

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea in Scienze Geologiche

Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali

Relazione di Laurea

**Analisi chimica di sedimenti di mare profondo
del SE Tirreno**

Candidato:

Andrea Mazzeo

Relatore:

Prof. Roberto Braga

Dott. Valerio Funari

Sessione Marzo 2016

Anno Accademico 2014-2015

INDICE

CAPITOLO 1: Introduzione	Pag. 3
CAPITOLO 2: Inquadramento geologico	Pag. 5
2.1 Area di studio e provenienza campioni	Pag. 5
2.2 Geologia del Tirreno	Pag. 5
2.2.1 Vulcanismo sottomarino nella zona nord-orientale dell'Arco Eoliano	Pag. 6
2.2.2 Vulcanismo sottomarino nella zona occidentale dell'Arco Eoliano	Pag. 7
CAPITOLO 3: Campioni e metodi analitici	Pag. 8
3.1 Descrizione campioni	Pag. 8
3.2 Metodi analitici	Pag. 12
3.2.1 Preparazione pasticche	Pag. 12
3.2.2 Perdita al fuoco (LOI)	Pag. 12
3.2.3 Analisi XRF (X-Ray Fluorescence)	Pag. 13
CAPITOLO 4: Risultati e discussione	Pag. 14
4.1. Risultati analisi	Pag. 14
4.2 GLOSS (Global Subducting Sediment)	Pag. 18
4.3. Cut-off values	Pag. 20
CAPITOLO 5: Conclusioni	Pag. 21
APPENDICE 1: Funzionamento XRF	Pag. 22
APPENDICE 2: Grafici composizionali	Pag. 23
2.1: Gallio (Ga)	Pag. 23
2.2: Neodimio (Nd)	Pag. 25
2.3: Cromo (Cr)	Pag. 27

2.4: Cobalto (Co)	Pag. 29
2.5: Lantanio (La)	Pag. 31
2.6: Cerio (Ce)	Pag. 33
2.7: Niobio (Nb)	Pag. 35
2.8 Samario (Sm)	Pag. 37
2.9 Rame (Cu)	Pag. 39
APPENDICE 3: Analisi chimiche confrontate con i valori di GLOSS e cut-off	Pag. 41
BIBLIOGRAFIA	Pag. 44

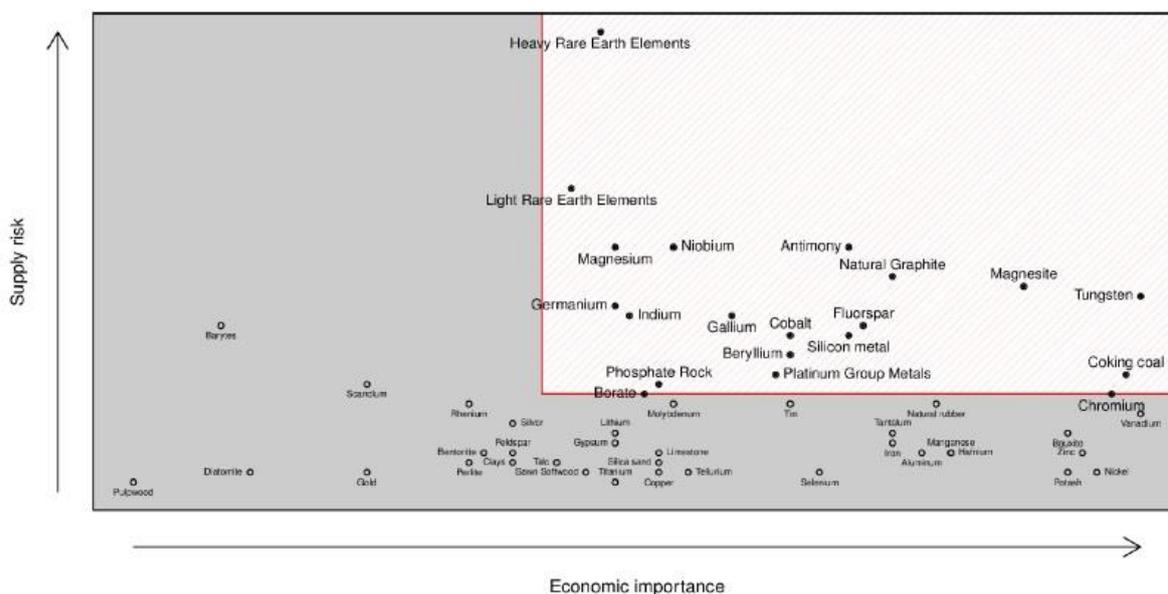
CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

L'obiettivo di questo studio è quello di quantificare il contenuto di elementi "critici" in sedimenti marini provenienti dal Tirreno sud-orientale, gentilmente concessi da ISMAR-CNR u.o.s. Bologna, per valutare eventuali arricchimenti associati a specifiche zone che possono, di conseguenza, essere considerate come una risorsa mineraria.

Per elementi "critici" si intendono elementi metallici e semimetallici sempre più ricercati a causa del loro impiego nelle applicazioni "high-tech", fondamentali per la crescita e il lavoro e essenziali nel mantenere ed incrementare la nostra qualità della vita. Questi materiali hanno un'enorme importanza per l'UE, e sono stati scelti in base al loro valore economico e all'alto rischio di approvvigionamento. A questo fine, nel 2010, la Commissione Europea ha pubblicato un report in cui definisce una lista di elementi critici per l'UE (European Commission, 2014). Da una selezione iniziale di 54 materiali, nel 2014 il campo è stato ristretto a soli 20 (Figura 1.1):

Antimony	Beryllium	Borates	Chromium	Cobalt	Coking coal	Fluorspar
Gallium	Germanium	Indium	Magnesite	Magnesium	Natural Graphite	Niobium
PGMs	Phosphate Rock	REEs (Heavy)	REEs (Light)	Silicon Metal	Tungsten	

Figura 1.1. Lista dei 20 materiali definiti "critici" dalla Commissione Europea. *Report on Critical raw materials for the EU, 2014*. In basso: i 54 materiali candidati in base al rischio di approvvigionamento e all'importanza economica. Nel riquadro rosso sono indicati i 20 "critical raw materials".



Ad oggi, il maggior produttore mondiale di elementi critici è la Cina che possiede 1/3 dei giacimenti totali finora conosciuti. Un altro terzo comprende i giacimenti di USA e Australia, mentre la restante parte è distribuita tra vari paesi del mondo (Figura 1.2). Il rifornimento di elementi critici da parte dell'UE ammonta a circa il 9% e da qui la necessità di trovare nuove fonti da cui estrarre queste materie.

La motivazione di questo lavoro è ispirata ad un recente studio di Kato *et al.* (2011), nel quale si evidenzia come esistano vaste aree sul fondale dell'Oceano Pacifico, i cui fanghi mostrano arricchimenti in REY (Terre Rare e Ittrio). Gli autori hanno individuato come

potenziali fonti di REY i sedimenti di fondo marino con concentrazioni superiori a 400 ppm (inteso come somma di REY), suggerendo la presenza di depositi dalla notevole estensione areale. Dopo aver analizzato la composizione chimica di oltre 2000 sedimenti di vario tipo, come argille zeolitiche, pelagiche e sedimenti metalliferi provenienti da diverse zone del Pacifico (Fig. 1.3), sono stati osservati arricchimenti in REY e si stima che un'area di appena 1km² attorno ad uno dei siti possa provvedere ad un quindicesimo del consumo annuale mondiale di questi elementi.

In questa relazione di laurea sono stati analizzati campioni prelevati all'interfaccia acqua-sedimento nel corso di diverse campagne oceanografiche condotte dai ricercatori ISMAR nel Tirreno sud-orientale. Fanghi emipelagici e croste mineralizzate rappresentano le due principali categorie di campioni investigati in questo studio. Lo scopo principale della tesi è quindi aumentare le conoscenze sul contenuto di elementi critici in quest'area, ampiamente conosciuta dal punto di vista della geologia marina.

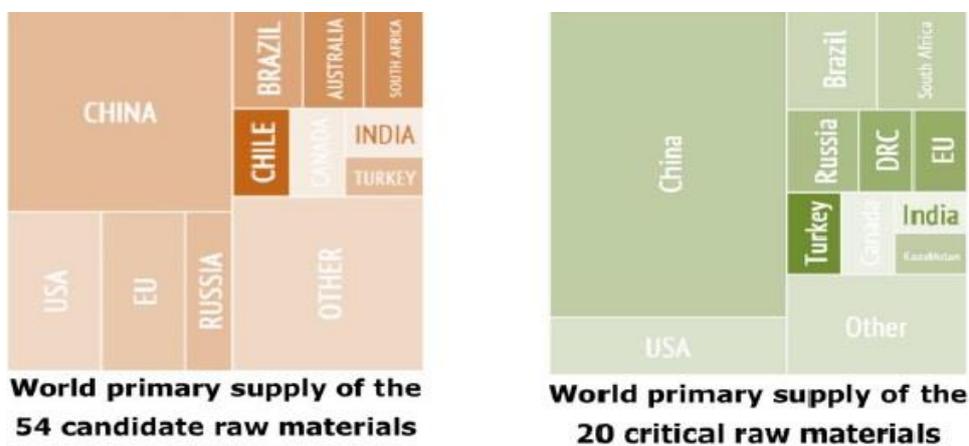


Figura 1.2. Maggiori Paesi produttori dei 54 materiali candidati a sinistra e dei 20 selezionati come “critici” a destra. Si noti come l’approvvigionamento di questi materiali da parte dell’EU sia minimo, soprattutto se ci si riferisce ai 20 “critical raw materials”.

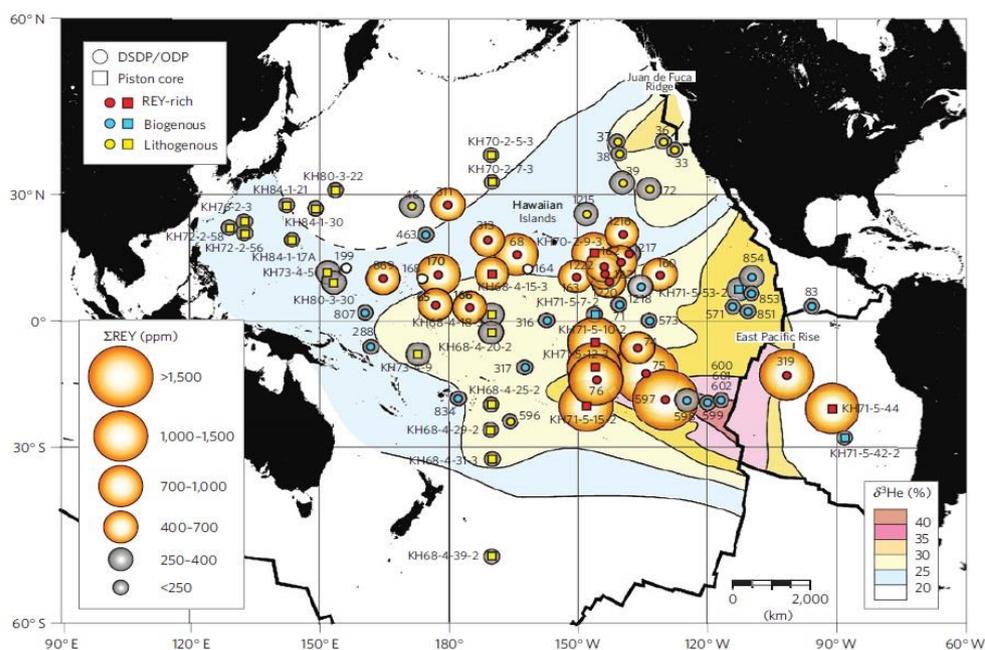


Figura 1.3. Distribuzione dei sedimenti contenenti alte concentrazioni di REY. Fanghi con un contenuto di Σ REY > 400 ppm vengono considerati come potenziale risorsa.

