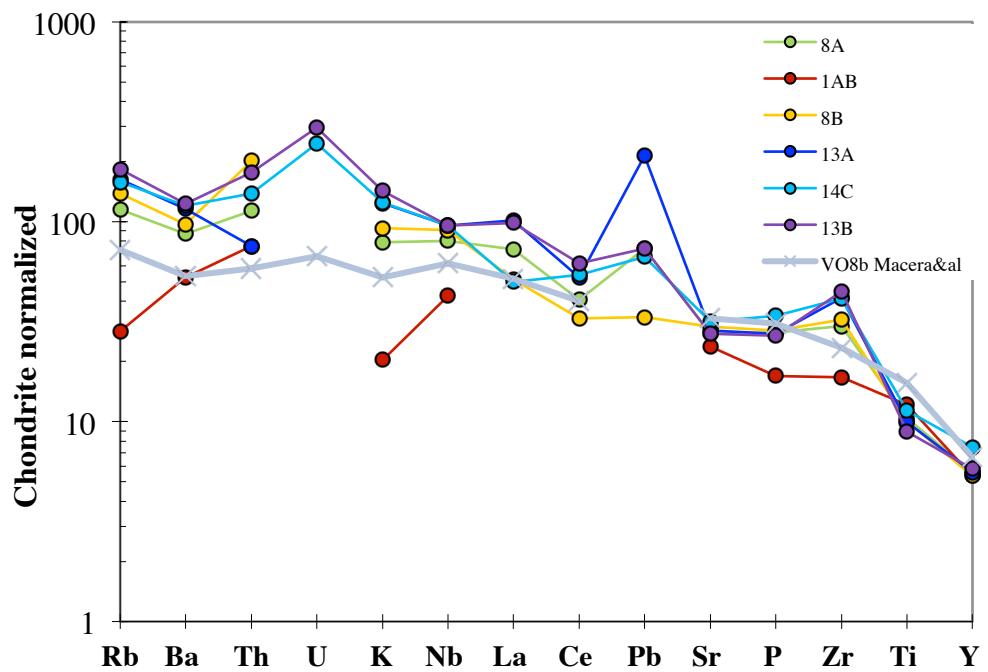
Questo va verificato anche a livello di elementi in traccia, più sensibili ai processi di mantello o alle contaminazioni.







Dai grafici si evince una buona corrispondenza tra i dati ed il processo di mescolamento tra magmi, soprattutto per gli elementi più incompatibili, quali Rb e Zr. Abbiamo invece una correlazione piuttosto difficile con lo Sr e Y. Nel primo caso possiamo pensare ad una importante influenza dell'accumulo di plagioclasio frazionato, già implicato in precedenza, che causerebbe questa anomalia. Oppure il magma basico era più ricco in Sr rispetto al nostro end-member basaltico 1AB (cf Mix2; campione E8964b -Macera&al- vs 1AB; concentrazioni in Sr rispettivamente 744 ppm vs 473 ppm). Per Y invece abbiamo provato a cambiare il campione di riferimento per il magma trachito con uno più ricco nello stesso Y(campione EU5 vs 9; concentrazione in Y rispettivamente 23 ppm vs 36 ppm). Dal grafico risulta una buona correlazione per entrambi i sottogruppi nei campioni latitici analizzati; sembra quindi che i magmi trachitici coinvolti nel mixing presentino un differente contenuto in tracce e quindi probabilmente una differente origine. Questo presumibilmente può essere un dato generalizzabile, in seguito anche alle considerazioni fatte nel precedente sottocapitolo.



Infine dal grafico normalizzato a condrite sui lantanidi vediamo che il basalto campionario presenta un impoverimento negli elementi più incompatibili, incoerente con un contesto subduttivo ma piuttosto coerente con una genesi intraplacca. In particolare il nostro basalto 1AB presenta contenuti normalizzati degli elementi alcalini e alcalino terrosi (LILE, large ion lithophile elements) inferiori a quelle di Th e Nb, al contrario di tipici basalti di arco (es. Stromboli). Inoltre è evidente un generale impoverimento di tutti gli elementi più incompatibili nel basalto rispetto alle latiti. Qui due considerazioni sono d'obbligo. La prima è che per i LILE c'è la possibilità di un'alterazione successiva alla messa in posto, data la mobilità degli elementi. Notiamo però che nei grafici normalizzati al MgO, nel sottocapitolo precedente, il campione 1AB risulta impoverito a sua volta rispetto ai campioni basaltici di letteratura. Questo porta a pensare la composizione possa essere primaria. La seconda è assumere questa ipotesi per vera e quindi l'incompatibilità del basalto come genitore delle latiti campionate (confronta campione VO8b -Macera&al-). Viene così a spiegarsi, almeno in parte, la scarsa affinità ottenuta con il processo di cristallizzazione frazionata.

