

ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea in Scienze Geologiche

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali

Relazione di Laurea

Analisi di livelli di tefra nella carota CADI A1
dell'Adriatico Meridionale

Candidato:
Alessandro Filipponi

Relatore:
Prof. Enrico Dinelli
Correlatore:
Prof. Giorgio Gasparotto

Sessione Settembre 2015
Anno Accademico 2014-2015

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. INQUADRAMENTO VULCANOLOGICO E TEFROSTRATIGRAFICO.....	2
3. INFORMAZIONI DI PARTENZA	4
3.1 GEOCHIMICA.....	4
3.2 SUSCETTIVITÀ MAGNETICA	5
4. MATERIALI E METODI	6
4.1 METODI DI LABORATORIO	6
4.1.1 <i>PREPARAZIONE DEI CAMPIONI</i>	6
4.1.2 <i>ANALISI AL SEM/EDS</i>	6
4.1.3 <i>ELABORAZIONE DEI DATI</i>	7
4.2 RISULTATI	7
4.2.1 <i>DATI OTTENUTI</i>	7
4.2.2 <i>INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI</i>	17
5. CONCLUSIONI	21
BIBLIOGRAFIA	22
APPENDICI.....	23

1. INTRODUZIONE

A seguito di grandi eruzioni esplosive, le ceneri emesse possono coprire un areale molto ampio depositandosi nei mari, sui continenti e nei ghiacciai generando livelli chiamati tefra la cui caratteristica peculiare è quella di possedere un'età isocrona.

L'isocronia di questi depositi rende la tefrostratigrafia un potente strumento grazie al quale è possibile datare/correlare eventi geologico-stratigrafici e paleoclimatici con una buona precisione.

L'area mediterranea e l'Italia meridionale in particolare sono caratterizzate da vulcani attivi e ben caratterizzati dal punto di vista della composizione dei magmi. In linea di principio il vulcanismo olocenico presenta composizioni caratteristiche per le varie provincie magmatiche ed è possibile distinguerle semplicemente determinando la composizione chimica degli elementi maggiori dei frammenti di vetro, in quanto, ognuna di queste, è caratterizzata da una particolare composizione geochemica. Per distinguere invece le diverse eruzioni all'interno dello stesso distretto vulcanico, l'analisi degli elementi maggiori può non bastare, bisogna quindi utilizzare metodi statistici, individuare gli elementi in traccia o determinare la composizione delle inclusioni fluide contenute nei fenocristalli (Marcolini *et al.*, 2003; Zanchetta *et al.*, 2011).

Nel caso specifico di questo lavoro, la tefrostratigrafia è stata eseguita su una carota lunga complessivamente 430 cm circa prelevata nell'Adriatico Meridionale il 26 Marzo 2006 durante la crociera CADI.

Visibili sulla carota sono presenti livelli centimetrici di colore scuro che in seguito alle analisi effettuate sono stati riconosciuti come livelli di tefra i quali rappresentano eruzioni particolarmente intense. Tuttavia, sono stati anche trovati livelli vulcano-clastici non visibili sulla carota e questo materiale prende il nome di criptotefra (poche ceneri disperse nel sedimento).

Questo lavoro consiste nella caratterizzazione tramite microanalisi SEM/EDS dei livelli vulcano-clastici contenuti all'interno della carota sfruttando per la correlazione i risultati dell'ampissima letteratura presente a riguardo.

I campioni per le analisi sono stati selezionati basandosi su un'analisi geochemica di base precedentemente effettuata sull'intera carota. La scelta dei livelli da analizzare è stata basata sulle osservazioni delle concentrazioni anomale di alcuni elementi (Zr, Na₂O, K₂O ecc.). Il loro elevato contenuto suggerisce la presenza di materiale vulcano-clastico.

2. INQUADRAMENTO VULCANOLOGICO E TEFROSTRATIGRAFICO

Il carotaggio è stato effettuato all'interno della fossa del Adriatico Meridionale a sud del Gargano alle coordinate 17° 44.756 E 41°50.724 N ed alla profondità di 1190 m; a circa 500 km a NE dall'Etna, a circa 300 km a ENE dai vulcani Campani (Ischia, Campi Flegrei, Somma Vesuvio) e circa 450 km a NE dalle Isole Eolie (Fig. 2.1).

La fossa ha una larghezza di circa 120 km nella parte più ampia e circa 50 km nella parte più stretta e una lunghezza di circa 250 km con una profondità di circa 1200 m; è divisa dal Mar Ionio dallo stretto di Otranto (profondità di circa 800 m).

Il Mare Adriatico Meridionale grazie all'alto tasso di sedimentazione è un'area ottimale per lo studio dei cambiamenti climatici dell'Olocene con una precisione delle centinaia di anni (Fontugne *et al.*, 1989; Asioli *et al.*, 2001; Oldfield *et al.*, 2003; Sangiorgi *et al.*, 2002, 2003; Piva *et al.*, 2008; Siani *et al.*, 2013).

A queste latitudini, generalmente i venti soffiano da Ovest verso Est, con venti stagionali come la Bora proveniente da Nord-Est e lo Scirocco da Sud (Siani *et al.*, 2013).

Grazie a tutti questi fattori (vicinanza alle provincie vulcaniche italiane, alto tasso di sedimentazione, venti generalmente orientati verso E) l'Adriatico Meridionale rappresenta un importante ed ottimale sito di studio per condurre analisi tefrostratigrafiche.



Figura 2.1 – Posizione della carota CADI A1 e dei principali centri vulcanici dell'Italia Meridionale. CF – Campi Flegrei; IS – Ischia; MV – Monte Vulture; PA – Pantelleria; RO – Roccamonfina; SV – Somma Vesuvio.

Il vulcanismo italiano comprende la provincia Toscana con un chimismo alcalino-potassico, la provincia Romana (comprensiva dei vulcani Campani) con un chimismo alcalino-potassico, le Isole Eolie con un chimismo che varia da alcalino-sodico a shoshonitico e il magmatismo Siculo (Monte Etna, Ustica, Pantelleria e Linosa) con un chimismo alcalino-sodico (Wulf *et al.*, 2008).

Durante gli ultimi 18 ka, Campi Flegrei, Somma-Vesuvio, Isole Eolie e Monte Etna hanno avuto una intensa attività esplosiva mentre la Provincia Romana, Monte Vulture e Roccamonfina hanno attraversato un periodo di quiescenza; Ischia e Pantelleria invece sono state caratterizzate da un'attività molto debole (Siani *et al.*, 2004).

Somma-Vesuvio

L'attività del Somma-Vesuvio negli ultimi 18 ka è stata caratterizzata da grandi eruzioni esplosive (quattro Pliniane e dieci Subpliniane), e da eruzioni con una minore energia (Vulcaniane e Stromboliane) (Andronico *et al.*, 1996a; Cioni *et al.*, 2003a).

Mentre le due eruzioni più antiche, l'eruzione Pliniana Pomice di Base (18.3 ka) e l'eruzione Subpliniana Pomice Verdoline (15.9 ka) hanno una composizione trachitica, l'attività più recente ha una composizione da tefritica a fonolitica (Siani *et al.*, 2004).

In generale, le quattro eruzioni pliniane sono rappresentate dai loro rispettivi depositi: “Pomici di Base”, “Pomici di Mercato”, “Pomici di Avellino” e “Pomici di Pompei” (A.D. 79) che rappresentano dei buoni marker stratigrafici (Santacroce *et al.*, 2008).

Campi Flegrei

Anche l'attività vulcanica dei Campi Flegrei ha prodotto dei buoni marker stratigrafici: l'“Ignimbrite Campana” e i “Tufi Gialli Napoletani” prodotti durante i due eventi più recenti della formazione della caldera e le “Agnano Pomici Principali” (Tomlinson *et al.*, 2012).

Negli ultimi 18 ka, l'attività ha generato eruzioni con una composizione fonolitica e trachitica. Il contenuto in SiO₂ è di circa 60% e presenta un caratteristico rapporto K₂O/Na₂O ≥ 2 che permette, abbastanza facilmente, di individuare la sorgente.

3. INFORMAZIONI DI PARTENZA

3.1 GEOCHIMICA

L'analisi geochimica di base (Appendice 1) fornisce diverse informazioni utili: le percentuali in peso degli elementi maggiori (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, LOI) e le concentrazioni espresse in ppm degli elementi minori e in traccia (Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th, S, Br, Mo, Cl, U, Sn). Utilizzando questa tabella, e con l'aiuto dell'analisi dei profili chemostratigrafici (di cui esempi selezionati sono presentati in Fig. 3.1), è già possibile avanzare qualche osservazione:

- Sono presenti livelli distinti con composizione chimica marcatamente diversa rispetto a quella dei sedimenti detritici. Questi livelli hanno valori elevati rispetto alle altre porzioni ad esempio per SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O ed in molti, sono presenti anche valori inferiori come ad esempio per LOI, CaO, Ni, Cr.
- I livelli di criptotefra invece, hanno SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, CaO, Ni e Cr che non si differenziano particolarmente dalla media.
- Nei livelli con un alto contenuto di Zr (utilizzato come elemento marker per la selezione dei campioni da analizzare) è frequente trovare anche alte concentrazioni di Rb, U, Ce, La.
- E' presente anche un leggero arricchimento in Ba in una porzione centrale della carota, che è ascrivibile al sapropel S1 con un'età compresa tra 9500 e 6000 yr BP (calibrato) utilizzando il metodo ¹⁴C per la datazione (Martínez-Ruiz *et al.*, 2003), con uno spessore di circa 53 cm si trova all'intervallo di profondità 105.5 – 158.5 cm. Il riconoscimento di questo livello è stato possibile grazie alla concentrazione particolarmente elevata di S e Br che rappresentano, oltre al Ba, degli importanti indicatori per la presenza di materiale organico. All'interno del sapropel è presente un livello di tefra. Durante la sedimentazione di questo intervallo si sono depositati livelli vulcano-clastici appartenenti a Mercato (Somma-Vesuvio), Gabello-Fiumebianco (Lipari, Isole Eolie) e Cappadocia (Vulcanismo dell'Anatolia Centrale) (Zanchetta *et al.*, 2011).