CAPITOLO 2: INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1. AREA DI STUDIO E PROVENIENZA CAMPIONI

Gli 11 campioni analizzati sono stati prelevati dall'ISMAR in varie crociere nell'area del Tirreno sud-orientale nella zona compresa tra il Bacino del Marsili e la costa calabra (Fig. 2.1)

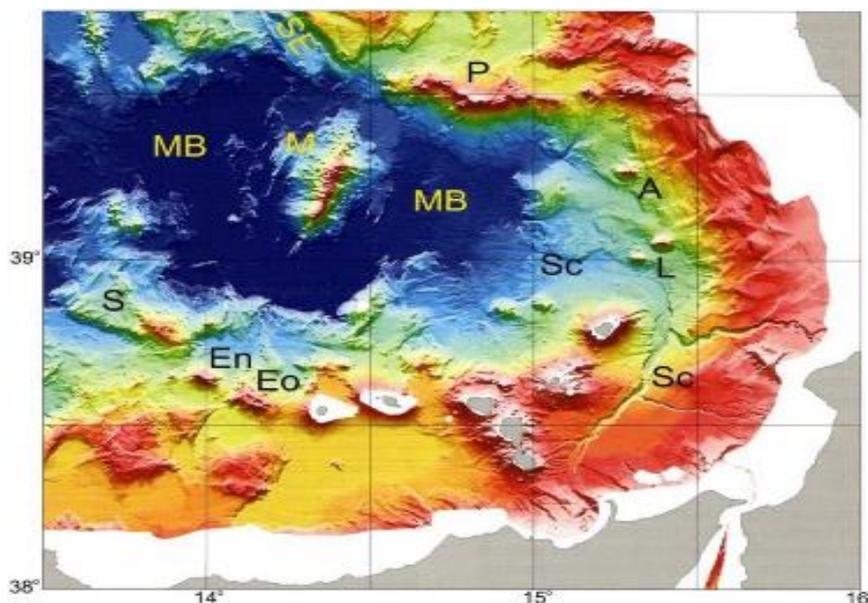


Figura 2.1. Il bacino tirrenico meridionale. Le sigle indicano: il complesso vulcanico di Palinuro (P); il vulcano sottomarino Marsili (M); il bacino del Marsili (MB); i vulcani sottomarini di Sisifo (S), Enarete (EN), Eolo (EO); Stromboli canyon (Sc); Lametini (L) e Alcione (A)

2.2. GEOLOGIA DEL TIRRENO

Il Tirreno è un bacino che si forma a partire dal Miocene medio, circa 21Ma, nella fase post-collisionale dell'orogene alpino. Nell'Acquitano si apre il bacino Ligure-Provenzale a seguito della rotazione in senso anti-orario del blocco sardo-corso dal margine europeo (Fig.2.2). Il rifting "vero e proprio" del Tirreno è datato a circa 8 Ma, dopo la messa in posto del blocco sardo-corso e la migrazione della microplacca calabra verso SE a causa del processo di *roll-back* del margine subduttivo ionico. Due importanti bacini si aprono durante la migrazione verso SE: il bacino del Vavilov (4,3-2,6 Ma) e quello del Marsili (2 Ma). (Kastens *et al*, 1990).

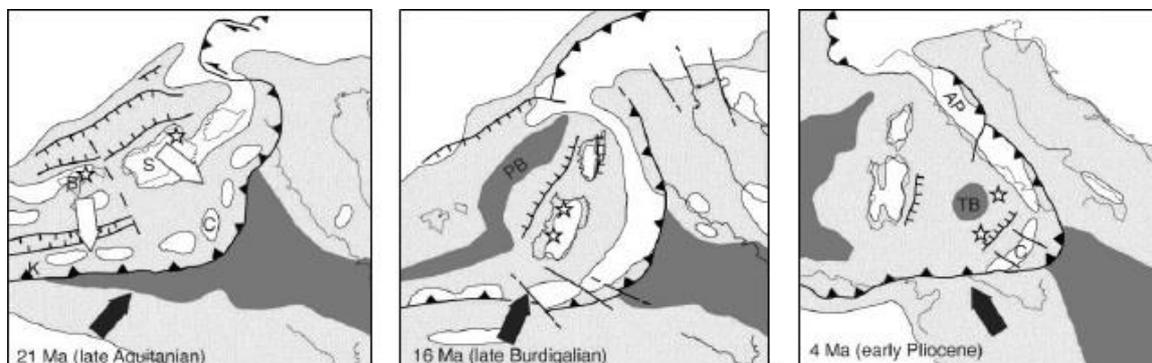


Figura 2.2. Schemi che mostrano l'arretramento della zona di subduzione dal margine europeo, l'apertura del bacino ligure-provenzale e la rotazione del blocco sardo-corso, fino all'apertura del Tirreno. Le zone più scure indicano una crosta di tipo oceanica. Le lettere indicano: S: blocco sardo-corso; C: blocco calabro; K: kabilidi; PB: bacino ligure-provenzale; AP: appennini; TB: bacino tirrenico. Da Cavazza & Wezel (2003).

Il vulcanismo nella zona tirrenica è legato alla subduzione in atto lungo il margine continentale calabro sul margine ionico di tipo oceanico. I prodotti sono quelli di un bacino di retroarco e il chimismo è di tipo calc-alcino, tipico delle zone di subduzione. La posizione dei vulcani può essere interpretata come la progressiva migrazione del fronte subduttivo verso SE, fino alla zona dell'Arco Eoliano (Trua et al. 2004).

L'Arco Eoliano consiste di sette isole e vari vulcani sottomarini ad ovest e nord-est dell'Arco emerso. Dati cronologici hanno stabilito che l'attività magmatica è iniziata nel Quaternario (1-1,3 Ma) (Beccaluva et al, 1985).

2.2.1 VULCANISMO SOTTOMARINO NELLA ZONA NORD-ORIENTALE DELL'ARCO EOLIANO

Situati nella zona della scarpata calabra, troviamo diversi vulcani, delimitati a Nord dal complesso vulcanico di Palinuro e a Ovest dal Marsili (Figura 2.2).

Il complesso di Palinuro è costituito da prodotti basaltici e basaltico-andesitici, datati 0,35 Ma (Beccaluva et al, 1985). Si estende per 75 km in direzione E-W. È situato tra il piede della scarpata calabra, a 2000 m di profondità, e il bacino del Marsili. Lungo il complesso sono stati individuati otto vulcani, la cui base è unita a formare una sporgenza continua. La morfologia complessiva viene ricollegata a quella di un collasso gravitazionale associato ad un evento di *caldera-forming* di un edificio vulcanico pre-esistente, seguito dalla formazione di duomi risorgenti (Marani & Gamberi, 2004).

Il vulcano Marsili si erge per 3000 m dal bacino omonimo, fino ad una profondità massima di 489 m. Si estende per 60 km in direzione NNE-SSW ed è corredato da numerosi *seamount* sul fianco dell'edificio (Marani & Gamberi, 2004). L'edificio vulcanico è composto di rocce della serie calc-alcina, che variano da basalti a trachi-andesiti, datati tra 0,7 e 0,1 Ma (Trua et al, 2004).

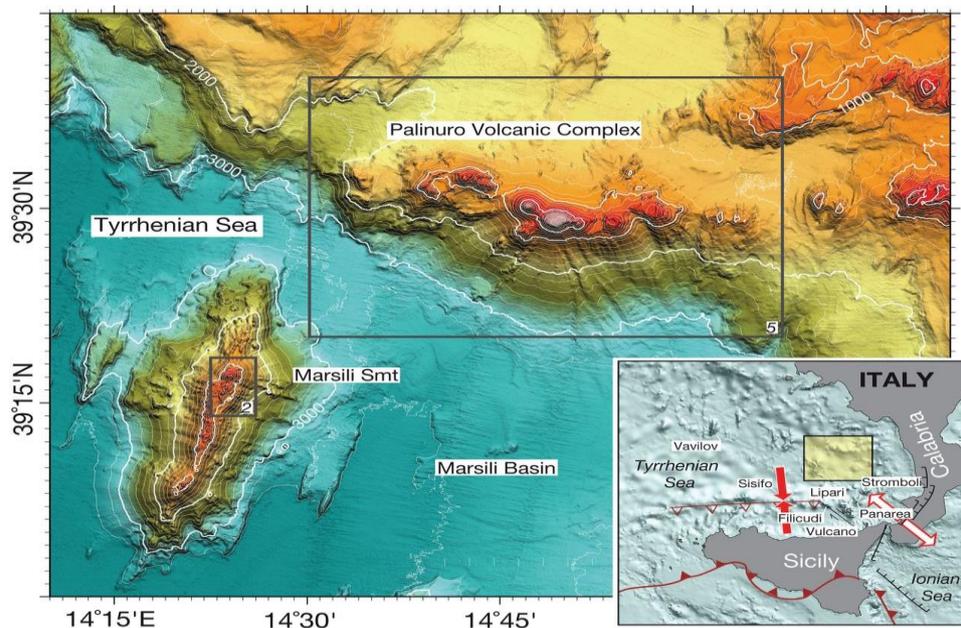


Figura 2.3 Nel riquadro: il complesso vulcanico di Palinuro (PVC). Più in basso è presente il Marsili con il suo bacino. Nel riquadro in basso a destra vengono mostrati i principali lineamenti tettonici. Immagine presa da (Ligi et al. 2014)

2.2.2 VULCANISMO SOTTOMARINO NELLA ZONA OCCIDENTALE DELL'ARCO EOLIANO

Localizzati nella zona sommersa dell'Arco Eoliano occidentale all'interno del bacino di Cefalù, i vulcani sottomarini di Eolo, Enarete e Sisifo sono allineati in direzione NW-SE (Figura 2.3).

- Eolo è localizzato 20 km ad Ovest dell'isola di Alicudi. È caratterizzato da fianchi irregolari e sommità piatta, raggiunge gli 800m di altezza dalla base del *seafloor* ed è allungato in direzione NW-SE (Marani & Gamberi, 2004). I prodotti includono basalti, daciti e rioliti, datati tra 0,85-0,77 Ma (Beccaluva *et al*, 1985).
- Enarete si trova 10 km a NW di Eolo, ha la morfologia di un cono "perfetto", leggermente allungato verso NW-SE. Raggiunge i 1700 m di altezza dalla base del *seafloor* (Marani & Gamberi, 2004). I prodotti, di tipo basaltico, sono stati datati 0,78-0.67 Ma (Beccaluva *et al*, 1985).
- Sisifo, con la sua complessa e irregolare morfologia, si estende per 40km, in direzione WNW-ESE ed è localizzato a NW di Enarete. Costituito da basalti e trachiti datati 1,3-0.9 Ma, costituisce l'edificio più antico dell'Arco (Marani & Gamberi, 2004).