Conclusioni

Dai dati sperimentali e dalle modellizzazioni possiamo affermare che i magmi hanno un'impronta chimica tipica della genesi intraplacca tuttavia con un chimismo non omogeneo che si evince soprattutto dalla distribuzione degli elementi in traccia. Il processo di cristallizzazione frazionata è avvalorato dal buon riscontro con i termini basaltici e trachitici nelle modellizzazioni, dalla forte anomalia in Sr, spiegabile con una cristallizzazione e accumulo di plagioclasio, e dai diagrammi normalizzati al MgO. Per i campioni latitici invece abbiamo una rappresentazione in pratica assente nelle modellizzazioni. Siamo quindi ricorsi al processo di mescolamento di magmi basaltici e trachitici, presumibilmente derivati da questi, ed in effetti abbiamo ottenuto una buona coincidenza. Il processo di mescolamento sembra esprimersi anche negli elementi in traccia in maniera più o meno buona.

Pur prendendo in considerazione il fatto che la modellizzazione sia stata basata su un campione basaltico che ha una composizione distante da quelli latitici e che quindi difficilmente rappresenta il fluido genitore di queste, riteniamo che il processo di mescolamento abbia influito in maniera non trascurabile nel distretto dei Colli Euganei. Questo avrebbe provocato la formazione di magmi a concentrazione di SiO_2 intermedia e la cristallizzazione di campioni latitici.

Abbiamo quindi la presenza di due processi, quello della cristallizzazione frazionata e quello del mescolamento, che interagiscono in maniera complessa nelle diverse fasi evolutive del magma primitivo.

Per il processo della cristallizzazione frazionata possiamo inoltre aggiungere la buona corrispondenza con la modellizzazione a 5 kb e 2 H_2O wt% e quindi la forte possibilità che questa si sia sviluppata per i basalti a circa 15 km di profondità.

Bibliografia

- Astolfi. G., Colombara. F. – La geologia dei Colli Euganei. Canova. Padova.
- De Vecchi. Gp., Gregnanin. A. & Piccirillo. E. M. – Aspetti petrogenetici del vulcanesimo terziario veneto.
- Ghiorso, M. S. & Sack, R. O. (1995). Chemical mass transfer in magmatic processes IV. A revised and internally consistent thermodynamic model for the interpolation and extrapolation of liquid-solid equilibria in magmatic systems at elevated temperatures and pressures. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **119**, 197-212.
- Macera Patrizia, Gasperini Daniela, Piromallo Claudia, Blichert-ToftJanne, Bosch Delphine, Del Moro Aldo, Martin Silvana – Geodynamic implications of deep mantle upwelling in the source of Tertiary volcanics from the Veneto region (South-Eastern Alps). *Contribution to Journal of Geodynamics* **36** (2003) 563–590.
- Nestola F. – Dispense per il corso di Metodologie Analitiche, Laurea in Geologia e Geologia Tecnica. Padova.
- Piccoli G., R. Bellati, C. Binotti, E. Di Lallo, R. Sedeà, A. Dal Prà, R. Cataldi, G.O. Gatto, G. Ghezzi, M. Marchetti, G. Bulgarelli, G. Schiesaro, C. Panichi, E. Tongiorgi, P. Baldi, G.C. Ferrara, F. Massari, F. Medizza, V. Iliceto, A. Norigelli, Gp. De Vecchi, A. Gregnanin, E.M. Piccirillo, G. Sbettega (1976)– Il sistema idrotermale Euganeo-Berico e la geologia dei Colli Euganei. Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell’Università di Padova. Volume XXX, pg 147-174.
- Piccoli. G., Sedeà. R., Bellati. R., Di Lallo. E., Medizza. F., Girardi. A., De Pieri. R., De Vecchi. Gp., Gregnanin. A., Piccirillo. E.M., Norinelli. A., Dal Prà. A. (1981) –Note illustrative della carta dei Colli Euganei. Memorie di Scienze Geologiche, già Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell’Università di Padova. Volume XXXIV, pg 523-566.