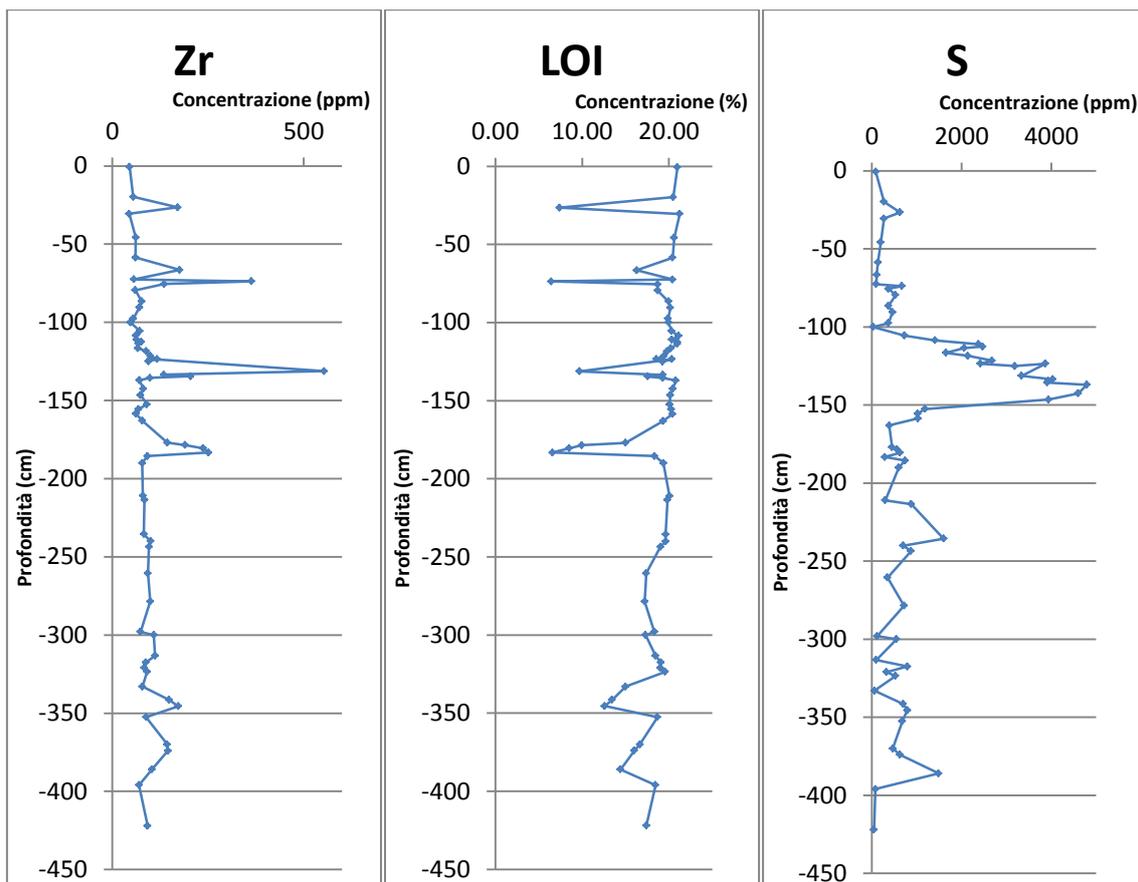


Figura 3.1 - Grafici che rappresentano le concentrazioni di Zirconio, LOI (Loss On Ignition) e Zolfo in funzione della profondità. Zr e LOI utilizzati per individuare i tefra; S utilizzato per il sapropel.

3.2 SUSCETTIVITÀ MAGNETICA

Sulla carota è stata anche effettuata una misurazione della suscettibilità magnetica (Appendice 3) che rappresenta la capacità di un materiale di magnetizzarsi in presenza di un campo magnetico (misura adimensionale).

Questo ulteriore dato è stato utilizzato, oltre alla geochimica di base, per la selezione dei livelli da analizzare.

Sono subito visibili quattro picchi con un'intensità molto maggiore rispetto al resto. Questi sono:

- 1639 alla profondità di 28 cm. Campione A1 IV 11-12
- 1192 alla profondità di 76 cm. Campione A1 IV 58-59.5
- 887 alla profondità di 186 cm. Campione A1 III 67.5-69
- 1223 alla profondità di 346 cm. Campione A1 I 19.5-21.5

Picchi di minore intensità sono:

- 485 alla profondità di 54 cm. In prossimità del campione A1 IV 51-52
- 167 alla profondità di 138 cm. In prossimità del campione A1 III 19-20
- 419 alla profondità di 312 cm. Campione A1 II 87.5-88.5
- 524 alla profondità di 384 cm. In prossimità del campione A1 I 44-46

4. MATERIALI E METODI

Nel complesso la carota estratta è prevalentemente costituita da fango con un colore che varia gradualmente con la profondità da marrone a grigio. Talvolta sono presenti lenti di materiale sabbioso o silteoso di colore scuro. Alla profondità di 26 cm il materiale presenta una forte bioturbazione in concomitanza della quale la concentrazione di Ba raggiunge il valore di 1735 ppm.

La carota in totale è stata sezionata in cinque spezzoni: I, II, III e IV hanno rispettivamente una lunghezza di circa 1 m mentre V rappresenta i primi 15 cm della carota. I primi 6 cm del secondo spezzone non sono presenti a causa di uno scompattamento durante lo scongelamento della carota. Nel primo spezzone sono frequenti straterelli silteosi e sabbiosi di colore scuro. A circa 370 cm di profondità è presente uno strato di sabbia fine al cui interno sono presenti granuletti chiari e luccicanti.

In totale sono stati campionati 19 livelli: A1 IV 11-12 (-26.5 cm), A1 IV 51-52.5 (-66.5 cm), A1 IV 58-59.5 (-73.8 cm), A1 IV 98-99 (-113.5 cm), A1 III 8-9 (-123.5 cm), A1 III 12-13 (-123.5 cm), A1 III 9-11.5 (-125 cm), A1 III 15.5-18 (-131.3 cm), A1 III 19-20 (-134.5 cm), A1 III 40-41 (-155.5 cm), A1 III 61-63 (-177 cm), A1 III 63-64 (-178.5 cm), A1 III 65-66 (-180.5 cm), A1 III 67.5-69 (-183.3 cm), A1 II 74.5-76.5 (-300 cm), A1 II 87.5-88.5 (-313.3 cm), A1 I 16-17 (-341.5 cm), A1 I 19.5-21.5 (-345.5 cm), A1 I 44-46 (-370 cm). Di questi 19, tre non contenevano vetro (A1 IV 98-99, A1 III 9-11.5, A1 III 12-13) e uno non era utilizzabile (A1 I 44-46).

4.1 METODI DI LABORATORIO

4.1.1 PREPARAZIONE DEI CAMPIONI

I campioni su cui sono state svolte le analisi, utilizzati in precedenza per le analisi geochimiche totali, erano già disponibili. Quindi si è proceduto alla selezione sulla base delle informazioni disponibili dei livelli di interesse. Dai contenitori dei livelli precedentemente selezionati è stata prelevata una piccola quantità di materiale (2-3 g circa) che è stato poi posto all'interno di cilindri di plastica. Al materiale secco è stata poi versata una minima quantità di acqua e il tutto è stato miscelato fino alla completa disaggregazione e liberazione del materiale. Il passaggio successivo è stato quello di versare il contenuto del cilindro in un setaccio con maglie di 63 μm ed eliminare tramite lavaggio la frazione < di 63 μm . La frazione rimasta nel setaccio è stato poi versata in un piatto di vetro posto infine all'interno di un essiccatore per diversi giorni ad una temperatura di circa 50°C. Tra una setacciatura e l'altra il setaccio è stato accuratamente lavato per evitare la contaminazione fra campioni.

Il materiale essiccato all'interno dei piatti di vetro è stato versato in provette di plastica poi inviate al laboratorio delle sezioni sottili dove una aliquota è stata versata su un vetrino e inglobata in resina epossidica. Successivamente il vetrino è stato lucidato e livellato per essere pronto per le analisi seguenti.

4.1.2 ANALISI AL SEM/EDS

L'analisi è stata effettuata su singoli frammenti di vetro utilizzando un microscopio elettronico a scansione (SEM) Philips 515b equipaggiato con un rivelatore EDS EDAX DX4. Le condizioni di analisi sono state le seguenti:

Tensione di accelerazione: 15 kV

Corrente di Campione (beam current): 2.0 nA

Tempo di conteggio: 100 s live time

Dati elaborati con software ZAF fornito dal produttore.

Standards utilizzati: silicati, ossidi e vetri naturali della Smithsonian Microbeam Standards (<http://mineralsciences.si.edu/facilities/standards.htm>).

Le analisi sono state condotte in modalità scansione analizzando un'area selezionata del campione di circa 2x1.5 micron per minimizzare la mobilità del sodio (Na), problema ben conosciuto per i vetri vulcanici idrati.

I vetri analizzati comprendevano sia i frammenti singoli con dimensioni maggiori di 63 μm sia frammenti contenuti in agglomerati con dimensioni talvolta anche minori di 63 μm . La finestra di analisi è stata posizionata dove il vetro era limpido e non presentava punti di disomogeneità (ad es. punti bianchi rappresentanti ossidi di ferro), vescicole o cristalli.

Gli elementi selezionati da rilevare sono i componenti maggiori (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Cl).

La certezza di puntare un vetro vulcanico è stata fornita dalla presenza di picchi di Cl e Fe durante l'analisi stessa.

4.1.3 ELABORAZIONE DEI DATI

I singoli punti analisi (circa 25 per livello) sono stati accuratamente controllati per escludere analisi affette da errori (presenza di inclusi, chiusure eccessivamente basse, ecc.).

Ai punti analisi è stata applicata una correzione empirica per il contenuto di MgO sottraendo il valore di 0,30 per tenere conto della non perfetta correzione del fondo in quella regione dello spettro. Le analisi sono infine state ricalcolate a 100 (condizioni anidre).

Utilizzando i risultati normalizzati è stato creato un foglio di calcolo Excel all'interno del quale questi dati sono stati suddivisi per singolo campione e per ogni elemento è stato calcolato MEDIA, DEVIAZIONE STANDARD (al 2σ), DEVIAZIONE STANDARD PERCENTUALE, MINIMO e MASSIMO.

Per controllare la correttezza dei dati, per ognuno dei campioni è stato elaborato un grafico che rappresentasse la funzione di ripartizione che avesse come variabile il contenuto di SiO_2 . Il rigetto di un dato è stato effettuato sulla base della discordanza eccessiva del punto analizzato rispetto agli altri.

Infine, per classificare i livelli analizzati sono stati utilizzati, sfruttando il software GCDkit (Janoušek *et al.*, 2006), diversi diagrammi: TAS, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ vs TiO_2 , $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ vs $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, SiO_2 vs CaO , SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, SiO_2 vs K_2O sui quali sono stati tracciati i campi rappresentanti i diversi vulcani e le diverse eruzioni (campi tracciati utilizzando dati di letteratura e utilizzando il software di grafica vettoriale Inkscape).

4.2 RISULTATI

4.2.1 DATI OTTENUTI

In totale sono stati individuati 15 livelli di tefra (Fig. 4.1). La quasi totalità dei livelli analizzati nel diagramma TAS (Appendice 2) cade nei campi delle fonoliti e delle trachiti; solamente un campione risulta possedere una composizione totalmente differente (A1 IV 11-12) che viene a trovarsi nel campo delle Tefrifonoliti e delle fonoliti basiche.