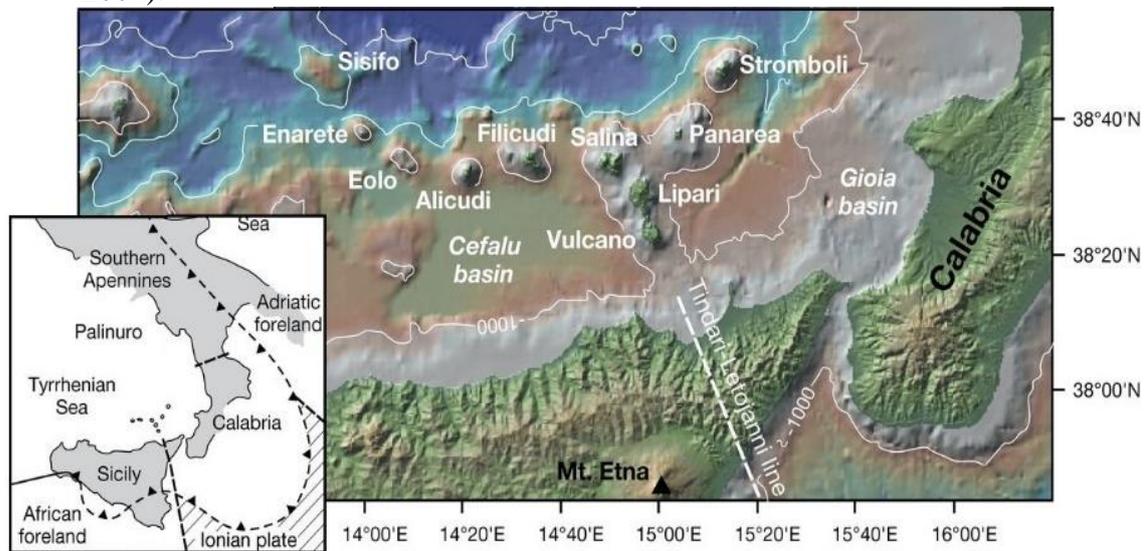


Figura 2.4 Il settore occidentale dell'Arco Eoliano e il settore centrale. L'immagine è corredata dell'isobata dei 1000m. Nel riquadro a sinistra la posizione geografica dell'Arco e i lineamenti tettonici principali. (Petersen S., et al., 2014)

CAPITOLO 3: CAMPIONI E METODI ANALITICI

3.1 DESCRIZIONE CAMPIONI

Gli 11 campioni considerati provengono da carotaggi a gravità e dragaggi, prelevati all'interfaccia acqua-sedimento (Figura 3.1). Sono composti principalmente da croste polimetalliche compatte o variamente fratturate e da fanghi sciolti. Questi ultimi, caratterizzati da granulometria argillosa-siltosa, spesso contengono inclusi cristallini e/o bioclasti. Di seguito viene riportata la descrizione visiva di ogni campione.

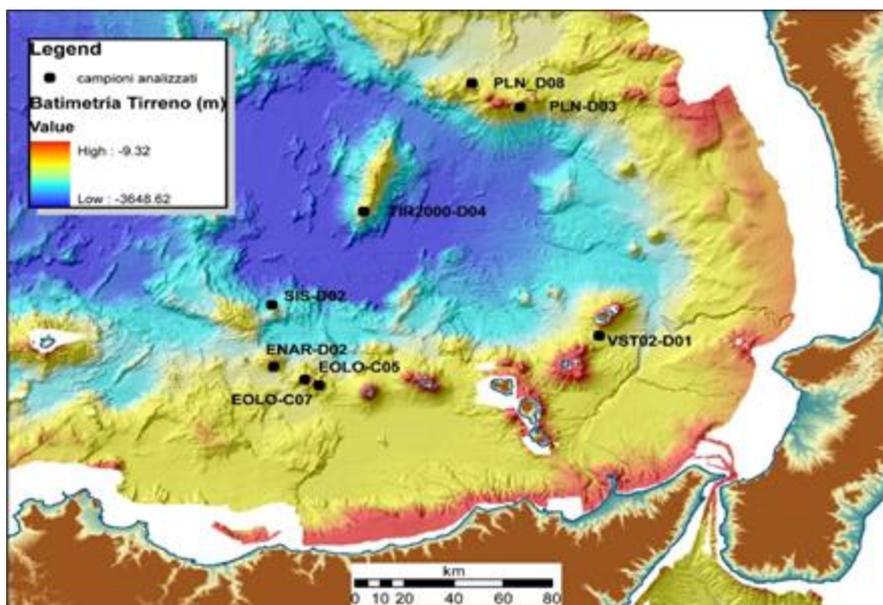


Figura 3.1. Carta del Tirreno meridionale con indicata la batimetria dell'area. I punti indicano le zone di prelievo dei campioni.

TIR2000 D017A

Sedimento limoso di colore marrone chiaro (Fig.3.2a). Sono presenti porzioni compattate dovute all'umidità del campione.

TIR2000 TIR004A:

Fango di colore marrone chiaro, compatto, umido (Fig. 3.2b). Sono presenti frammenti di clasti di colore nero di dimensioni da 1 a 5 mm. Sono presenti bioclasti di dimensioni fino a 5 mm e particelle rossastre di dimensioni fino a 1 mm.



Fig. 3.2 a) campione TIR2000D017A; b) campione TIR2000 TIR004A

VST02 D01A

Fango limoso di colore marrone chiaro con frammenti nerastri di dimensioni comprese tra 1 e 15 mm (Fig. 3.3). Bioclasti di dimensioni fino a 2 mm. Presenza di particelle di colore rosso-arancione con lucentezza opaca, dimensioni max 2 mm.



Fig. 3.3: campione VST02D01A, con frammenti conchigliari e clasti di colore nero.

PLN08 C1A

Crosta di colore marrone scuro con porzioni biancastre (Fig. 3.4a). La superficie esterna appare globosa e ricoperta di filamenti biancastri, con particelle di sedimento cementate sopra, bianche, grigie e nere di dimensioni inferiori al mm. Dal taglio basale, è possibile notare che all'interno della porzione scura, sono presenti livelli con alternanze di materiale di colore marrone scuro e chiaro, entrambi opachi, intervallati da sottili lamine del materiale bianco. La porzione bianca appare meno consolidata di quella scura, "farinosa" al tatto.

PLN08C1B

Crosta di colore marrone scuro (Fig. 3.4b). La porzione esterna è fratturata, con filamenti e patine biancastre sparse sul campione. All'interno il campione è uniforme, con sottile laminazione.

PLN08C2

Crosta di colore scuro, costituita da porzioni di colore nero e porzioni alterate superficialmente di colore arancione (Fig. 3.4c). Lungo la zona sezionata, si nota una disposizione a bande di colore nero, arancione e rosso scuro. La porzione nera è massiva, dove invece sono presenti le alterazioni la crosta è ampiamente fratturata e facilmente disgregabile. All'esterno sono presenti: bande di colore grigio, dalla lucentezza metallica, che proseguono all'interno del campione e una patina di colore giallo.

PLN03A

Crosta con tonalità di grigio, giallo e marrone scuro (Fig. 3.4d). La porzione grigia presenta agglomerati di dimensioni fino ai 15 mm. Tra i vari agglomerati grigi sono presenti patine e porzioni gialle costituite da particelle più grossolane e poco consolidate, dall'aspetto

“farinoso”, con livelli di alterazione di colore rossastro. La porzione marrone scura è scarsamente consolidata e presente solo all'esterno del campione.



Fig.3.4. (a) PLN08C1A, (b) PLN08C1B, (c) PLN08C2, (d) PLN03A: croste mineralizzate polimetalliche di colore scuro.

EOLO07 TOP

Fango argilloso di colore grigio-marrone chiaro, umido, compatto (Fig. 3.5a). Presenza di frammenti di conchiglie, di dimensioni massime 4 mm.

EOLO 05 TOP

Fango argilloso di colore marrone chiaro, ben compattato (Fig. 3.5b). All'interno sono visibili frammenti di conchiglie di dimensioni fino a 2 mm.



Fig.3.5a EOLO07TOP; 3.5b EOLO05TOP, fanghi argillosi ricchi di frammenti conchigliari.

SIS 02 (4)

Sedimento sabbioso-ghiaioso di colore nero e marrone, con ciottoli sub-angolari di dimensioni fino a 20 mm (Fig. 3.6). La componente nera ha una lucentezza metallica. La componente marrone ha un aspetto “terroso”, opaco, facilmente sfaldabile. Su entrambe le componenti sono presenti chiazze e bande bianche, facilmente sfaldabili, opache.



Fig 3.6

Fig.3.6. SIS02 (4): crosta mineralizzata ferro-manganesifera.

ENAR 02 B1

Crosta “bandata” di colore arancione-rosso e lenti bianche (Fig. 3.7). All’esterno sono presenti “filamenti” bianchi e superfici alterate di colore arancione e rosso. All’interno le bande seguono un andamento caotico ed alternano livelli arancioni a livelli rossi. Tra le bande sono presenti lenti di materiale bianco carbonatico consolidato, con diverse vescicole.



Fig 3.7

Fig.3.7 ENAR 02 B1: crosta ferrifera con porzioni bianche costituite da carbonati.

3.2 METODI ANALITICI

3.2.1 Preparazione pasticche

Per poter procedere con le analisi della composizione chimica dei campioni sono state preparate delle pasticche di polvere pressata.

La preparazione delle pasticche è stata svolta secondo la seguente procedura:

- Pesatura del campione in condizioni umide;
- Essiccazione in forno a temperatura costante ($T=40^{\circ}\text{C}$) per 48 ore;
- Pesatura del campione essiccato;
- Macinatura di ciascun campione, effettuata prima con un mulino ad agata (Figura 3.8a), per 5 minuti, in seguito manualmente, con un mortaio ad agata, al fine di ottenere una polvere impalpabile (granulometria minore di $40\ \mu\text{m}$).
- Lavaggio di 10 g del materiale macinato con acqua distillata (con rapporto solido liquido pari a 1:10) tramite centrifuga (5min a 3200 rpm; Figura 3.8b), per eliminare l'eccesso di sodio e cloro presenti, a causa della provenienza marina. Il numero di cicli di risciacquo, è stato determinato sperimentalmente, facendo reagire l'acqua proveniente da ogni ciclo (contenente quindi NaCl in soluzione) con 10 ml di nitrato d'argento (AgNO_3) a concentrazione 1M. La reazione tra NaCl e AgNO_3 genera cloruro d'argento (AgCl), un composto di colore biancastro che, data la sua scarsa solubilità, precipita rendendo l'acqua torbida. Valutando qualitativamente il grado di trasparenza dell'acqua dopo i risciacqui, è stato stabilito che ne fossero sufficienti 15 per ottenere campioni privi di eccessi di Na e Cl;
- Essiccazione del materiale risciacquato a $T=40^{\circ}\text{C}$ in forno;
- Produzione della pasticca, costituita da 3 g di materiale risciacquato e 10 g di acido borico (H_3BO_3) come supporto; il materiale è stato compattato alla pressione di 20 kPa, per mezzo di una pressa idraulica manuale. In questo modo si sono ottenute pasticche di 40 mm di diametro, utilizzate per le analisi XRF.



Fig. 3.8a: mulino con equipaggio di macinazione ad agata; 3.8b: centrifuga.