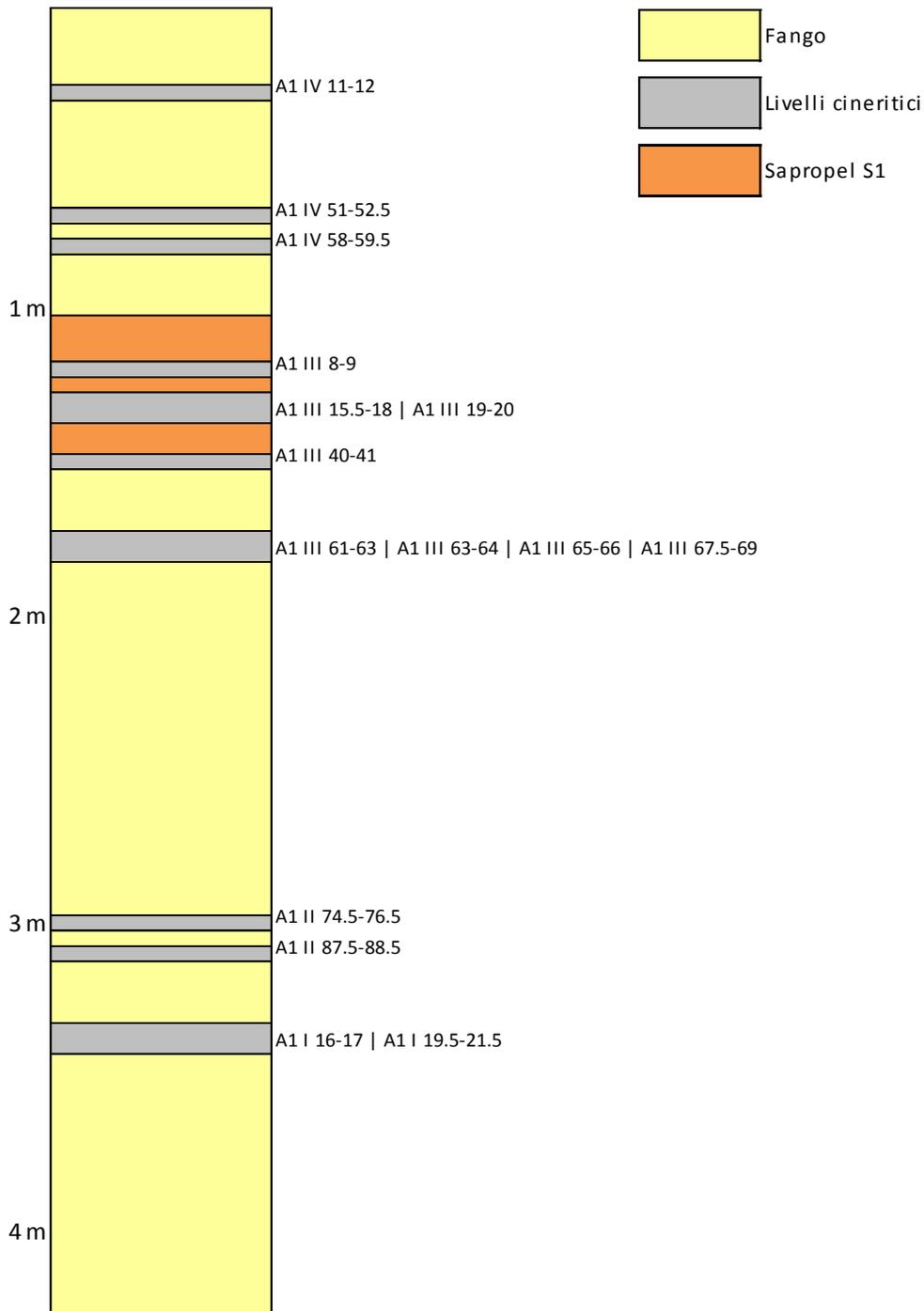


Figura 4.1 – Schema della distribuzione dei livelli di tefra nella carota.

La composizione chimica dei vetri (Tabella 4.1) risulta abbastanza simile per quasi tutti i campioni:

- SiO₂ di circa 60 wt% fatta eccezione di A1 IV 11-12 che è circa 51 wt%;
- Al₂O₃ varia compreso tra 19 e 22 wt%;
- Il rapporto K₂O / Na₂O è quasi sempre ≥ 2 fatta eccezione A1 IV 11-12, A1 III 15.5-18, A1 III 19-20 che presentano un alcali ratio (K₂O/Na₂O) ≈ 1 ;
- Gli alcali (K₂O+Na₂O) variano tra gli 11 e 13 wt% con eccezione di A1 IV 11-12, A1 III 15.5-18, A1 III 19-20 la cui percentuale risulta leggermente maggiore (circa 14 wt%).

Gli altri elementi, (TiO₂, FeO, MgO, CaO) possiedono valori molto variabili. Questa caratteristica risulta molto utile per discriminare le diverse eruzioni che appartengono allo stesso vulcano.

Tabella 4.1 - Composizione chimica dei frammenti di vetro (dati normalizzati).

Profondità (cm)	-26.5		-66.5		-73.8		-123.5				-131.3	
	A1 IV 11-12		A1 IV 51-52.5		A1 IV 58-59.5		A1 III 8-9				A1 III 15.5-18	
Campione	7	2σ	25	2σ	25	2σ	6	2σ	6	2σ	26	2σ
SiO ₂	50.66	2.88	60.40	1.34	60.35	1.14	57.97	0.60	60.91	0.64	60.22	0.58
TiO ₂	0.48	0.42	0.36	0.14	0.37	0.14	0.47	0.12	0.40	0.10	0.06	0.12
Al ₂ O ₃	21.77	1.70	18.95	0.32	18.91	0.30	19.37	0.22	19.05	0.18	21.69	0.28
FeO	5.25	2.44	3.60	0.68	3.65	0.48	4.60	0.22	3.50	0.42	1.93	0.20
MnO	0.15	0.18	0.03	0.12	0.04	0.10	0.10	0.10	0.03	0.08	0.10	0.14
MgO	0.62	0.90	0.78	0.36	0.76	0.26	1.25	0.16	0.68	0.24	0.05	0.18
CaO	5.84	2.70	2.52	0.52	2.59	0.64	4.01	0.34	2.55	0.24	1.67	0.34
Na ₂ O	7.09	2.08	3.90	0.70	3.74	0.64	3.19	0.20	3.65	0.36	6.49	0.64
K ₂ O	6.94	2.26	8.87	0.64	8.99	0.26	8.44	0.38	8.62	0.14	7.17	0.26
Cl	1.20	0.46	0.60	0.16	0.60	0.12	0.60	0.06	0.61	0.22	0.62	0.12
ALCALI	14.03	2.90	12.77	0.38	12.73	0.64	11.63	0.30	12.28	0.36	13.66	0.64
K ₂ O/NA ₂ O	0.98	1.09	2.27	0.91	2.40	0.41	2.65	1.90	2.36	0.39	1.10	0.41
Totale	100.00	16.02	100.01	4.98	100.00	4.08	100.00	2.40	100.00	2.62	100.00	2.86

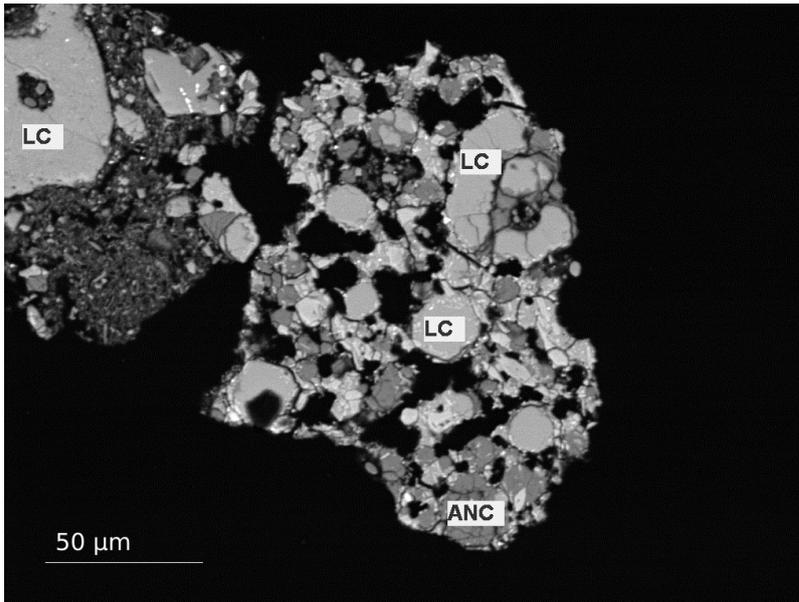
Profondità (cm)	-134.5		-155.5		-177.0		-178.5		-180.5		-183.3	
	A1 III 19-20		A1 III 40-41		A1 III 61-63		A1 III 63-64		A1 III 65-66		A1 III 67.5-69	
Campione	23	2σ	8	2σ	22	2σ	26	2σ	26	2σ	26	2σ
SiO ₂	59.61	0.64	60.03	0.62	57.68	1.02	57.75	1.12	57.70	0.90	57.89	1.00
TiO ₂	0.03	0.06	0.38	0.16	0.49	0.08	0.44	0.16	0.46	0.12	0.47	0.10
Al ₂ O ₃	21.64	0.36	18.93	0.26	19.10	0.32	19.12	0.24	19.11	0.26	19.12	0.24
FeO	1.9	0.36	3.62	0.20	4.51	0.68	4.50	0.60	4.57	0.50	4.39	0.62
MnO	0.08	0.14	0.01	0.06	0.04	0.10	0.04	0.14	0.04	0.12	0.06	0.14
MgO	0.14	0.18	0.73	0.28	1.25	0.56	1.22	0.46	1.22	0.42	1.17	0.46
CaO	1.64	0.4	2.67	0.18	3.95	0.96	3.89	0.70	3.91	0.66	3.85	0.82
Na ₂ O	7.25	0.74	4.01	0.40	3.58	0.50	3.59	0.52	3.56	0.38	3.61	0.48
K ₂ O	7.06	0.76	9.00	0.32	8.80	0.74	8.88	1.06	8.85	0.82	8.84	0.88
Cl	0.64	0.14	0.62	0.06	0.59	0.10	0.57	0.08	0.59	0.10	0.60	0.08
ALCALI	14.31	0.8	13.01	0.32	12.39	1.08	12.47	0.78	12.41	0.78	12.46	0.88
K ₂ O/NA ₂ O	0.97	1.03	2.24	0.80	2.46	1.48	2.47	2.04	2.49	2.16	2.45	1.83
Totale	99.99	3.78	100.00	2.54	99.99	5.06	100.00	5.08	100.01	4.28	100.00	4.82

Profondità (cm)	-300.0		-313.3		-341.5		-345.5	
	A1 II 74.5-76.5		A1 II 87.5-88.5		A1 I 16-17		A1 I 19.5-21.5	
Campione	5	2σ	21	2σ	23	2σ	25	2σ
SiO ₂	59.17	2.50	60.52	0.56	62.22	1.38	62.42	1.46
TiO ₂	0.39	0.14	0.24	0.14	0.25	0.14	0.26	0.18
Al ₂ O ₃	19.44	0.52	19.42	0.60	19.03	0.84	18.97	0.54
FeO	4.27	0.68	3.56	0.46	2.76	0.64	2.75	0.92
MnO	0.00	0.00	0.08	0.14	0.05	0.10	0.05	0.12
MgO	1.06	0.50	0.22	0.30	0.26	0.20	0.25	0.26
CaO	3.67	0.90	3.11	0.32	2.74	0.92	2.78	0.74
Na ₂ O	3.06	1.02	3.64	0.42	3.75	0.58	3.45	1.00
K ₂ O	8.33	1.24	8.43	0.40	8.32	0.84	8.49	1.28
Cl	0.61	0.10	0.77	0.18	0.63	0.26	0.59	0.38
ALCALI	11.39	2.00	12.07	0.58	12.07	0.84	11.94	1.28
K ₂ O/NA ₂ O	2.72	1.22	2.32	0.95	2.22	1.45	2.46	1.28
Totale	100.00	7.60	99.99	3.52	100.01	5.90	100.01	6.88

DESCRIZIONE DEI LIVELLI

Per ogni livello è stato prodotto un diagramma TAS (Total Alkali-Silica; Le Bas *et al.*, 1986) utilizzando il software GCDkit (Janoušek *et al.*, 2006) per rendere graficamente la composizione e osservare eventuali affinità chimiche tra i vari campioni.

A1 IV 11-12. Sezione con un alto contenuto di frammenti vulcanici. Poco il vetro analizzabile che si confonde con la Leucite. Contiene alcuni minerali sottosaturi (feldspatoidi) (Fig. 4.2).



I minerali presenti nei frammenti sono:

- Leucite (in abbondanza)
- Granato
- Biotite
- Analcime
- Clinopirosseno (augite)
- Plagioclasio (scarso)
- Nefelina-Kalsilite

Figura 4.2 – Frammento vulcano-clastico contenuto nel livello A1 IV 11-12. LC=Leucite; ANC=Analcime. Immagine da elettroni retrodiffusi BSE (Backscattered electrons).

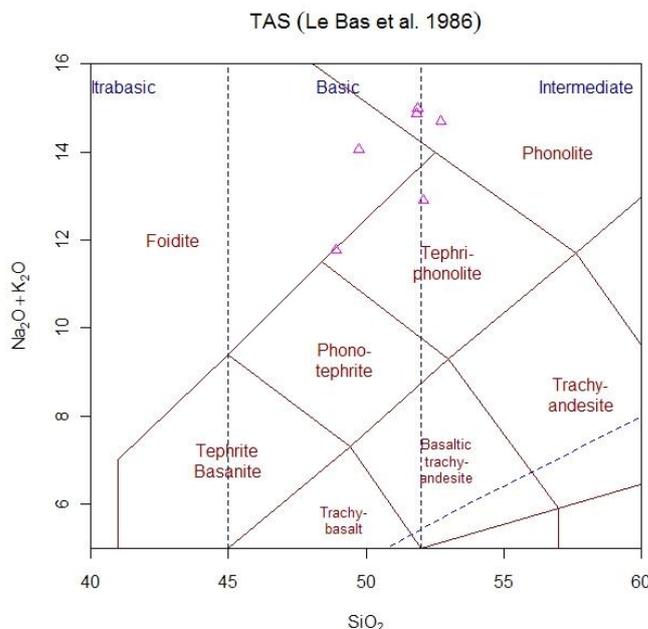


Figura 4.3 – Classificazione su base chimica del campione A1 IV 11-12

Il livello ha una composizione basica molto dispersa con 48.28-52.07% SiO_2 . Al_2O_3 (19.92-22.33 wt%) incrementa leggermente all'aumentare di SiO_2 mentre TiO_2 , FeO , MnO , MgO , CaO diminuiscono. Na_2O (5.63-8.65 wt%) e K_2O (5.86-9.10 wt%) non mostrano invece un particolare andamento. Nel diagramma TAS (Fig. 4.3) i campioni sono stati classificati come Fonoliti basiche/Tefrifonoliti.

In generale, a causa delle elevate difficoltà riscontrate durante l'analisi (scarso vetro ricco di inclusioni) i punti hanno una dispersione particolarmente ampia. Il livello è visibile sulla carota tra gli 11 e i 16 cm nello spezzone IV alla profondità di 26.5 cm.

A1 IV 51-52.5. Pochi frammenti di vetro (glass shard), in maggioranza frammenti di piccole dimensioni poco vescicolati contenuti all'interno di agglomerati.

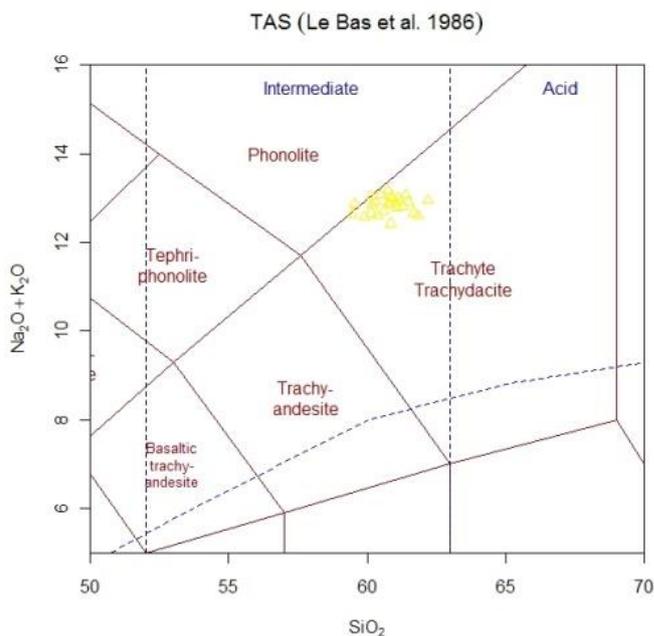


Figura 4.4 – Classificazione su base chimica del campione A1 IV 51-52.5

Il livello (Fig. 4.4) ha una composizione trachitica (59.13-61.94 wt% SiO_2). Na_2O (3.02-4.48 wt%) e K_2O (8.49-9.87 wt%) rimangono pressoché costanti all'aumentare di SiO_2 , mentre TiO_2 , FeO , MgO , CaO diminuiscono leggermente e Al_2O_3 (18.58-19.29 wt%) aumenta.

A1 IV 58-59.5. Buona quantità di vetro ben vescicolato, Dimensione dei frammenti molto variabile, la maggioranza è rappresentata da quelli grandi. All'interno di alcuni frammenti sono contenute elevate quantità di ossidi di ferro.

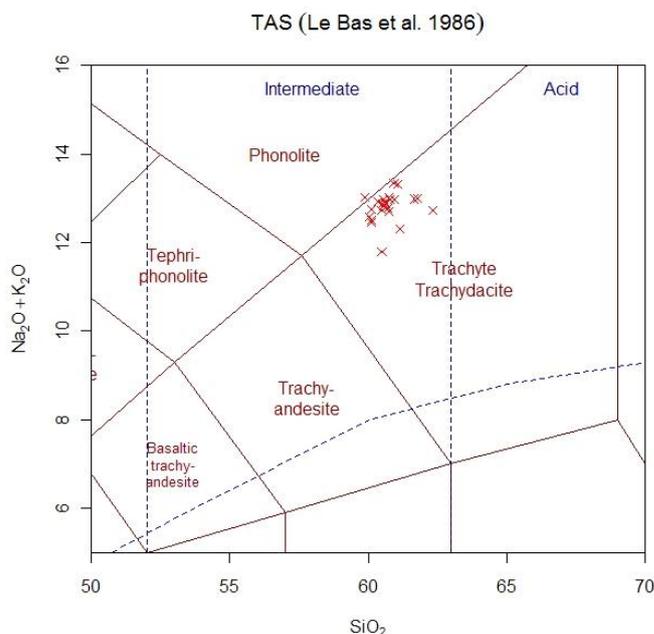


Figura 4.5 – Classificazione su base chimica del campione A1 IV 58-59.5

Livello di tefra (Fig. 4.5) con una composizione trachitica (59.46-61.95 wt% SiO_2) molto simile al livello A1 IV 51-52.5. All'aumentare di SiO_2 , Al_2O_3 (18.70-19.52 wt%), Na_2O (2.26-4.18 wt%), K_2O (8.75-9.26 wt%) non hanno un particolare andamento, mentre TiO_2 , FeO , Mg , CaO subiscono una leggera diminuzione.

L'andamento degli elementi in base all'aumento di SiO_2 è simile eccezione fatta per Al_2O_3 che non subisce particolari variazioni.

A1 IV 98-99. Vetro assente.

A1 III 8-9. Pochissimi frammenti di vetro molto dispersi, di piccole dimensioni e molto vescicolati. All'interno della sezione sono presenti due diverse composizioni.

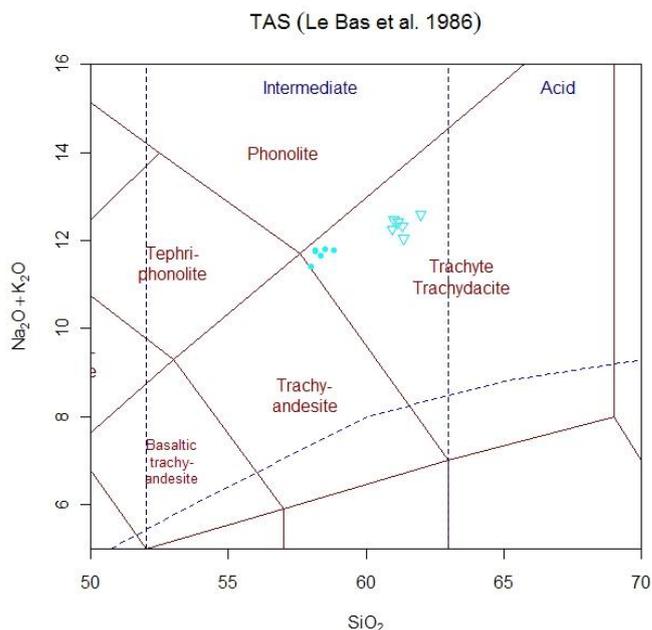


Figura 4.6 – Classificazione su base chimica del campione A1 IV 8-9. I pallini rappresentano A1 III 8-9 a; i triangoli rivolti verso il basso rappresentano A1 III 8-9 b

Il livello di criptotefra ha una composizione trachitica (Fig. 4.6). Al suo interno contiene due gruppi: una (A1 III 8-9 a) con minore SiO_2 (57.64-58.48 wt%) e maggiore FeO , MgO e CaO (rispettivamente 4.44-4.73 wt%, 1.11-1.36 wt% e 3.75-4.29 wt%) e l'alta (A1 III 8-9 b) con maggiore SiO_2 (60.60-61.46 wt%) e minore FeO , MgO e CaO (rispettivamente 3.09-3.63 wt%, 0.48-0.78 wt% e 2.31-2.67 wt%). Tutte gli elementi di entrambi i gruppi non presentano una tendenza con l'aumento di SiO_2 .

A1 III 9-11.5. Vetro assente. Presenza di pirite, il livello ricade all'interno del sapropel S1.

A1 III 12-13. Vetro assente. Presenza di pirite, il livello ricade all'interno del sapropel S1.

A1 III 15.5-18. Vetro abbondante, di grandi dimensioni. Vescicolazione disomogenea, prevalgono i frammenti con una vescicolazione abbondante.

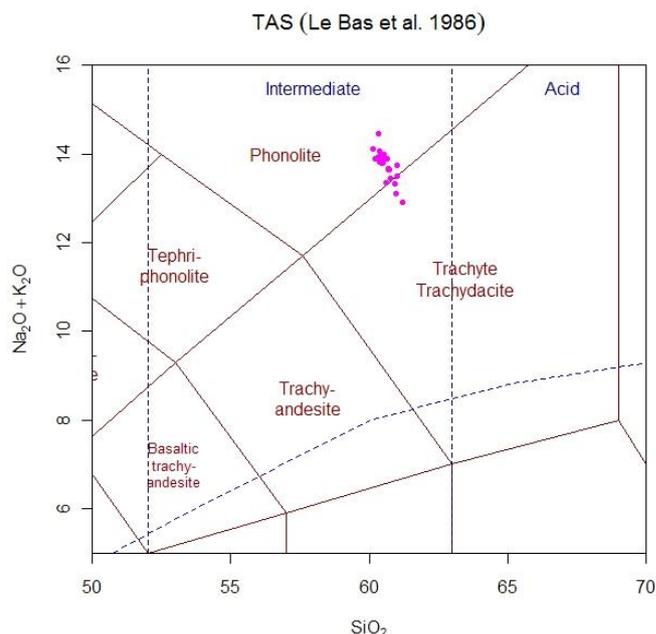


Figura 4.7 – Classificazione su base chimica del campione A1 III 15.5-18

Livello (Fig. 4.7) con una composizione prevalentemente fonolitica (59.73-60.83 wt% SiO_2), con qualche punto nel campo trachitico. Presenta un leggero incremento di Al_2O_3 e CaO all'aumentare di SiO_2 mentre diminuisce Na_2O (5.68-6.96 wt%). FeO , K_2O (6.91-7.41 wt%) rimangono pressoché costanti.

A1 III 19-20. Abbondante quantità di vetri con una forma prevalentemente arrotondata e con una dimensione abbastanza omogenea. Per l'intensissima vescicolazione sono poche e molto piccole le aree limpide su cui è possibile condurre un'analisi.