3.2.2 Perdita al fuoco (LOI)

Il valore della LOI (*loss on ignition*), parametro essenziale per la correzione dei risultati analitici, esprime la percentuale in peso di componenti come H_2O , CO_2 , e materia organica perse tramite riscaldamento a 950°C dei campioni in un forno. Il risultato di tale prova è espresso come una percentuale in peso. La procedura si compone dei seguenti passaggi:

- Pesatura tramite bilancia analitica del crogiuolo di platino vuoto. Si usa il platino in quanto è un elemento scarsamente reattivo e caratterizzato da elevato punto di fusione;
- Introduzione di 0.7g di materiale nel crogiuolo;
- Inserimento dei campioni nel forno a $T=950^{\circ}\text{C}$ per almeno 12 ore e pesatura del campione all'interno del crogiuolo previo raffreddamento in essiccatore;
- Calcolo della percentuale in peso persa, LOI (%), tramite la formula:

$$LOI(\%) = 100 * \frac{[(T+P_{in}) - (T+P_{fin})]}{P_{in}}$$
dove T è la tara del crogiuolo di platino, P_{in} è il peso iniziale del campione, P_{fin} è il peso del campione dopo il trattamento termico.

3.2.3 Analisi XRF (X-Ray Fluorescence)

Questo tipo di analisi permette di determinare la composizione chimica dei campioni, analizzando la radiazione di fluorescenza X emessa dagli atomi che li compongono, in seguito alla loro eccitazione dovuta ad un fascio di raggi X prodotto da una sorgente (Brouwer, 2010). Le analisi sono state effettuate con uno spettrometro XRF Axios-Panalytical in dotazione presso il dipartimento BiGeA dell'Università di Bologna. Si sono quindi ottenute le concentrazioni sia degli elementi maggiori (esprese in wt%), che degli elementi in traccia (esprese in ppm).

L'accuratezza delle misure, determinata sulla base di analisi di materiali di riferimento certificati, è generalmente all'interno dell'intervallo dei valori riportati sul database GeoREM (<http://georem.mpch-mainz.gwdg.de/>). La precisione analitica, calcolata sulla base di analisi ripetute di materiali standard certificati è, per gli elementi maggiori, migliore del 4 % tranne che per il MgO (8 %) e P₂O₅ (7 %). Per quanto riguarda gli elementi in traccia, la precisione è migliore del 14 % per la maggior parte degli elementi misurati. Tra gli elementi critici, solo il W e lo Sc sono misurati con scarsa precisione, rispettivamente del 34% e del 53%, a causa della mancanza di standard adeguati.



Fig. 3.9. (a) spettrometro WDXRF Axios-Panalytical; (b) pasticche utilizzate per le analisi: la polvere è sul retro.

CAPITOLO 4: RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1. Risultati

Oltre agli 11 campioni analizzati durante questo lavoro, sono state prese in considerazione anche le composizioni chimiche di altri 60 campioni, provenienti da diverse zone del Tirreno meridionale e analizzati nel corso delle tesi di laurea di Arigliano (2014), Rota (2014) e Torcolacci (2014). Ciò al fine di avere un'informazione più completa sulla zona. Per tutti i campioni sono state svolte lo stesso tipo di analisi tramite lo stesso spettrometro XRF. I risultati sono in seguito confrontati con i valori medi dei fanghi delle zone di subduzione (Plank & Langmuir 1998; Plank 2014) per ottenere informazioni preliminari sulla loro origine e con valori di soglia usati nell'industria mineraria.

Tabella 4.1. Concentrazione degli elementi maggiori (espressa in percentuale in peso) e in traccia (espressi in ppm) dei campioni di sedimenti marini

#sigla	tipo	SiO2 wt%	TiO2 wt%	Al2O3 wt%	Fe2O3 wt%	MnO wt%	MgO wt%	CaO wt%	Na2O wt%	K2O wt%	P2O5 wt%	LOI wt%	totale wt%
T MICA-FE	standard	34,0	2,5	19,6	25,0	0,35	4,6	0,4	0,3	8,6	0,51		95,8
T TB	standard	60,7	0,9	20,8	6,8	0,05	1,7	0,2	1,3	4,2	0,09		96,7
T SIS03D	fango bianco	28,2	0,3	6,8	2,5	0,05	2,4	38,3	0,5	1,6	0,19	17,1	98,0
T MRS10A	fango rosso croste nere	22,1	0,3	2,1	30,7	16,7	1,9	3,0	0,9	1,1	0,49	11,4	90,6
T GBL02B	fango grigio, frammenti conchigliari	49,1	0,6	14,0	5,1	0,07	3,7	18,6	1,1	2,7	0,17	10,7	106
T DS6A	fango marrone	36,1	0,4	9,7	3,2	0,11	3,6	30,7	0,7	2,1	0,19	15,4	102
T EOLO03B	fango marrone, noduli bruno-arancio e croste ne	63,9	0,9	17,5	7,9	0,63	3,6	4,6	1,4	2,4	0,18	4,4	107
T D001A	fango nocciola	42,6	0,5	11,9	4,3	0,11	3,8	25,0	0,8	2,2	0,21	12,7	104
T GBL01A	fango nocciola	46,1	0,6	13,7	5,1	0,14	3,9	20,6	0,9	2,5	0,2	10,9	105
T SIS04 TOP	fango nocciola	43,7	0,5	11,7	4,1	0,11	3,4	25,7	0,7	2,1	0,19	13,9	106
T MRS09A	fango nocciola, croste bruno-nere	39,8	0,6	10,6	6,3	1,6	4,1	19,9	1,4	2,0	0,25	11,4	97,9
T PLN06B1	fango grigio, frammenti conchigliari	45,2	0,5	12,9	4,0	0,07	3,7	23,9	0,8	2,8	0,16	11,9	106
T EOLO02C	fango arancio, noduli rossicci	62,0	1,0	16,3	15,3	0,11	2,9	1,4	1,0	2,7	0,24	9,8	113
T D016A	fango grigio, croste nere e bruno-arancio	47,4	0,6	14,7	5,3	0,12	3,6	17,1	2,1	2,7	0,22	9,5	103
T D008A	fango marrone	47,8	0,7	14,2	5,3	0,13	3,6	19,1	1,1	2,1	0,19	10,5	105
T 47B	fango nocciola, noduletti neri	28,6	0,3	6,5	2,0	0,63	2,8	40,0	0,4	1,6	0,22	20,6	104
T D015F	fango nocciola, noduli e croste nere	23,0	0,6	6,9	6,0	0,19	4,9	21,9	1,0	1,1	0,25	12,5	78,3
T D009A	fango marrone, frammenti conchigliari	46,8	0,6	14,0	5,3	0,15	3,6	20,2	0,8	2,3	0,2	12,4	106
T D023C	fango nocciola, noduli neri e arancio	41,6	0,8	13,0	6,6	0,15	4,2	21,1	1,0	1,8	0,22	12,3	103
T PLN03E	fango nocciola, noduli neri	42,4	0,5	11,5	5,4	0,7	4,0	23,7	0,9	2,3	0,2	14,7	106
T D010A	fango nocciola	44,8	0,5	12,3	4,4	0,18	3,3	25,0	0,6	2,3	0,18	15,2	109
T SIS04B	fango nocciola, frammenti conchigliari	44,3	0,5	11,1	3,9	0,05	3,4	24,7	1,8	2,2	0,16	14,2	106
R GC33-RIF		45,5	0,8	15,2	6,0	0,17	3,3	8,4	1,5	2,9	0,17	16,2	100
R BC28-0		43,0	0,7	13,8	5,1	0,16	3,3	12,6	1,4	2,7	0,18	17,2	100
R BC27-1		50,4	1,0	15,6	13,9	0,21	2,6	0,9	1,6	2,8	0,2	10,9	100
R BC10-1		51,1	1,1	15,6	12,8	0,2	2,6	0,9	1,8	2,8	0,29	10,9	100
R BC26-0		51,0	0,9	16,5	5,8	0,13	3,0	5,7	1,6	3,0	0,16	12,2	100
R BC25-0		53,4	1,1	18,0	8,3	0,26	3,2	1,0	2,2	3,3	0,24	8,9	100
R BC23-1		47,2	1,0	14,4	15,4	0,1	2,2	0,9	1,7	2,7	0,24	14,0	100
R BC21-0		35,7	0,5	11,5	3,6	0,06	4,3	18,3	1,3	2,3	0,24	22,2	100
R BC08-1		50,2	1,0	16,6	9,8	0,14	2,7	1,7	2,5	2,7	0,46	12,3	100
R BC07-1		45,2	1,0	14,0	17,1	0,07	2,1	0,7	1,5	2,6	0,34	15,4	100
R BC06-1		48,8	0,9	15,4	8,1	0,25	2,9	5,2	1,8	2,8	0,32	13,7	100
R BC05-2		46,5	1,0	14,7	16,7	0,13	2,1	0,7	1,5	2,7	0,29	13,6	100
R BC05-1		45,7	0,9	19,1	7,3	0,28	2,1	2,5	3,8	2,4	0,39	15,5	100
R BC04-1B		52,7	1,1	17,8	7,9	0,65	2,9	0,8	3,9	3,2	0,2	8,8	100
R BC04-1A		43,8	1,0	16,8	11,3	0,27	1,9	1,8	3,3	2,2	1,22	16,4	100
R BC04-0		55,9	1,0	17,5	7,5	1,07	2,6	0,8	2,0	3,2	0,21	8,1	100
R BC03-1		45,6	0,8	14,1	5,5	0,53	3,0	9,8	1,5	2,8	0,19	16,4	100
R BC02-1		58,9	1,2	19,4	4,6	0,04	2,5	1,1	2,0	3,2	0,29	6,7	100
R BC01-1		46,8	1,0	14,6	16,7	0,21	2,1	0,7	1,4	2,8	0,59	13,1	100
R BC01-0		54,2	1,2	18,8	8,2	0,24	3,0	0,8	1,7	3,3	0,19	8,5	100
R BC01-1 50ML		46,5	1,0	14,6	16,8	0,2	2,2	0,7	1,6	2,8	0,62	13,0	100
R BC01-0prova		55,1	1,2	18,7	8,1	0,23	3,0	0,8	1,8	3,3	0,19	7,7	100
A BC02-0		52,6	1,1	17,4	8,2	0,07	2,6	0,9	1,4	3,1	0,32	12,5	100
A BC03-0		44,1	0,7	14,3	5,5	0,23	3,0	9,4	1,1	2,7	0,17	19,4	101
A BC05-0		52,8	1,1	18,2	8,0	0,24	3,0	0,9	1,4	3,2	0,20	11,1	100
A BC06-0		45,6	0,8	15,0	5,9	0,17	3,0	8,4	1,3	2,8	0,18	17,0	100
A BC07-0		51,8	1,1	17,6	7,6	0,21	3,2	0,9	2,5	3,1	0,18	12,3	100
A BC08-0		51,7	1,0	17,3	7,5	0,25	3,3	2,1	2,3	3,0	0,18	11,5	100
A BC09-0		43,8	0,7	14,2	5,6	0,16	3,0	9,6	1,4	2,7	0,17	18,7	100
A BC10-0		47,3	0,9	15,6	6,9	0,19	3,0	3,1	6,0	2,8	0,16	14,4	100
A BC11-0		43,8	0,7	14,2	5,4	0,15	3,2	10,1	1,2	2,8	0,17	18,8	100
A BC12-0		44,1	0,7	14,2	5,4	0,15	3,2	9,7	1,2	2,8	0,17	19,0	101
A BC13-0		44,7	0,8	15,0	5,8	0,15	3,4	9,1	1,8	2,9	0,16	16,0	99,8
A BC14-0		45,9	0,8	15,3	6,0	0,24	3,1	8,7	1,1	2,9	0,18	15,8	100
A BC17-0		44,7	0,8	14,8	5,7	0,16	3,1	8,9	1,3	2,8	0,18	17,8	100
A BC18-0		45,3	0,8	14,8	5,8	0,14	3,2	8,3	1,8	2,8	0,17	17,0	100
A BC19-0		46,6	0,8	14,9	5,9	0,23	3,3	8,5	1,1	2,9	0,17	15,8	100
A BC20-0		45,6	0,8	15,5	6,2	0,18	3,2	7,4	1,2	3,0	0,17	17,1	100
A BC22-0		35,9	0,7	11,7	5,7	0,16	2,4	7,6	19,2	2,5	0,15	14,1	100
A BC23-0		53,6	1,1	17,5	7,7	0,71	3,0	1,5	1,9	3,1	0,21	9,8	99,9
A BC24-0		42,6	0,7	13,6	5,0	0,16	3,1	11,9	1,2	2,6	0,20	19,4	100
A BC27-0		50,2	1,0	17,0	7,1	0,30	3,3	4,4	1,3	3,1	0,18	12,2	100
M PLN03A	crosta giallo-grigia	48,9	0,3	4,0	24,5	9,5	3,2	1,3	0,9	3,0	0,1	16,1	112
M PLN08C1A	Crosta marrone scuro	15,9	0,3	3,8	0,5	31,1	4,8	14,0	0,6	1,6	0,14	26,2	98,9
M PLN08C1B	Crosta marrone scuro	10,9	0,2	2,4	-1,6	55,4	2,8	1,1	0,8	2,3	0,09	19,9	94,3
M PLN08C2	Crosta marrone scuro	24,3	0,1	0,9	42,4	11,0	1,5	0,4	0,6	1,1	0,43	17,9	101
M EOLO05TOP	Fango marrone	43,3	0,6	9,5	3,7	0,11	2,8	26,9	0,5	1,7	0,18	25,4	115
M EOLO07TOP	Fango marrone	45,0	0,5	9,3	3,2	0,07	2,3	27,9	0,6	1,7	0,16	25,0	116
M ENAR02B1	Crosta marrone + carbonati	5,6	0,1	0,5	10,4	0,25	3,3	37,8	0,2	0,1	0,36	38,8	97,3
M VST02D01A	Fango con noduli neri e conchiglie	51,4	0,7	14,8	6,2	0,14	3,4	13,7	1,3	2,5	0,22	8,4	103
M SIS02(4)	Crosta nera frammentata	3,8	0,1	0,9	-2,0	51,7	2,2	8,1	1,0	0,7	0,07	28,2	94,6
M TIR2000D017A	Fango marrone	50,4	0,8	15,1	5,9	0,21	3,9	14,9	0,9	2,3	0,14	15,4	110
M TIR2000TIR004A	Fango con noduli neri e frammenti di conchiglie	38,7	0,5	9,1	3,5	1,61	3,4	26,7	0,7	1,9	0,2	24,9	111
M JG-1A	standard	72,4	0,3	14,4	2,2	0,06	1,1	2,4	3,1	4,1	0,08		