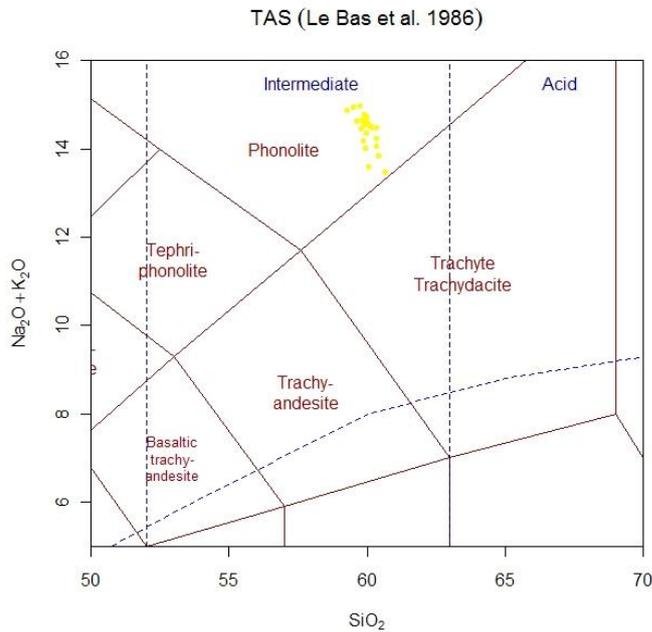


Figura 4.8 – Classificazione su base chimica del campione A1 III 19-20

Livello (Fig. 4.8) con un composizione fonolitica (58.84-60.29 wt% SiO_2). Con l'aumento di SiO_2 si ha un aumento di Al_2O_3 e CaO e una diminuzione di FeO , MgO e Na_2O (5.91-8.04 wt%). K_2O (5.46-7.38 wt%) non presenta invece una particolare tendenza.

A1 III 40-41. Pochi i frammenti di vetro, principalmente di piccole dimensioni e contenuti all'interno di agglomerati, abbondante invece è la quantità di bioclasti.

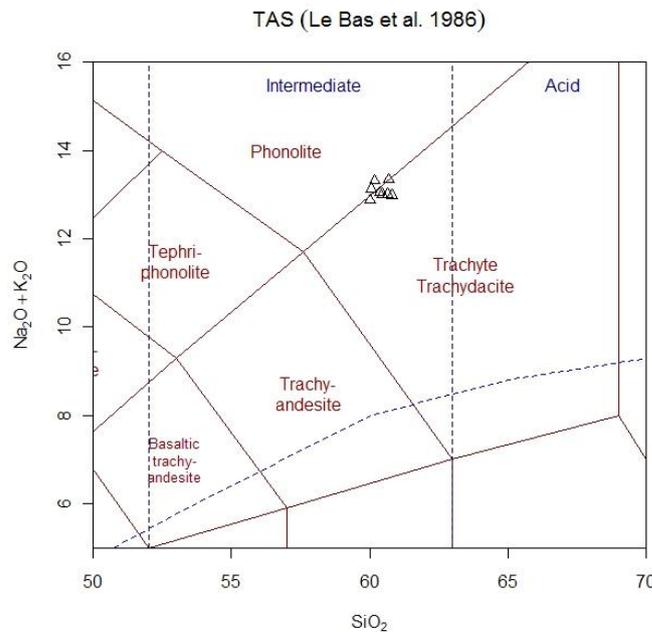


Figura 4.9 – Classificazione su base chimica del campione A1 III 40-41

Questo sottile livello di criptotefra possiede una composizione intermedia (Fig. 4.9) tra le trachiti e le fonoliti (59.64-60.45 wt% SiO_2). TiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O diminuiscono lievemente con l'aumento di SiO_2 , mentre K_2O aumenta.

A1 III 61-63. Pochi vetri di piccole dimensioni situati principalmente all'interno di agglomerati. La vescicolazione è abbondante.

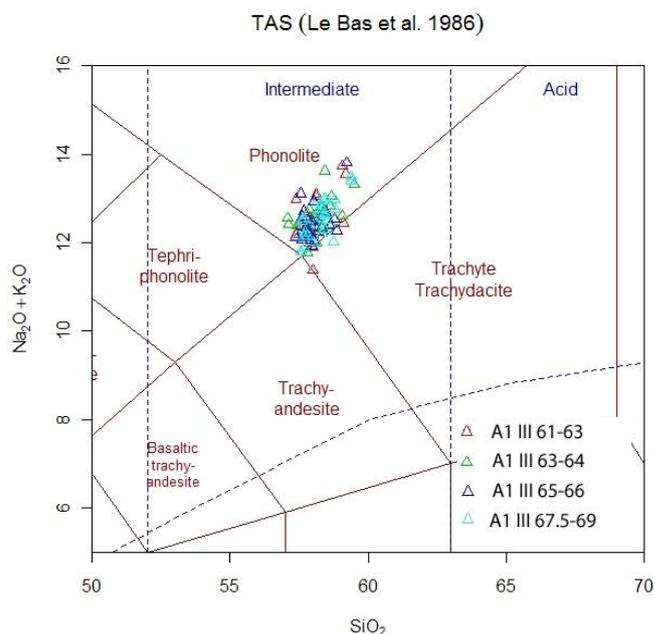


Figura 4.10 – Classificazione su base chimica dei campioni A1 III 61-63, A1 III 63-64, A1 III 65-66, A1 III 67.5-69

Livello (Fig. 4.10) a composizione fonolitica (57.04-58.78 wt % SiO₂). FeO, MgO (0.64-1.57 wt%, con un valore medio di 1.25 wt%), CaO mostrano una proporzionalità inversa rispetto a SiO₂, Al₂O₃ e Na₂O invece non mostrano un a particolare tendenza.

K₂O aumenta leggermente con l'aumento di SiO₂.

A1 III 63-64. Buona quantità di vetri con vescicole piccole ma abbondanti. I frammenti hanno dimensioni abbastanza omogenee.

Il livello ha una composizione fonolitica (Fig. 4.10) (56.70-59.14 wt SiO₂). La proporzionalità degli elementi rispetto a SiO₂ è uguale al campione A1 III 61-63.

A1 III 65-66. Discreta quantità di vetri, in prevalenza di piccole dimensioni, abbondantemente vescicolati e situati in agglomerati.

Livello con composizione fonolitica (Fig. 4.10) (57.04-58.81 wt % SiO₂). La proporzionalità degli elementi rispetto a SiO₂ è uguale al campione A1 III 61-63.

A1 III 67.5-69. Moltissimi vetri molto vescicolati e con una forma particolarmente irregolare. La dimensione dei frammenti in generale è abbastanza elevata. Alcuni contengono cristalli e la densità delle vescicole è talmente elevata che i punti ottimali su cui effettuare l'analisi sono pochi.

Il livello ha una composizione fonolitica (Fig. 4.10) (57.11-58.98 wt% SiO₂). La proporzionalità degli elementi rispetto a SiO₂ è uguale al campione A1 III 61-63.

A1 II 74.5-76.5. Pochissimi i vetri e gli agglomerati. Frammenti ben vescicolati e di piccole dimensioni. Caratteristica è la presenza di framboidi di pirite che testimonia condizioni di elevata produttività e abbondante materia organica (Fig. 4.11).

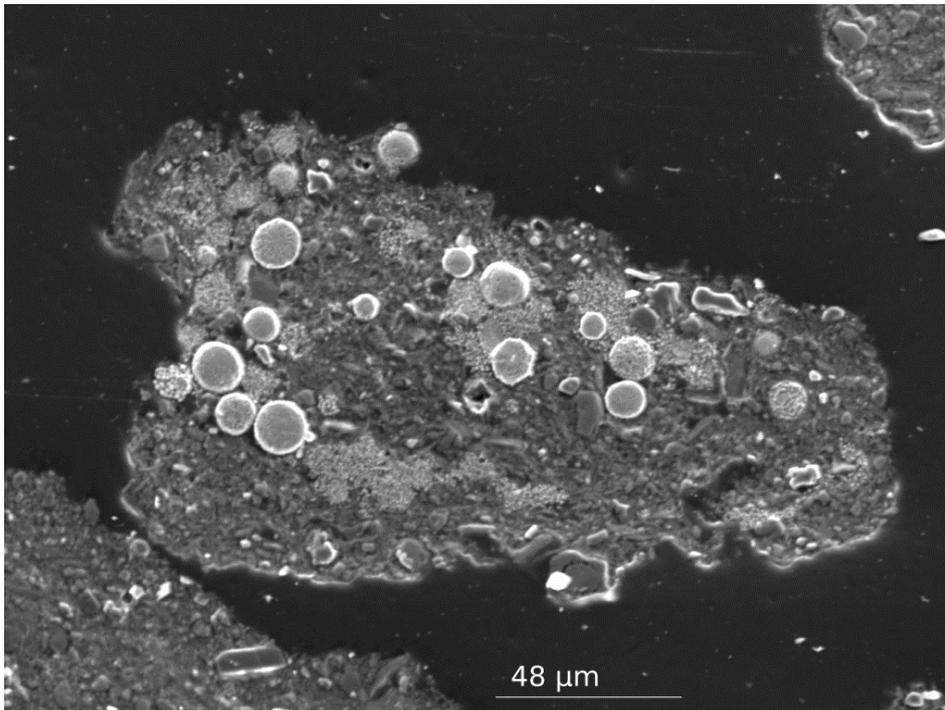
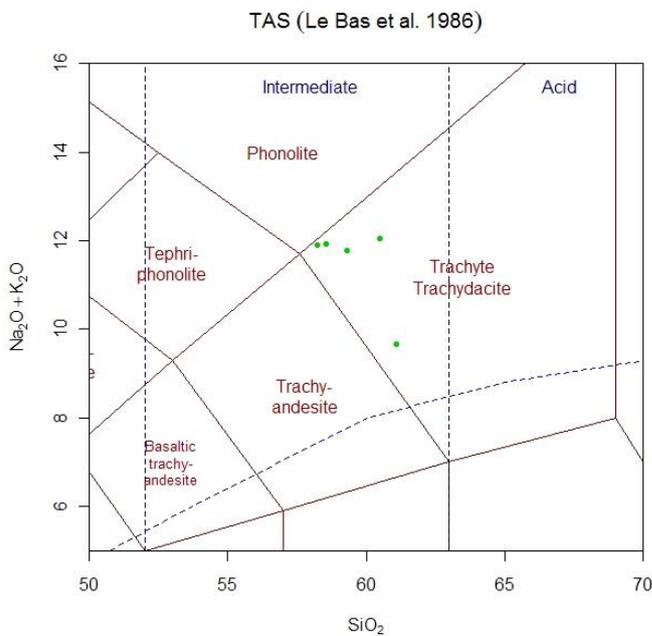


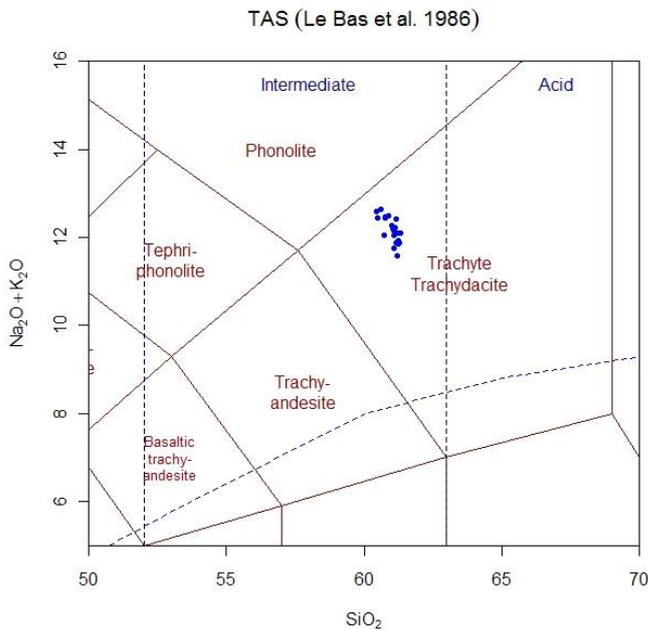
Figura 4.11 – Agglomerato contenente framboidi di pirite. Immagine da Elettroni Secondari (SE).



Livello (Fig. 4.12) di 2 cm con una composizione trachitica (57.84-60.77 wt% SiO_2). l' Al_2O_3 ha un valore molto alto (19.16-19.83 wt%), così come FeO (3.68-4.54 wt%) e CaO (3.03-4.14 wt%). La percentuale in peso di TiO_2 , MgO, CaO e Na_2O decresce all'aumentare di SiO_2 mentre quella di Al_2O_3 aumenta. K_2O invece non subisce variazioni evidenti. I punti analizzati non hanno una composizione molto omogenea e questo produce una dispersione molto ampia.

Figura 4.12 – Classificazione su base chimica del campione A1 II 74.5-76.5

A1 II 87.5-88.5. Frammenti singoli molto dispersi, la maggior parte del vetro è contenuta in agglomerati. La vescicolazione è molto abbondante ed è frequente la presenza di OPX e K-feldspato in cristalli prismatici.



Livello (Fig 4.13) con una composizione trachitica (59.89-60.95 wt%). TiO_2 , MgO , Na_2O subiscono un decremento all'aumentare di SiO_2 ; Al_2O_3 , FeO , CaO , K_2O invece non hanno una sostanziale variazione.

Figura 4.13 – Classificazione su base chimica del campione A1 III 87.5-88.5

A1 I 16-17. Pochi vetri molto dispersi, la maggior parte dei frammenti sono contenuti in agglomerati. Vescicolazione abbondante, dimensioni abbastanza omogenee e la forma dei granuli è molto irregolare e spigolosa (Fig. 4.14).

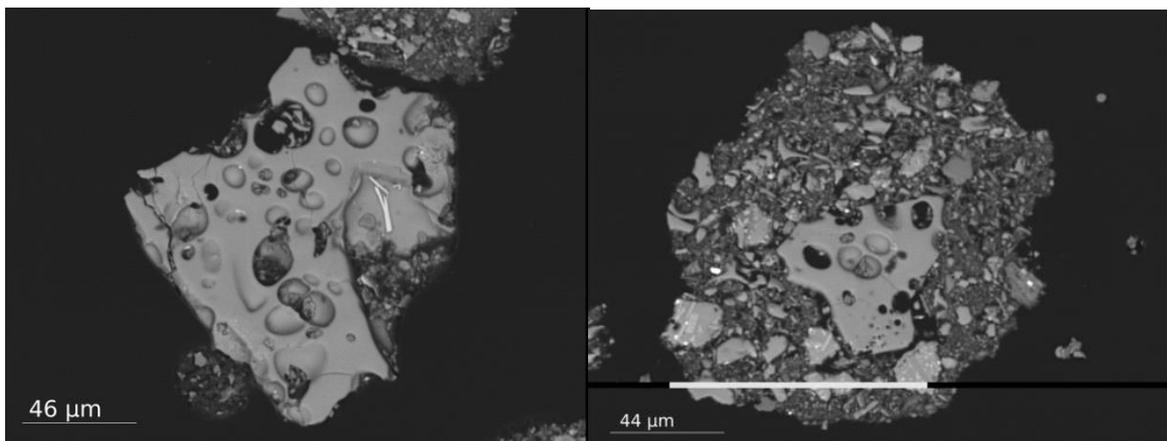


Figura 4.14 - A sinistra frammento singolo, a destra frammento in agglomerato. Immagini BEI (Backscattered Electrons Image)

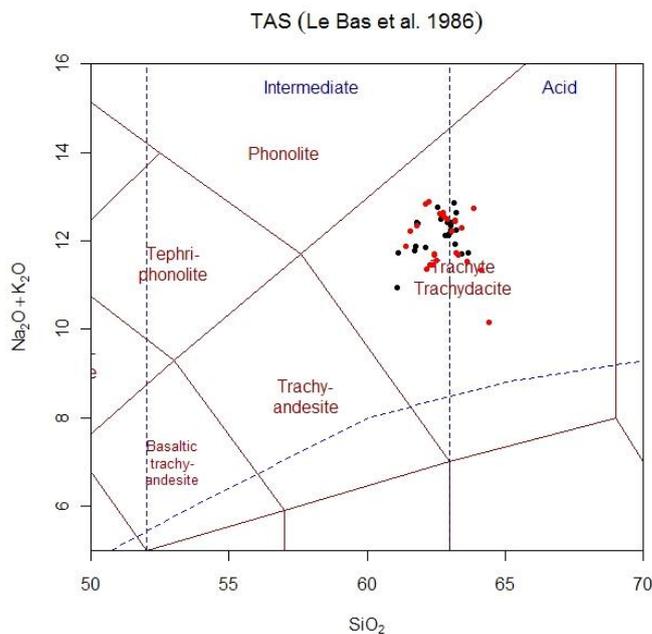


Figura 4.15 – Classificazione su base chimica dei campioni A1 I 16-17 e A1 I 19.5-21.5

Livello (Fig. 4.15) con una composizione trachitica (60.76-63.21 wt% SiO_2). TiO_2 , FeO , MgO , CaO decrescono con l'aumento di SiO_2 , rimangono invece sostanzialmente costanti Al_2O_3 , Na_2O e K_2O .

Il livello è visibile sulla carota tra i 16 e i 23 cm dello spezzone I alla profondità di circa 341.5 cm (in questo spessore è compreso anche il campione A1 I 19.5-21.5).

A1 I 19.5-21.5. Pochi vetri molto dispersi con una vescicolazione abbondante. Gli agglomerati sono pochi e i vetri sono tutti di piccole dimensioni.

Il livello possiede una composizione trachitica (Fig. 4.15) (61.18-63.96 wt% SiO_2). La proporzionalità degli elementi rispetto a SiO_2 è uguale a quella del campione A1 I 16-17.

A1 I 44-46. Sezione non utilizzabile

4.2.2 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

L'origine dei livelli di tefra è stata determinata correlando i dati ottenuti con quelli riportati in letteratura. In particolare utilizzando il record del Lago Grande di Monticchio (Wulf *et al.*, 2004, 2008), i Campi Flegrei (Smith *et al.*, 2011; Tomlinson *et al.*, 2012) e il Somma-Vesuvio (Santacroce *et al.*, 2008).

Sui campioni non sono state effettuate datazioni e di conseguenza le correlazioni sono state basate puramente sulla composizione chimica e sulla posizione stratigrafica all'interno della carota.

In questo lavoro sono stati trovati esclusivamente prodotti dall'attività vulcanica campana (Campi Flegrei e Somma-Vesuvio) (Fig. 4.16). Si escludono provenienze da Isole Eolie (composizione da alcalino-sodica a shoshonitica) e da Etna (composizione alcalino-sodica) a causa del chimismo molto differente rispetto ai dati ottenuti (prevalentemente alcalino-potassico). In tabella 4.2 è riportato un riassunto delle caratteristiche dei livelli e delle attribuzioni con livelli noti.

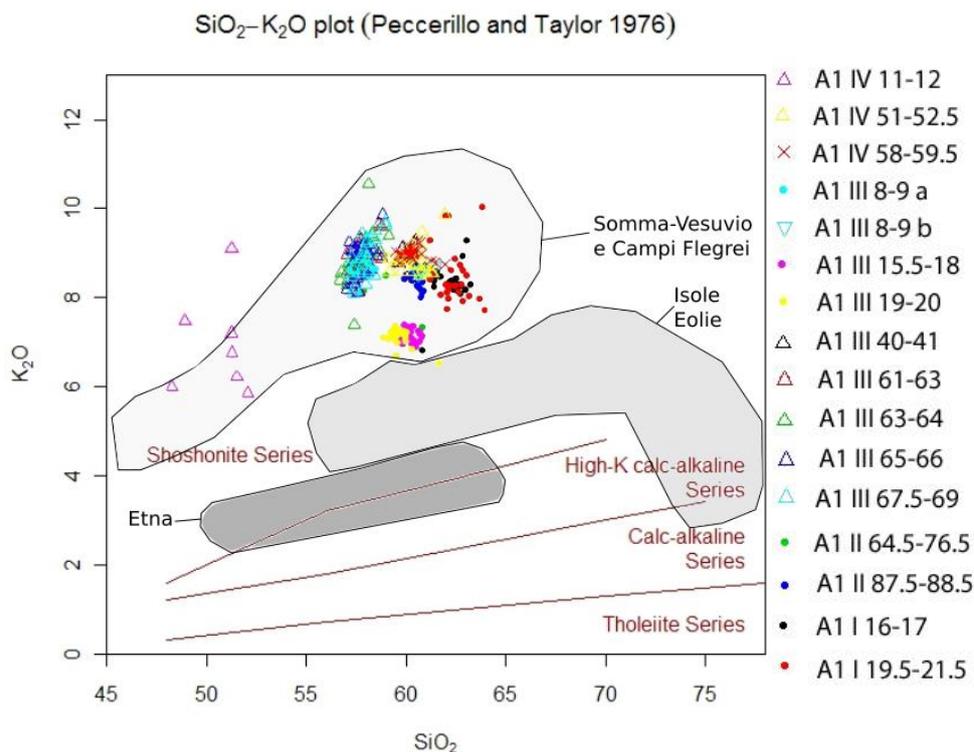


Figura 4.16 – Diagramma SiO₂-K₂O (Siani *et al.*, 2004). Comparazione della composizione geochimica tra i livelli di tefra marini (simboli) e le ceneri terrestri (campi).

Tabella 4.2 - Caratteristiche principali della carota CADI A1.

PROFON DITA' (cm)	CAMPIONE	SPESS ORE (mm)	SORGE NTE	ERUZIONE	CLASSIFIC AZIONE	ETA' (14C) (cal yr BP)	VARVE AGE (Wulf et al., 2004, 2008) (cal yr BP)
-26.5	A1 IV 11-12	10	S-V	?	T-F/Fb	?	?
-66.5	A1 IV 51-52.5	15	CF	Astroni?	T	3820±50 (b)	4620±230
-73.8	A1 IV 58-59.5	15	CF	AMS	T	4350±70 (b)	5390±270
-123.5	A1 III 8-9	10	CF	?	T	?	?
-123.5	A1 III 8-9		CF	?	T		
-131.3	A1 III 15.5-18	35	S-V	Mercato	F	8890±90 (a)	9680±480
-134.5	A1 III 19-20						
-155.5	A1 III 40-41	10	CF	Casale	T/F	?	11210±560
-177.0	A1 III 61-63	80	CF	APP	F	10430±90 (b)	12180±610
-178.5	A1 III 63-64						
-180.5	A1 III 65-66						
-183.3	A1 III 67.5-69						
-300.0	A1 II 74.5-76.5	20	CF	NYT?	T	12260±110 (b)	14120±710
-313.3	A1 II 87.5-88.5	10	S-V	PV	T	15920±130 (b)	17560±880
-341.5	A1 I 16-17	55	S-V	PB	T	18280±250 (b)	19280±960
-345.5	A1 I 19.5-21.5						

S-V = Somma-Vesuvio, CF = Campi Flegrei

AMS = Agnano Monte Spina, APP = Agnano Pomici Principali, NYT = Tufi Gialli Napoletani, PB = Pomici di Base, PV = Pomici Verdoline.

T-F = Tefro-Fonolite, Fb = Fonolite basica, T = Trachite, F = Fonolite

(a) = Santacroce *et al.*, 2008

(b) = Siani *et al.*, 2004

A1 IV 11-12 (-26.5 cm) (?)

Data la composizione e l'associazione mineralogica molto particolare (abbondanti feldspatoidi) la provenienza è stata assegnata al Somma-Vesuvio. Non è stato invece possibile assegnare questo livello ad un particolare evento eruttivo in quanto in letteratura non è stato rinvenuto un livello con queste caratteristiche.

A1 IV 51-52.5 (-66.5 cm) (ASTRONI?)

La provenienza è stata attribuita ai Campi Flegrei, mentre l'eruzione non è sicura; Averno, Agnano Monte Spina e Astroni costituiscono una serie di eruzioni avvenute nell'arco di 1000 anni che possiedono una composizione chimica e mineralogica molto simile tra loro e solitamente non sono distinguibili basandosi sull'analisi degli elementi maggiori o su osservazioni petrografiche (Zanchetta *et al.*, 2011).