#sigla	tipo	As	Ba	Br	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Ga	Ge	Hf	La	Mo	Nb	Nd
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
T MICA-FE	standard	<2	258	0,7	302	620	19,3	107	180	0,6	95,1	2,8	38,4	174	<2	276	286
T TB	standard	6,8	969	0,3	104	88,4	22,2	114	9,6	47,3	25,9	2,5	3,9	72	<2	19,8	42,4
T SIS03D	fango bianco	16	449	4,9	31	1737	4,1	51,2	<2	26,5	10,4	<2	5,4	22,1	<2	8,0	16,9
T MRS10A	fango rosso croste nere	630	494	10,9	34,7	5718	64,8	83,3	20,5	39,6	3,6	8,9	7	16,3	526	7,8	618
T GBL02B	fango grigio, frammenti conchigliari	15,4	480	8,8	71,1	1613	12,7	86,9	2,7	48,5	17,3	0,8	4,1	36,8	<2	14,8	36,1
T D56A	fango marrone	17,7	478	9,1	50,9	1814	9,8	56,4	2,0	43,5	12,2	0,6	3,3	29,8	<2	14,3	28,1
T EOLO03B	fango marrone, noduli bruno-arancio e croste ne	9,9	378	5,9	86,9	680	23,6	120	6,6	47,3	18,9	1,6	2,2	51,8	4,9	18,4	43,4
T D001A	fango nocciola	17,6	546	7,5	54,8	500	12,8	70,5	6,4	40,9	14,4	1	4,5	35,5	1	13,9	27,5
T GBL01A	fango nocciola	17,9	625	5,8	75,4	575	14,2	75,6	9,7	43,0	16,5	0,9	4,5	41,4	0,4	16,6	28,8
T SIS04 TOP	fango nocciola	18,3	522	9,5	55,9	1395	11,5	82,5	<2	39,0	15,0	1,1	6,2	33,6	0,7	13,4	32,1
T MRS09A	fango nocciola, croste bruno-nere	31,5	986	11,5	86,4	2838	47,9	38	5,9	94,9	13,8	1,2	1,6	42,4	33,4	18,0	65,4
T PLN06B1	fango grigio, frammenti conchigliari	12,2	577	2,9	75,3	458	9,4	56,1	8,6	24,9	14,6	1,2	6,1	47,6	<2	22,7	35,9
T EOLO02C	fango arancio, noduli rossicci	79,9	330	3,4	111	91,3	32,5	112	14,2	37,9	19,8	1,7	3,3	66,1	10	20,2	63,9
T D016A	fango grigio, croste nere e bruno-arancio	18,5	840	10,0	85,8	2655	15,4	54,9	9,0	48,4	15,8	0,7	3,5	50,6	0,6	22,4	38,3
T D008A	fango marrone	14,3	504	7,4	72,9	1331	16,3	67,3	7,9	53,2	16,7	0,7	3,5	46,1	0,7	18,0	32,1
T 47B	fango nocciola, noduletti neri	11,0	601	2,1	34,7	204	18,5	46,7	1,3	47,8	9,2	0,2	2,7	17,8	2,2	7,2	23,1
T D015F	fango nocciola, noduli e croste nere	11,1	719	7,4	42,5	1915	8,1	34,9	4,9	30,9	11,8	1	2,9	25	0,6	13,0	22,6
T D009A	fango marrone, frammenti conchigliari	17,6	422	5,6	73,9	381	16,2	70,4	6,5	55,2	15,7	1,1	3,5	44,6	1,2	16,1	38,5
T D023C	fango nocciola, noduli neri e arancio	44,5	546	6,3	70,7	859	19,4	49,8	3,9	41,2	15,3	0,2	6,6	34,4	<2	15,3	32,7
T PLN03E	fango nocciola, noduli neri	23,5	689	8,1	65,8	1001	13,7	63,5	7,8	33,6	13,8	1,5	1,6	21,7	6,5	14,5	47,6
T D010A	fango nocciola	12,5	463	2,9	55,1	102	14,1	75,1	8,0	54,2	15,5	1,1	4,8	30,8	0,6	13,3	36,3
T SIS04B	fango nocciola, frammenti conchigliari	9,1	462	10,5	52	3666	9,3	67,5	6,0	26,9	13,6	0,6	3,5	33,7	<2	15,4	33,7
R GC33-RIF		21,7	503	13,3	72,1	2064	21,5	115	6,8	45,4	21,4	1,5	6,3	41,5	1,7	16,7	29,8
R BC28-0		21,5	483	12,4	68,8	1618	16,9	99,2	11,9	41,4	19,2	1,2	4,6	34,3	0,3	16,6	37,1
R BC27-1		38,7	411	13,9	110	1387	50,3	105	17,8	43,7	21,9	1,6	4,6	61,3	45,5	20,2	55,2
R BC10-1		52,5	483	25,0	115	3770	48,6	121	11,7	67,4	22,5	1,2	6,5	42	35,5	21,5	43,3
R BC26-0		24,2	429	17,6	95,1	1420	19,7	120	3,2	56,1	22,4	1,4	4,5	34,4	3,7	20,4	32,7
R BC25-0		53,9	504	46,0	117	3570	34,8	148	8,3	68,7	25,1	1,5	7,5	33,6	26	24,1	37,2
R BC23-1		40,6	545	22,2	133	2431	39,7	119	12,2	41,7	21,7	1,2	4,5	45,8	27,8	22,1	57,9
R BC21-0		16,4	380	12,9	59,6	1030	8,8	81,2	7,1	33,8	14,7	1,1	2	20,9	1,4	13,5	27,8
R BC08-1		97,4	594	19,1	121	3479	32,5	96,1	6,7	50,2	21,8	1,4	4,7	41	5,3	27,2	43,4
R BC07-1		139,6	510	37,9	116	3188	32,4	116	4,5	33,9	22,3	1,3	8,4	35,1	33,4	21,8	52,2
R BC06-1		58,3	504	16,5	98,5	1707	30,2	107	7,7	57,9	22,0	1,4	4,9	31,6	3,2	23,6	42,9
R BC05-2		54,1	502	32,9	129	2086	59,2	117	15,2	61,1	22,9	1,3	7,4	35,5	42,5	21,9	54,8
R BC05-1		34,9	828	21,3	120	2900	54,4	71,4	9,9	51,3	21,7	1,2	4,3	39,5	12	35,9	40,9
R BC04-1B		35,5	466	63,0	106	4150	27,5	127	9,2	75,8	25,0	1,4	3,5	33,8	22,1	21,7	47,7
R BC04-1A		86,8	772	29,0	125	3497	29,5	73,6	10,1	28,5	23,2	1,2	4,7	29,1	41,7	35,7	46,9
R BC04-0		39,9	452	49,6	112	2379	24,4	115	3,4	74,1	24,8	1,5	5,2	38,8	30,7	23,4	47,8
R BC03-1		24,1	433	16,4	73,9	1922	19,8	90,3	7,8	52,7	20,4	1,3	7,5	28,1	3,2	17,7	39,7
R BC02-1		52,4	450	30,9	86,8	1150	12,7	141	6,0	87,9	26,6	1,4	3,9	30,7	85,9	28,5	30,7
R BC01-1		44,9	486	38,0	110	1723	36,6	113	24,6	40,8	23,5	1,4	6,6	32,5	41,3	22,2	51,2
R BC01-0		40,3	462	40,6	109	1777	31,7	138	6,4	76,1	25,7	1,5	5,5	35,4	9,7	22,9	39,7
R BC01-1 50ML		43,9	484	43,8	107	2992	36,1	111	22,4	40,4	23,4	1,3	5,2	33,5	41,6	22,2	48,1
R BC01-0prova		37,7	448	41,0	112	1872	30,0	137	9,6	75,1	26,1	1,4	6,8	32,5	9,3	22,3	40,3
A BC02-0		75,5	532	30,2	97,8	562	24,4	137	14,6	67,6	26,6	1,6	6,7	50,7	184	24,4	41,8
A BC03-0		24,5	557	9,3	91,6	313	20,7	96,2	8,8	51,0	21,2	1,5	2,9	46	0,5	18,4	44,6
A BC05-0		36,3	410	15,4	116	599	30,5	132	10,2	66,1	24,9	1,6	4,6	68,4	5,6	21,8	54,7
A BC06-0		24,9	511	12,4	87,9	1095	21,3	104	8,7	52,9	21,3	1,9	3,5	45,6	2,1	18,4	43,1
A BC07-0		38,6	361	41,3	115	6416	30,5	130	10,1	64,7	24,9	1,7	4	66	6	21,3	46,3
A BC08-0		27,8	370	22,7	104	4658	28,7	119	11,0	67,6	24,2	1,8	5	59,4	3	21,3	43,1
A BC09-0		22,7	429	13,3	77,9	2264	20,4	98,1	8,2	51,4	20,3	1,6	4,7	42,9	1	17,9	36,2
A BC10-0		27,3	398	23,4	101	6747	27,6	124	9,6	66,1	23,5	1,55	4,8	56,9	2,3	20,4	45,1
A BC11-0		22,4	610	8,2	77,5	330	19,2	102	6,6	64,2	20,5	1,1	3,8	47,1	-0,1	17,7	41,9
A BC12-0		23,8	459	8,8	75,6	372	18,8	99,6	3,0	43,7	20,6	1,5	2,4	44,4	0	18,5	37,6
A BC13-0		23,9	472	17,8	78,4	3822	20,9	104	10,6	46,1	21,3	0,4	4,5	52,6	0,5	16,9	42,2
A BC14-0		24,3	429	8,7	85,7	325	21,7	104	7,5	51,8	22,1	1,1	5,9	47,1	1,2	18,2	44,8
A BC17-0		22,9	548	11,2	80,6	1179	20,2	101	5,5	50,9	21,2	1,3	3,2	44,2	1,1	17,6	45,6
A BC18-0		22,1	438	18,3	84,1	4104	20,7	97,9	7,8	46,5	21,4	1,3	1,9	46,1	0,5	18,4	40,9
A BC19-0		22,5	451	7,9	87,6	143	21,1	103	1,9	46,2	21,1	1,5	4,2	48,5	2	18,6	44,2
A BC20-0		24,9	463	9,1	82,7	461	23,1	111	8,0	50,8	22,6	1,5	4,8	47,5	1,4	18,1	54,3
A BC22-0		25,3	399	20,0	78,9	20276	20,1	97,1	8,4	50,8	21,1	1,4	5,1	47,3	1,8	17,1	42,4
A BC23-0		33,6	444	14,9	120	1239	31,3	121	11,3	59,3	23,2	1,9	4,5	69,8	10,5	23,5	75,4
A BC24-0		22,2	614	7,2	81,6	347	17,4	94,2	9,3	43,6	18,8	1	2,7	41,3	0,2	17,8	42,4
A BC27-0		28,4	471	11,4	108	435	29,2	128	10,6	63,6	24,0	1,3	4,7	52,4	3,2	20,0	49,3
M PLN03A	crosta giallo-grigia	133	562	2,9	296	141	10,4	29,8	15,3	16,6	5,1	2,7	6,3	81,4	131	8,1	271
M PLN08C1A	Crosta marrone scuro	113	16987	-2,4	938	669	58,7	32,3	15,9	272	7,8	0,2	1,3	267	269	13,6	901
M PLN08C1B	Crosta marrone scuro	315	37976	-2,7	2411	1184	39,7	24,3	27,8	48,2	0,5	-0,4	-9,4	688	582	9,9	2384
M PLN08C2	Crosta marrone scuro	1305	1677	4,7	565	385	143	30,1	48,6	194	1,6	0,9	9,8	176	205	6,8	520,1
M EOLO05TOP	Fango marrone	17,4	270	6,7	64,5	61,5	9,6	62	1,4	41,3	13,5	1,1	6,5	50	0,6	16,0	30,3
M EOLO07TOP	Fango marrone	4,6	342	3,5	61,1	102	7,8	57,3	5,5	36,5	12,3	0,6	2,9	38,7	0,1	15,2	28,7
M ENAR02B1	Crosta marrone + carbonati	195	118	4,7	25,3	15,3	29,7	14,5	-4,3	374	1,7	-0,4	3,6	-0,2	8,3	4,2	14,1
M VST02D01A	Fango con noduli neri e conchiglie	13,3	592	4,5	96,3	197	18,6	48,6	4,6	76,5	17,3	0,8	2,5	53,4	1,7	20,7	50,7
M SIS02(4)	Crosta nera frammentata	76,4	2088	3,7	2127	1153	-0,5	312	22,1	296	2,8	0,9	13,5	512	712	4,7	2112
M TIR2000D017	Fango marrone	11,1	350	2,2	80,8	66,9	19,1	67,7	6,7	55,3	16,4	1,5	3,4	39,7	0,9	19,0	40,3
M TIR2000TIR0	Fango con noduli neri e frammenti di conchiglie	29,9	464	4,8	95,5	111	28,7	50,6	5,5	102	11,7	1	4,8	45,6	35,1	16,0	59,1
M JG-1A	standard	1	439	0,5	39,5	82,6	3,6	22,5	5,4	1,6	15,4	1,6	3	16,3			