Nel caso specifico, la correlazione dell'eruzione è stata basata puramente sulla posizione stratigrafica (il livello è posto a 7 cm sopra ad AMS) che porta a supporre che si possa trattare di Astroni.

A1 IV 58-59.5 (-73.8 cm) (AGNANO MONTE SPINA)

Come già detto in precedenza, le eruzioni Averno, AMS e Astroni non sono distinguibili utilizzando solo gli elementi maggiori, per questo sono stati usati gli elementi in traccia (Appendice 1) i quali mostrano una variabilità maggiore.

Basandosi sulle osservazioni e sui dati raccolti da Smith *et al.*, (2011) il livello è stato correlato con Agnano Monte Spina (Campi Flegrei). Le concentrazioni degli elementi in traccia di AMS proposte da Smith *et al.*, (2011) risultano molto simili a quelle di questo livello (Appendice 1).

A1 III 8-9 (-123.5 cm) (?)

La composizione alcalino-potassica suggerisce una provenienza dai Campi Flegrei, però, vista la posizione stratigrafica (all'interno del Sapropel S1 e a pochi centimetri da Mercato) e la presenza di due famiglie di vetri (campione bimodale), non è stato possibile correlare questo livello con quelli ritrovati da altri autori.

A1 III 15.5-18 (-131.3 cm) e A1 III 19-20 (-134.5 cm) (MERCATO)

Grazie al caratteristico rapporto $K_2O/Na_2O \approx 1$ e la posizione stratigrafica (all'interno del Sapropel S1) è stato facilmente correlato con il deposito Pomici di Mercato del Somma-Vesuvio. A supplemento, i dati sono stati plottati sul diagramma (Fig. 4.17) dove è presente il campo composizionale corrispondente a questa eruzione. Un altro dato è rappresentato dalla concentrazione di Zr particolarmente elevata (553 ppm, Appendice 1) che risulta però abbastanza inferiore a quella misurata sui depositi terrestri da Santacroce *et al.* (2008) (circa 750 ppm). La concentrazione di Zr può essere più bassa a causa della diluizione del deposito vulcano-clastico nel sedimento emipelagico.

Mercato è stato suddiviso in due differenti eruzioni: Pomici Gemelle e Pomici di Proietti (fase finale di Mercato) ma in questo lavoro non è stato possibile differenziarle.

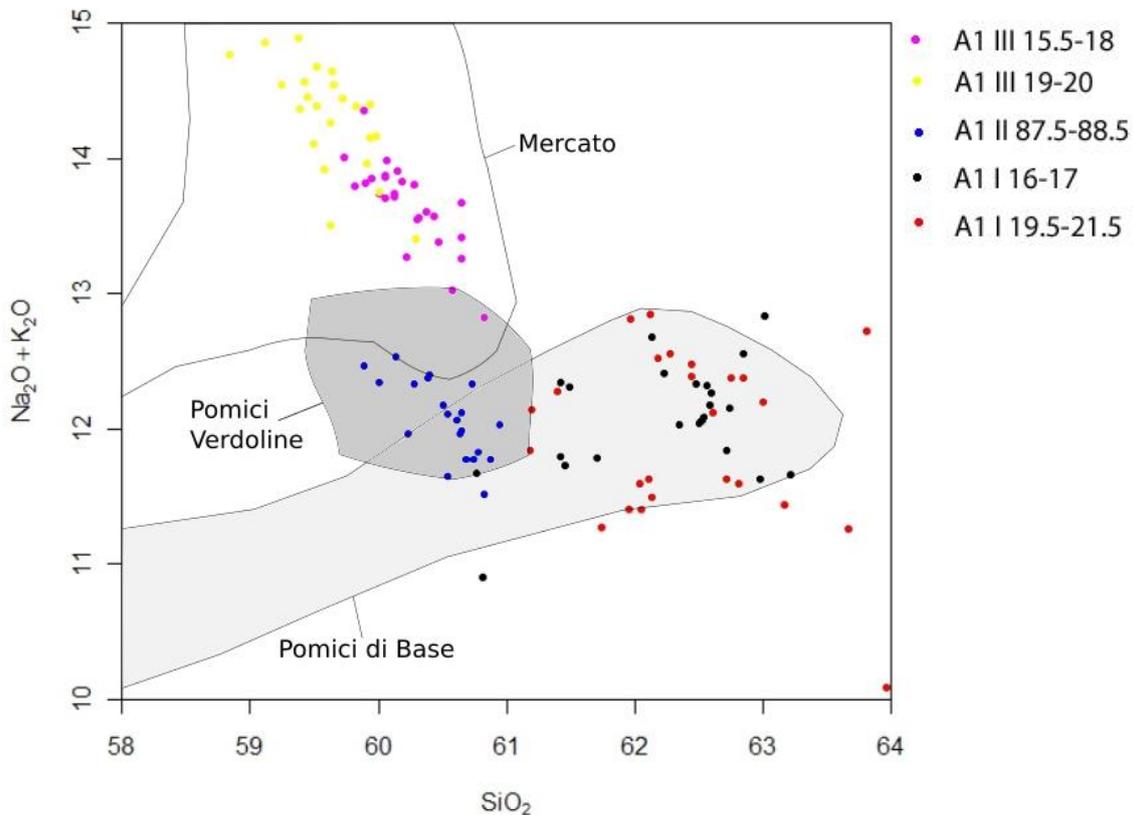


Figura 4.17 Diagramma SiO_2 vs. $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (Wulf *et al.*, 2004). Comparazione tra la composizione chimica dei livelli cineritici marini (simboli) e dei depositi prossimali terrestri del Somma-Vesuvio (campi).

A1 III 40-41 (-155.5 cm) (CASALE)

Il livello è posizionato vicino a Mercato (20 cm circa) e contenuto negli ultimi centimetri del Sapropel S1. Tenendo conto di queste informazioni e osservando la composizione chimica, il livello è stato correlato con TM 6-2 del record di Monticchio (Wulf *et al.*, 2008) dove viene riconosciuta come l'eruzione di Casale dei Campi Flegrei.

A1 III 61-63 (-177 cm), A1 III 63-64 (-178.5 cm), A1 III 65-66 (-180.5 cm), A1 III 67.5-69 (-183.3 cm) (APP)

Utilizzando la geochimica delle eruzioni dei Campi Flegrei (Smith *et al.*, 2011; Tomlinson *et al.*, 2012) è stato possibile effettuare una correlazione con le Pomici Principali dei Campi Flegrei. In particolare, le concentrazioni degli elementi in traccia di questo livello sono molto simili a quelle presentate da Smith *et al.*, (2011). Sr, Ba e Zr posseggono una leggera differenza, rispettivamente 200, 300, 50 ppm circa.

A1 II 74.5-76.5 (-300 cm) (NYT?)

La correlazione con dati di letteratura è difficile a causa dei pochi punti trovati e della deviazione standard degli elementi piuttosto elevata.

L'eruzione che si avvicina maggiormente alla composizione del livello è quella dei Tufi Gialli Napoletani (Campi Flegrei). Tuttavia, due dati a sfavore di questa correlazione sono l'estrema vicinanza alle PV e l'età troppo giovane per trovarsi a questa profondità.

L'eruzione dei Tufi Gialli Napoletani viene considerata da diversi autori come una serie di eruzioni ravvicinate nel tempo (Siani *et al.*, 2004; Tomlinson *et al.*, 2012) che originano

un deposito con uno spessore molto elevato. Tuttavia, nel caso di questo lavoro i punti trovati sono molto pochi e lo spessore del livello è piuttosto inferiore a quello che invece dovrebbe essere. Dalla geochimica (Appendice 1) sono presenti quattro livelli tra i 240 e i 279 cm di profondità che non sono stati analizzati in quanto il loro contenuto di Zr non era particolarmente elevato (93-100 ppm). Basandosi solamente sulla posizione stratigrafica si può pensare che questo intervallo possa contenere l'eruzione dei Tufi Gialli Napoletani e che A1 II 74.5-76.5 sia un'eruzione compresa tra NYT e PV.

A1 II 87.5-88.5 (-313.3 cm) (PV)

La correlazione è stata effettuata basandosi sui dati e sulle osservazioni raccolte da Wulf *et al.* (2004, 2008) e Santacroce *et al.* (2008) che identificano questo livello come le Pomice Verdoline (Somma-Vesuvio).

Il diagramma SiO_2 vs. $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (Fig. 4.17) mostra la composizione delle glass shard e dei depositi terrestri.

Oltre all'estrema similitudine composizionale, anche lo spessore e la posizione stratigrafica sono consoni a questa eruzione.

A1 I 16-17 (-341.5 cm) e A1 I 19.5-21.5 (-345.5 cm) (PB)

Dato l'elevato spessore del livello e la composizione chimica è stato possibile correlarlo con il TM-13 del record del Lago Grande di Monticchio (Wulf *et al.*, 2004, 2008) che viene identificato come Pomice di Base del Somma Vesuvio. Come supplemento alla correlazione è stato individuato anche il campo della composizione chimica di questa eruzione (Fig. 4.17).

5. CONCLUSIONI

In tutto sono stati individuati 15 livelli cineritici, 6 appartenenti al Somma-Vesuvio e 9 ai Campi Flegrei. A1 IV 11-12 del Somma-Vesuvio e A1 III 8-9 dei Campi Flegrei sono i due livelli che non è stato possibile correlare con alcuna eruzione.

Inoltre, mentre la correlazione di A1 IV 58-59.5 con AMS è quasi certa, l'assegnazione di A1 IV 51-52.5 ad Astroni non è sicura, la percentuale in peso degli elementi maggiori è la stessa ma le concentrazioni degli elementi minori e in traccia sono piuttosto discordanti. A1 II 74.5-76.5 è un altro livello molto dubbio che è stato assegnato a NYT (Tufi Gialli Napoletani) ma considerate la posizione stratigrafica e l'età rapportata alla profondità può essere ragionevole pensare che effettivamente non si possa trattare di questa eruzione.

AMS, Mercato e APP sono invece stati facilmente individuati ed hanno funto da guida per le successive correlazioni.

Durante lo svolgimento di questo lavoro, le interpretazioni sono state tutte effettuate principalmente correlando la composizione chimica dei dati raccolti con quelli contenuti in letteratura. Sicuramente, una precisione maggiore nella correlazione si sarebbe raggiunta se si fosse effettuato una datazione radiometrica sui campioni.

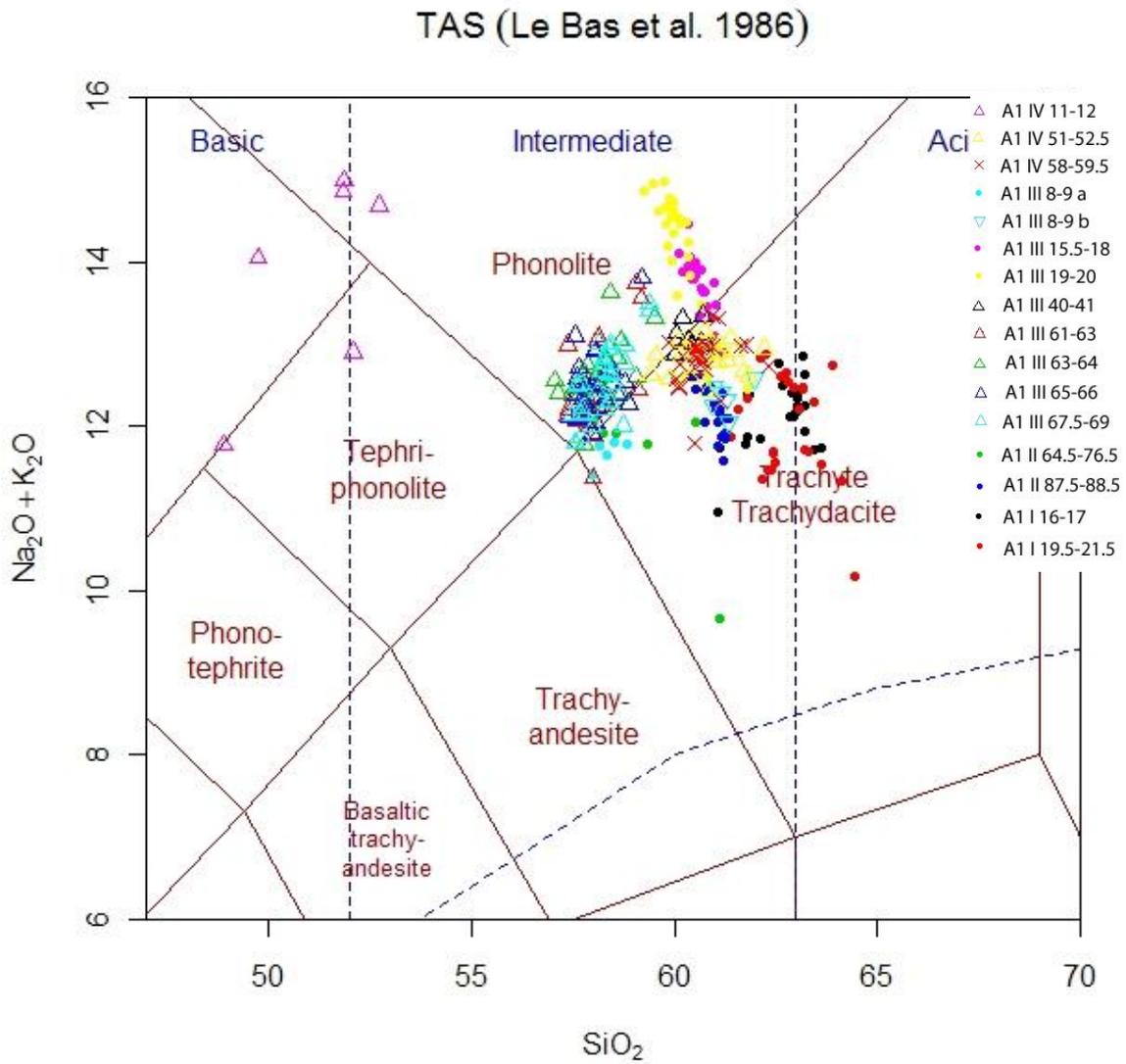
BIBLIOGRAFIA

- Andronico D., Calderoni G., Cioni R., Donahue D.J., Marianelli P., Santacroce R., Sbrana A., Sulpizio R., 1996a. An updated chronostratigraphic scheme of the last 19,000 years of Vesuvius magmatic and eruptive history. Supplement of EOS November 7: 671–672.
- Asioli A., Trincardi F., Lowe J.J., Ariztegui D., Langone L., Oldfield F., 2001. Sub-millennial scale climatic oscillations in the central Adriatic during the Lateglacial: palaeoceanographic implications, *Quaternary Science Reviews* 20: 1201–1221.
- Cioni R., Longo A., Macedonio G., Santacroce R., Sbrana A., Sulpizio R., Andronico D., 2003a. Assessing pyroclastic fall hazard through field data and numerical simulations: example from Vesuvius. *Journal of Geophysical Research* 108 (B2): 98–108.
- Fontugne M., Paterne M., Calvert S.E., Murat A., Guichard F., Arnold M., 1989. Adriatic deep water formation during the Holocene: implication for the reoxygenation of the deep Eastern Mediterranean sea. *Paleoceanography* 4: 199–206.
- Janoušek V., Farrow C.M. Erban, V. 2006. Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology* 47(6): 1255–1259.
- Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *J. Petrol* 27: 745–750.
- Marcolini F., Bigazzi G., Bonadonna F.P., Centamore E., Cioni R., Zanchetta G., 2003. Tephrochronology and tephrostratigraphy of two Pleistocene continental fossiliferous successions from Central Italy. *Journal of Quaternary Science* 18: 545–556.
- Martinez-Ruiz F., Paytan A., Kastner M., González-Donoso J.M., Linares D., Bernasconi S.M., Jimenez-Espejo F.J., 2003. A comparative study of the geochemical and mineralogical characteristics of the S1 sapropel in the western and eastern Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 190: 23–37.
- Oldfield F., Asioli A., Accorsi C.A., Mercuri A.M., Juggins S., Langone L., Rolph T., Trincardi F., Wolff G., Gibbs Z., Vigliotti L., Frignani M., van der Post K., Branch N., 2003. A high resolution late Holocene palaeo environmental record from the central Adriatic Sea. *Quaternary Science Reviews* 22: 319–42.
- Piva A., Asioli A., Trincardi F., Schneider R., Vigliotti L. 2008. Late-Holocene climate variability in the Adriatic Sea (Central Mediterranean). *The Holocene* 18: 153–167.
- Sangiorgi F., Capotondi L., Brinkhuis H. 2002. A centennial scale organic-walled dinoflagellate cyst record of the last deglaciation in the South Adriatic Sea (Central Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoecology*. 186: 199–216.
- Sangiorgi F., Capotondi L., Combourieu Nebout N., Vigliotti L., Brinkhuis H., Giunta S., Lotter A. F., Morigi C., Negri A., and Reichert G.J. 2003. Holocene seasonal sea-surface temperature variations in the southern Adriatic Sea inferred from a multiproxy approach. *Journal of Quaternary Science* 18: 723–32.
- Santacroce R., Cioni R., Marianelli P., Sbrana A., Sulpizio R., Zanchetta G., Donahue D.J., Joron J.L., 2008. Age and whole rock–glass compositions of proximal pyroclastics from the major explosive eruptions of Somma-Vesuvius: A review as a tool for distal tephrostratigraphy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 177: 1–18.
- Siani G., Sulpizio R., Paterne M., Sbrana A., 2004. Tephrostratigraphy study for the last 18,000 14C years in a deep-sea sediment sequence for the South Adriatic. *Quaternary Science Reviews* 23: 2485–2500.
- Siani G., Magny M., Paterne M., Debret M., Fontugne M., 2013. Paleohydrology reconstruction and Holocene climate variability in the South Adriatic Sea. *Climate of the Past* 9: 499–515.
- Smith V.C., Isaia R., Pearce N.J.G., 2011. Tephrostratigraphy and glass compositions of post-15 kyr Campi Flegrei eruptions: implications for eruption history and chronostratigraphic markers. *Quaternary Science Reviews* 30: 3638–3660.
- Tomlinson E.L., Arienzo I., Civetta L., Wulf S., Smith V.C., Hardiman M., Lane C.S., Carandente A., Orsi G., Rosi M., Muller W., Menzies M.A., 2012. Geochemistry of the Phlegraean Fields (Italy) proximal sources for major Mediterranean tephra: Implications for the dispersal of Plinian and co-ignimbritic components of explosive eruptions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 93: 102–128.
- Wulf S., Kraml M., Brauer A., Keller J., Negendank J.F.W., 2004. Tephrochronology of the 100 ka lacustrine sediment record of Lago Grande di Monticchio (southern Italy). *Quaternary International* 122: 7–30.
- Wulf S., Kraml M., Keller J., 2008. Towards a detailed distal tephrostratigraphy in the Central Mediterranean: The last 20,000 yrs record of Lago Grande di Monticchio. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 177: 118–132.
- Zanchetta G., Sulpizio R., Roberts N., Cioni R., Eastwood W.J., Siani G., Caron B., Paterne M., Santacroce R., 2011. Tephrostratigraphy, chronology and climatic events of the Mediterranean basin during the Holocene: An overview. *The Holocene* 21(1): 33–52.

APPENDICI

Appendice 1. Geochimica generale della carota CADI A1. In rosso i livelli analizzati.

Sample	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	K2O	Na2O	CaO	LOI	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Y	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	Sr	U	Sn	depth in depth								
I TOP	3157	54	1175	5777	2024	1910	0.85	1.96	0.13	0.19	2038	8	128	192	32	197	41	97	17	101	479	18	45	14	351	33	71	2	0.5	0.5	-0.5								
IV-4-55	4521	0.65	10.89	56.25	0.31	4.99	2.00	0.49	0	126	185	30	189	50	55	90	61	111	576	14	170	26	6	1	2	4.75	19.75	19.75	15										
IV-11-12	3662	0.63	17.42	6.25	0.39	3.97	0.59	5.25	3.63	0.34	0.40	7.40	18	54	10	141	4235	85	162	48	34	630	5	10	5	2	11.5	26.5	26.5										
IV-15-16	3308	0.54	11.66	5.80	0.17	5.10	19.15	0.86	1.92	0.14	0.20	21.64	12	110	523	14	74	17	4	270	25	6	1.5	2	1.55	30.5	30.5												
IV-30-31.5	3449	0.55	11.48	5.63	0.18	5.10	19.05	0.83	2.02	0.13	0.20	20.60	8	123	188	25	101	6	117	563	16	61	14	323	39	84	20	8	200	5	7	4	2	30.75	45.75	45.75			
IV-43-44	3452	0.54	11.46	6.10	0.17	5.04	17.82	0.81	2.08	0.09	0.15	20.41	11	100	186	32	193	44	89	2	105	478	12	61	2	3.42	35	7	1.5	2	4.35	58.5	58.5						
IV-51-52	4023	0.54	13.17	6.22	0.17	4.66	14.21	1.17	3.25	0.14	0.20	16.59	11	105	135	28	139	27	117	539	19	176	21	499	44	88	23	23	110	5	6	3	2	51.5	66.5	66.5			
IV-57	355.94	0.55	11.57	56.25	0.20	5.08	17.67	0.86	2.09	0.09	0.15	20.41	15	122	214	24	217	49	103	12	309	577	26	363	37	904	71	148	42	34	670	19	5	10	2	58.75	73.75	73.75	
IV-58-59.5	5416	0.55	16.49	5.00	0.15	2.69	5.93	2.00	0.36	0.46	19	103	46	15	45	16	99	27	309	577	26	363	37	904	71	148	42	34	670	19	5	10	2	58.75	73.75	73.75			
AI IV-60-61	3788	0.53	12.02	5.93	0.17	4.92	16.16	1.00	2.57	0.12	0.17	18.69	0	103	198	18	198	42	94	30	137	560	26	330	222	35	70	12	15	370	126	1.5	1	9.2	2	60.5	75.5	75.5	
AI IV-64-65	3728	0.53	12.02	5.93	0.17	4.92	16.16	1.00	2.57	0.12	0.17	18.69	0	103	198	18	198	42	94	30	137	560	26	330	222	35	70	12	15	370	126	1.5	1	9.2	2	60.5	75.5	75.5	
AI IV-75-76	3653	0.54	11.50	5.79	0.19	5.01	17.27	0.76	2.14	0.10	0.15	19.96	0	104	200	18	200	43	94	13	112	550	24	76	15	224	37	71	16	10	370	61	1.5	1	1.5	2	71.5	86.5	86.5
AI IV-75-76	3653	0.54	11.50	5.79	0.19	5.01	17.27	0.76	2.14	0.10	0.15	19.96	0	104	200	18	200	43	94	13	112	550	24	76	15	224	37	71	16	10	370	61	1.5	1	1.5	2	71.5	86.5	86.5
AI IV-75-76	3653	0.54	11.50	5.79	0.19	5.01	17.27	0.76	2.14	0.10	0.15	19.96	0	104	200	18	200	43	94	13	112	550	24	76	15	224	37	71	16	10	370	61	1.5	1	1.5	2	71.5	86.5	86.5
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	
IV-84-86	3531	0.53	11.64	5.68	0.20	5.02	16.94	0.75	2.13	0.10	0.15	19.90	0	113	205	19	205	56	9	112	489	21	55	13	263	38	76	13	10	370	59	1.5	0	1.5	2	82.5	97.5	97.5	



Appendice 3. Suscettività Magnetica della carota CADI A1.