#sigla	tipo	Ni	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Sm	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zn	Zr
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm							
T MICA-FE	standard	59,8	13,6	766	90,9	0,8	7,7	24,0	59,9	5,8	10,0	199	85,0	123	20,3	45,8	1314	758
T TB	standard	52,7	8,3	159	<2	0,7	18,4	5,3	<2	156	3,9	16,3	4,2	92,6	2,3	24,0	86,6	167
T SIS03D	fango bianco	17,2	13,9	33,7	989	0,7	<2	3,3	5,7	751	3,6	7,8	2,4	63,3	<2	13,6	54,2	121
T MRS10A	fango rosso croste nere	55,1	6,5	<2	3246	0,2	54,5	38,3	<2	348	3,3	24,2	10,8	441	6,2	16,2	77,7	71,2
T GBL02B	fango grigio, frammenti conchigliari	38,2	19,8	69,6	665	0,7	<2	4,5	1,3	571	3,8	11,0	4,2	105	<2	22,7	85,0	156
T D56A	fango marrone	27,9	21,0	45,1	1443	0,8	<2	3,7	8,3	801	3,6	11,4	3,7	79,3	0,6	20,6	64,3	163
T EOLO03B	fango marrone, noduli bruno-arancio e croste nere	51,1	21,0	71,7	257	0,8	22,7	5,4	1,2	380	4,2	9,8	3,5	139	1,8	26,0	83,5	167
T D001A	fango nocciola	32,3	22,7	52,3	1006	0,7	<2	3,9	4,8	739	3,4	10,9	3,4	98,0	<2	20,5	73,7	159
T GBL01A	fango nocciola	37,3	23,2	63,1	820	0,7	<2	4,6	4,8	645	3,6	12,2	3,5	108	1,1	23,2	80,4	164
T SIS04 TOP	fango nocciola	33,5	45,8	49,8	907	0,7	<2	3,6	1,7	720	3,7	9,4	4,0	80,2	0,6	14,4	79,6	155
T MRS09A	fango nocciola, croste bruno-nere	73,1	35,4	40,0	1884	0,7	<2	5,6	5,5	595	3,6	14,1	5,5	129	1,7	29,1	99,3	169
T PLN06B1	fango grigio, frammenti conchigliari	26,5	24,2	63,6	631	0,7	<2	3,9	5,0	646	3,2	15,5	3,2	79,6	0,0	26,1	71,8	196
T EOLO02C	fango arancio, noduli rossicci	59,7	25,2	74,3	164	0,8	21,8	9,5	3,8	199	3,9	14,3	4,8	201	1,7	27,2	104	165
T D016A	fango grigio, croste nere e bruno-arancio	28,4	30,3	65,0	886	0,7	4,8	4,6	6,6	745	4,0	18,2	4,7	115	1,7	21,4	81,7	205
T D008A	fango marrone	35,6	18,0	47,7	849	0,7	0,5	4,5	2,9	700	4,0	10,5	3,6	111	1,4	22,4	77,3	170
T 47B	fango nocciola, noduletti neri	38,3	21,2	31,2	597	0,8	<2	3,1	4,1	743	3,3	8,6	2,6	62,7	3,5	14,5	52,9	116
T D015F	fango nocciola, noduli e croste nere	16,1	14,3	36,9	1431	0,7	<2	3,4	0,0	641	4,3	8,0	3,0	77,3	1,1	20,2	54,9	139
T D009A	fango marrone, frammenti conchigliari	37,3	22,8	55,7	632	0,8	9,5	4,2	3,8	664	3,8	8,9	2,5	107	1,2	21,6	76,6	158
T D023C	fango nocciola, noduli neri e arancio	35,6	31,1	38,8	1241	0,7	<2	5,6	2,7	682	3,6	12,5	3,5	156	0,5	21,1	75,9	157
T PLN03E	fango nocciola, noduli neri	37,0	22,7	50,3	1104	0,7	<2	4,6	3,5	703	4,1	12,2	4,6	97,8	2,0	20,5	71,1	148
T D010A	fango nocciola	40,4	20,9	58,6	524	0,7	<2	4,1	2,7	695	3,4	10,3	2,7	93,9	<2	19,6	75,9	146
T SIS04B	fango nocciola, frammenti conchigliari	27,8	20,0	50,1	956	0,8	<2	3,9	2,5	692	4,0	9,6	3,0	87,1	<2	22,4	70,7	167
R GC33-RIF		52,7	29,8	92,0	506	0,7	8,4	6,5	5,2	358	2,1	14,9	4,9	139	2,5	26,7	105	156
R BC28-0		45,0	33,0	78,4	893	0,7	18,2	6,5	4,0	482	1,3	14,7	4,7	136	1,3	25,3	96,7	161
R BC27-1		65,4	25,2	76,7	326	0,9	0,8	4,2	-14,5	188	1,3	19,0	6,2	170	3,0	19,4	117	149
R BC10-1		108	39,4	227	585	7,1	8,7	11,0	5,3	213	1,6	16,6	12,7	195	1,7	30,6	117	158
R BC26-0		51,4	46,3	213	693	0,4	25,4	6,7	5,0	351	1,2	15,2	9,5	161	0,6	28,9	99,5	179
R BC25-0		80,0	68,8	417	1033	1,0	11,9	8,0	3,8	196	2,2	18,7	24,1	211	0,5	31,3	112	172
R BC23-1		89,4	40,6	238	911	-1,0	7,6	13,6	4,2	231	2,5	19,6	14,8	193	2,0	32,1	122	173
R BC21-0		29,6	29,2	131	1757	-0,9	64,2	5,8	7,5	717	0,6	11,4	6,8	93,9	-2,0	26,3	75,9	156
R BC08-1		78,4	48,4	192	739	4,6	9,5	8,9	1,1	299	2,2	21,0	10,1	158	0,9	29,0	98,4	189
R BC07-1		81,5	48,3	304	1211	2,9	7,4	15,4	5,4	183	1,8	19,4	20,1	181	1,0	27,0	120	156
R BC06-1		72,6	39,7	182	508	1,8	26,7	8,3	7,7	355	2,1	17,8	8,9	148	0,7	29,1	105	167
R BC05-2		112	47,1	304	969	1,3	7,5	14,9	-1,0	190	3,0	20,0	19,9	197	0,6	26,5	118	150
R BC05-1		87,1	52,3	239	1411	1,7	12,3	7,6	2,2	468	2,2	28,1	14,6	155	1,0	24,1	66,9	255
R BC04-1B		63,8	57,4	504	880	0,6	10,8	7,7	6,6	171	2,6	17,1	30,6	181	1,0	30,4	106	156
R BC04-1A		55,0	52,5	284	1830	2,1	12,8	10,1	4,8	378	3,6	31,0	20,1	178	3,1	26,8	60,3	243
R BC04-0		54,4	53,3	448	694	1,8	6,8	7,4	3,9	190	1,3	20,1	26,4	182	0,7	29,6	101	173
R BC03-1		49,6	35,0	167	694	0,6	35,6	6,6	6,1	491	1,4	16,2	7,8	124	0,8	28,1	95,9	165
R BC02-1		34,3	45,2	552	880	-0,3	10,9	5,7	5,2	294	2,4	18,1	32,4	218	2,2	23,4	83,7	218
R BC01-1		83,2	44,5	338	1066	1,0	7,2	14,9	-0,4	176	2,3	23,5	22,6	194	1,0	24,7	99,9	159
R BC01-0		72,0	54,7	395	656	-0,4	7,4	7,7	2,4	152	2,3	15,8	21,2	188	1,2	30,3	110	151
R BC01-1 50ML		82,5	48,2	394	1216	0,3	10,5	15,5	5,5	179	1,7	23,5	26,8	195	1,7	24,9	105	161
R BC01-0prova		69,7	53,8	397	665	1,2	8,9	7,7	2,7	164	2,8	17,6	21,8	190	1,8	30,8	108	161
A BC02-0		51,4	29,4	40,1	1832	0,8	-2,5	6,4	4,7	185	4,4	20,0	28,3	256	1,7	23,6	89,1	175
A BC03-0		53,1	38,5	88,6	545	0,8	-3,7	5,2	1,4	478	3,7	14,7	4,5	132	-0,2	25,3	105	157
A BC05-0		65,1	38,5	113	409	0,8	20,8	6,2	2,3	166	3,7	16,3	6,9	168	2,2	29,9	115	156
A BC06-0		54,8	38,0	90,5	672	0,7	5,3	5,2	5,1	433	3,6	15,4	5,3	138	1,1	27,0	106	157
A BC07-0		63,9	38,4	99,4	959	0,8	24,1	5,9	4,9	159	3,9	17,3	10,3	162	2,5	29,7	127	155
A BC08-0		67,4	37,5	111	702	0,7	24,6	6,1	2,4	210	3,8	16,0	5,6	151	1,6	30,1	118	156
A BC09-0		52,7	31,9	86,5	805	0,8	19,0	5,0	5,2	466	3,8	13,6	4,6	129	0,6	25,4	97,9	154
A BC10-0		67,1	37,5	103	736	0,8	17,3	5,7	5,6	239	4,0	15,0	6,3	148	1,8	28,9	116	152
A BC11-0		51,8	38,0	86,2	546	0,8	-8,4	4,9	4,5	470	4,0	16,0	4,6	132	2,0	26,8	118	159
A BC12-0		50,0	37,8	86,6	474	0,7	15,1	5,1	0,5	462	3,2	15,2	4,5	131	1,8	27,6	115	169
A BC13-0		55,3	35,5	87,8	741	0,8	9,8	5,2	4,3	414	3,9	14,7	5,6	133	1,2	25,1	102	149
A BC14-0		55,2	38,1	90,6	477	0,7	23,2	5,2	6,3	422	3,5	15,0	5,4	134	0,4	25,8	107	155
A BC17-0		52,2	36,4	88,9	519	0,8	1,9	5,0	3,2	424	3,5	13,9	5,4	132	1,8	26,2	103	155
A BC18-0		49,7	30,3	89,5	782	0,7	18,8	5,4	0,7	420	3,8	15,1	4,8	135	1,3	26,9	103	159
A BC19-0		52,8	34,7	91,0	447	0,7	20,0	5,2	2,7	408	3,6	14,9	4,5	137	0,6	28,0	105	164
A BC20-0		59,0	40,9	101	495	0,7	17,0	5,6	4,7	362	3,5	15,0	4,2	137	0,9	28,4	111	152
A BC22-0		52,3	32,5	87,2	778	0,7	16,2	5,2	3,7	406	4,5	14,0	5,5	128	0,7	25,4	107	147
A BC23-0		83,7	35,0	99,8	2217	0,8	19,2	6,1	2,4	239	3,9	19,2	7,9	163	2,5	31,5	116	177
A BC24-0		46,2	31,6	81,7	546	0,7	-1,9	4,8	4,5	565	3,5	15,5	4,2	127	1,0	24,9	95,7	163
A BC27-0		72,1	42,9	106	491	0,8	10,5	5,9	4,7	280	3,7	16,4	4,7	155	1,5	29,4	118	156
M PLN03A	crosta giallo-grigia	47,6	7,1	38,6	171	0,8	46,1	24,2	-2,3	181	3,8	10,4	4,4	42,5	34,5	8,1	33,4	57,1
M																		

Per indagare possibili correlazioni tra elementi maggiori e elementi minori si sono costruiti grafici dove in ascissa sono inserite le percentuali in peso degli elementi maggiori (espressi in ossidi) e in ordinata la concentrazione espressa in ppm degli elementi in traccia (Appendice 2). Una corrispondenza lineare, sia negativa che positiva, indica una possibile relazione tra i due elementi. Segue una breve descrizione del comportamento degli elementi in traccia considerati di importanza critica rispetto al contenuto di elementi maggiori.

- Ga (gallio): i grafici indicano un trend positivo quando viene correlato al silicio, titanio, ferro, sodio e potassio ed un trend negativo quando correlato al calcio. Non c'è correlazione, invece, con il magnesio;
- Nd (neodimio): mostra una correlazione fortemente positiva con il potassio. Quando correlato al calcio mostra una tendenza negativa. Non si notano correlazioni con i contenuti di manganese, magnesio e fosforo;
- Cr (cromo): mostra un andamento lineare positivo con gran parte degli elementi maggiori, eccetto calcio (andamento negativo), magnesio, manganese e fosforo (scarsa correlazione);
- Co (cobalto): nelle correlazioni con gli elementi maggiori, mostra un andamento positivo con titanio e ferro, un andamento negativo con il calcio e una scarsa/assente correlazione con i contenuti di silicio e magnesio;
- La (lantanio): mostra un andamento positivo quando correlato a silicio, titanio, alluminio, ferro, potassio. La tendenza è negativa quando correlato al calcio;
- Ce (cerio): mostra un andamento positivo quando correlato a silicio, titanio, alluminio, ferro, sodio e potassio. Ha un andamento negativo con il calcio;
- Nb (niobio): ha un andamento positivo quando correlato a silicio, titanio, alluminio, ferro, potassio e sodio. Ha un andamento negativo quando correlato al calcio;
- Sm (samario): nei grafici, risulta un trend positivo quando correlato a titanio, alluminio, sodio e potassio. Mostra un andamento lineare positivo quando correlato al ferro; ha un trend negativo con il calcio;
- Cu (rame): i grafici mostrano delle deboli correlazioni con alluminio, titanio, ferro e manganese mentre per i restanti elementi maggiori, non ci sono particolari andamenti.

4.2 GLOSS (Global Subducting Sediment)

Da uno studio di Plank & Langmuir (1998), e successivamente aggiornato dallo stesso Plank (Plank, 2014), sulla composizione dei sedimenti nelle zone di subduzione (il cosiddetto GLOSS, *Global Subducting Sediments*), si è tentato di associare un certo elemento ad una determinata fonte di arricchimento di origine detritica, biogenica, idrotermale ecc.

Nello studio si evince come i sedimenti marini possono essere trattati come “miscele” di fasi detritiche terrigene, fasi biogeniche (carbonato di calcio, opale e apatite) e fasi autigeniche (argille metallifere ricche in Fe e Mn). Gli elementi maggiori, permettono di identificare queste fasi e sono essenziali nella comprensione degli elementi in traccia e delle loro variazioni isotopiche (Plank, 2014).

- Elementi alcalini (K, Rb, e Cs) e elementi ad alta forza di campo (Nb, Ta, Ti, Zr, e Hf): questi elementi covariano fortemente gli uni con gli altri e con l'alluminio, solitamente preservando i rapporti tipici della crosta continentale superiore o quelli medi degli shale. Questi elementi **sono fortemente legati alla fase detritica e alla diluizione di fasi biogeniche**.
- Stronzio (Sr) & Bario (Ba): **sono fortemente legati alla fase biogenica** (ad esempio lo Sr nei carbonati biogenici) e alla **produzione biologica** (precipitazione di barite). I sedimenti maggiormente arricchiti in Ba sono sedimenti idrotermali prossimali (contenenti barite precipitata) e sedimenti depositati al di sotto della regione di alta produttività biologica (dove la barite precipita associata a materia organica e plankton siliceo);
- Terre Rare (REE): gli elementi che fanno parte di questo gruppo si concentrano **in sedimenti che contengono apatite biogenica e ossidi Fe-Mn** accumulati in aree a basso tasso di sedimentazione. Mentre il contenuto di REE nei sedimenti nelle zone di subduzione è generalmente simile a quello della crosta continentale media, alcuni sviluppano anomalie di Ce, negative in sedimenti arricchiti in fosfati e idrotermali, positive in sedimenti arricchiti in Mn;
- Niobio (Nb): le concentrazioni di niobio sono generalmente correlate con il contenuto di K_2O . Questi elementi hanno comportamenti geochimici diversi e distinti, ma si comportano allo stesso modo nei sedimenti marini in quanto sono largamente **legati alla fase detritica e diluiti da carbonati e silicati biogenici**;
- Piombo (Pb): sembra essere associato sia con fasi ossidate di Fe che di Mn, contenute in sedimenti marini ferromanganesiferi (Takahashi et al, 2007), inoltre, complessi carbonatici di Pb caricati negativamente sembrano legarsi alla debole carica positiva sulla superficie di ossiidrossidi di Fe (Koschinsky & Hein, 2003). Se però si escludono i sedimenti con importanti contributi idrogenati e idrotermali, il piombo deriva da una fonte **prevalentemente detritica, fortemente correlata con K_2O** ;
- Uranio (U): la concentrazione di uranio nei sedimenti marini riflette diversi processi: risulta particolarmente arricchito **in sedimenti che contengono carbone organico** (black shale), che permette la precipitazione autigenica di specie ridotte di U. In aggiunta, anche **sedimenti ricchi di ferro (>30 wt% FeO)**, di origine principalmente idrotermale, contengono alte concentrazioni di U (>5 ppm);
- Torio (Th): i più alti contenuti di Torio si rinvencono: **in ossidi Fe-Mn** depositatisi con un basso tasso di sedimentazione; nei sedimenti marini quali **argille marroni ricche di fosforo** (apatite biogenica) e **argille marroni ricche di cobalto** in zone a basso tasso di sedimentazione. La correlazione tra Th e P derivante da depositi

biogenici potrebbe riflettere un processo di *scavenging* da parte dell'acqua marina, simile a quello per le REE.

Dal confronto dei dati ottenuti dalle analisi chimiche e le considerazioni di letteratura sopra riportate, risulta che:

- Tutti i campioni del tipo croste e fanghi, provenienti dal SE Tirreno (campioni della serie T, Appendice 3), sono il risultato di diversi processi di formazione, che coinvolgono processi idrotermali, biogenici e detritici;
- Tutti i campioni provenienti dal Bacino di Paola (campioni delle serie R ed A, Appendice 3), presentano elevate concentrazioni di elementi legati ad un apporto detritico. In alcuni sono presenti alte concentrazioni di elementi che si formano in fasi biogeniche. Per i campioni: BC27-1, BC10-1, BC23-1, BC07-1, BC05-2, BC02-1, BC01-1, BC02-0 è presente anche un input vulcanico (ottenuto considerando i valori di $Ti > (Al_2O_3+5)/20$, come proposto da *Kato et al. 2011*). Ciò potrebbe riflettere un processo di tipo torbiditico con rimaneggiamento di sedimenti di origine biologica e vulcanica;
- Tutti i campioni provenienti dalla zona vulcanica del SE Tirreno (campioni della serie M, Appendice 3) riflettono i diversi processi in atto nella zona: produzione biologica dagli organismi planctonici, idrotermalismo dai vulcani sottomarini, sedimenti terrigeni provenienti dalla zona calabra e siciliana, smantellamento degli stessi edifici vulcanici per erosione.

Possiamo quindi concludere che i campioni presentano concentrazioni anomale rispetto ai valori medi indicati nel GLOSS (Appendice 3). Tuttavia i campioni analizzati in questo studio appartengono a un contesto geodinamico differente rispetto ai sedimenti utilizzati per la stima del GLOSS che si riferisce alla composizione media dei sedimenti presenti nelle zone di subduzione.

Gli arricchimenti osservati nei campioni del SE Tirreno potrebbero essere il risultato di processi di trasporto, vulcanici, idrotermali e di *scavenging* (complesse co-precipitazioni di elementi in traccia disciolti in acqua).

4.3. Cut-off values

Nella geologia dei giacimenti minerari, il *cut-off value* (o *cut-off grade*) è la concentrazione di un metallo o di un minerale in una roccia mineralizzata al di sotto della quale non è economico sfruttare il giacimento. Viene utilizzato in questa trattazione per indicare se i materiali analizzati costituiscono una potenziale fonte mineraria economicamente valida.

Elemento	Concentrazione	
	min standard	Valore max dei dati
SiO ₂	-	6,9
TiO ₂	1.67	1,2
Al ₂ O ₃	-	19,4
FeO	27.2	42,4
CaO	-	55,4
MnO	0.03	55,0
MgO	10	4,9
K ₂ O	-	19,2
Na ₂ O	-	3,3
P ₂ O ₅	1.15	0,6
As	1000	630
Ba	590000	37975
Ce	18000	938
Co	150	142
Cr	200000	311
Cs	-	48,6
Cu	1000	373
Ga	100	26,6
Hf	-	13,5
La	2600	687
Mo	26	712
Nb	3400	35,9
Nd	6000	2384
Ni	700	561
Pb	4000	72,6
Sb	1000	7,1
Sc	20	64,2
Sm	690	59,7
Sn	4000	10,3
Sr	-	3423
Ta	260	17,3
U	17	32,4
V	500	910
W	<15000	177
Y	-	35,5
Zn	4400	314
Zr	1600	243

Dal confronto dei dati con i valori di cut-off (Tabella 4.2) (Funari *et al.*, 2015; Allegrini *et al.*, 2014; GTK, 2013), si evince che elementi di interesse economico non sono presenti in concentrazioni tali da poter costituire una risorsa mineraria. L'unico elemento la cui soglia di cut-off viene superata in tutti i campioni, con valori anche di molto superiori, è il manganese (Mn). Anche per il molibdeno (Mo) si riscontrano diversi campioni (18 su 71) con una concentrazione maggiore al valore soglia, provenienti per la maggior parte dal Bacino di Paola, e i restanti da croste prelevate in contesti vulcanici. Per quanto riguarda elementi come ferro (Fe), uranio (U), vanadio (Va) e scandio (Sc), nonostante alcuni campioni siano arricchiti rispetto agli altri, la popolazione è limitata a poco più di due o tre elementi pertanto non sono da considerare una possibile risorsa. È doveroso anche menzionare elementi come rame (Cu), neodimio (Nd) e lantanio (La) che presentano valori dello stesso ordine di grandezza del cut-off, ad indicare che in futuro, con tecniche di estrazione adatte, o in presenza di forti innalzamenti dei prezzi di questa materia prima, potranno rappresentare una risorsa. Possiamo quindi concludere che il Mn costituisce l'unica risorsa mineraria "valida" nei fanghi del SE Tirreno.

Tabella 4.2. Nella prima colonna sono elencati gli elementi analizzati tramite XRF. Nella seconda sono inseriti i valori di riferimento minimi sopra la quale è conveniente estrarre l'elemento (Funari *et al* 2015). Per alcuni elementi non si hanno dati sui valori minimi di riferimento e pertanto sono contrassegnati con un trattino. Nell'ultima colonna sono inseriti i valori di concentrazione risultanti dall'analisi chimica dell'XRF dei campioni trattati nella tesi. I valori sono quelli massimi tra tutti i vari campioni. In giallo sono evidenziati i valori sopra il minimo e quindi economicamente validi per l'estrazione. I valori sono concentrazioni espresse in wt% per gli elementi maggiori e ppm per gli elementi in traccia.

CAPITOLO 5: CONCLUSIONI

In questo studio sono stati analizzati 11 campioni, tra cui croste polimetalliche e fanghi, provenienti dalla zona vulcanica dell'arco Eoliano, gentilmente concessi da ISMAR-CNR Bologna. Lo scopo del lavoro è stato quello di ricercare arricchimenti di alcuni elementi critici, di grande importanza economica e a rischio di approvvigionamento. Lo scopo principale è verificare se la zona può contenere possibili risorse minerarie. La composizione degli elementi maggiori e in traccia dei campioni è stata ottenuta tramite XRF.

Degli 11 campioni, 5 sono fanghi ricchi di: Ce, Cs, La, Nb, Nd, Sr, Ta, U e Zr, mentre i restanti 6 sono croste ricche di: Mn, Ce, Cs, La, Nd, Sr, Ta e U. I campioni analizzati, sono stati aggregati ad altri campioni del Tirreno meridionale (oggetto di altre tesi), ottenendo un database di 71 campioni. Questo set esteso di dati è stato utilizzato per costruire grafici composizionali e sono state evidenziate possibili relazioni tra gli elementi maggiori e una selezione di elementi in traccia (Ga, Cr, Co, Nd, Nb, Cu, La, Sm e Ce). Dai grafici, è risultato che la maggior parte degli elementi in traccia presenta una relazione positiva con Si, Ti, Al, Fe e K, ad indicare che gli apporti detritici continentali costituiscono un fattore di arricchimento di elementi critici. Tutti gli elementi hanno una correlazione negativa con il Ca, indicando che carbonati o sedimenti ricchi in Ca non costituiscono un target per la ricerca di elementi critici. Non risultano invece particolari relazioni con Mn, Mg, Fe P;

Dato l'obiettivo dello studio, le concentrazioni sono state confrontate con un valore di cut-off, valore soglia sopra la quale l'elemento è considerato una possibile risorsa mineraria. Dal confronto, non sono molti gli elementi con una concentrazione tale da poter costituire una risorsa. L'unico elemento la cui soglia di cut-off viene superata in tutti i campioni, è il manganese (Mn). Elementi come ferro (Fe), uranio (U), vanadio (V) e scandio (Sc), presentano picchi di concentrazione in alcuni campioni, la cui popolazione è limitata a poco più di due o tre elementi: per il ferro sono croste o fanghi contenenti croste; per l'uranio sono fanghi delle zone continentali del Bacino di Paola; il vanadio presenta valori significativi solo in 2 croste provenienti dall'arco Eoliano; concentrazioni elevate di Scandio si riscontrano solo in alcuni fanghi del Bacino di Paola. Pertanto non sono da considerare una possibile risorsa e possiamo quindi concludere che il Mn costituisce l'unica risorsa mineraria "valida" nella zona.

APPENDICE 1: Funzionamento XRF

Lo strumento utilizzato per le analisi, è uno spettrometro XRF (X-ray fluorescence), che permette di determinare la composizione elementare di un campione attraverso lo studio della radiazione di fluorescenza X. È composto da un tubo dal quale vengono generati i raggi-x monocromatici, un collimatore, che orienta il fascio di raggi provenienti dalla sorgente in un fascio di raggi paralleli, un cristallo analizzatore, un goniometro per ruotare il cristallo e un detector. Dalla sorgente, i raggi-x incidono sul campione che a sua volta produce un fascio di raggi-x secondari (fluorescenza). I raggi secondari che passano attraverso il collimatore, colpiscono il cristallo analizzatore. Ruotando il cristallo analizzatore, l'angolo di incidenza dei raggi-x secondari cambia. Ad uno specifico angolo, il cristallo diffrange questi raggi lungo una specifica lunghezza d'onda caratteristica per ogni elemento. Successivamente i raggi-x diffratti colpiranno un "detector" che trasmetterà al software del PC quante volte in un secondo il detector è stato colpito dai raggi diffratti.

Per quantificare la concentrazione degli elementi, è necessario costruire una curva di calibrazione sulla base di materiali di riferimento (standard). La curva di calibrazione ha sulle ascisse la concentrazione dell'elemento (in wt% o ppm) e nelle ordinate il numero di volte che il detector viene colpito dal fascio di raggi (conteggi per secondo, *kps*). La concentrazione dell'elemento nel campione sconosciuto dipenderà dal numero di conteggi e dai coefficienti empirici della retta di calibrazione.

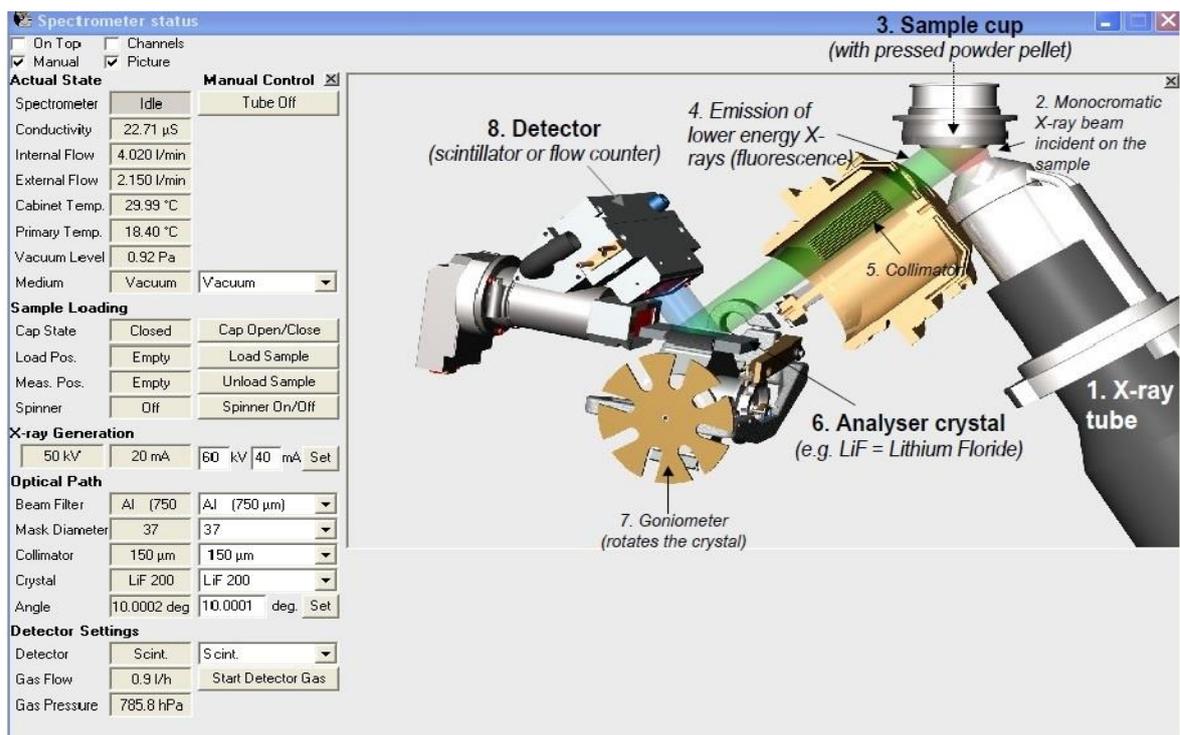


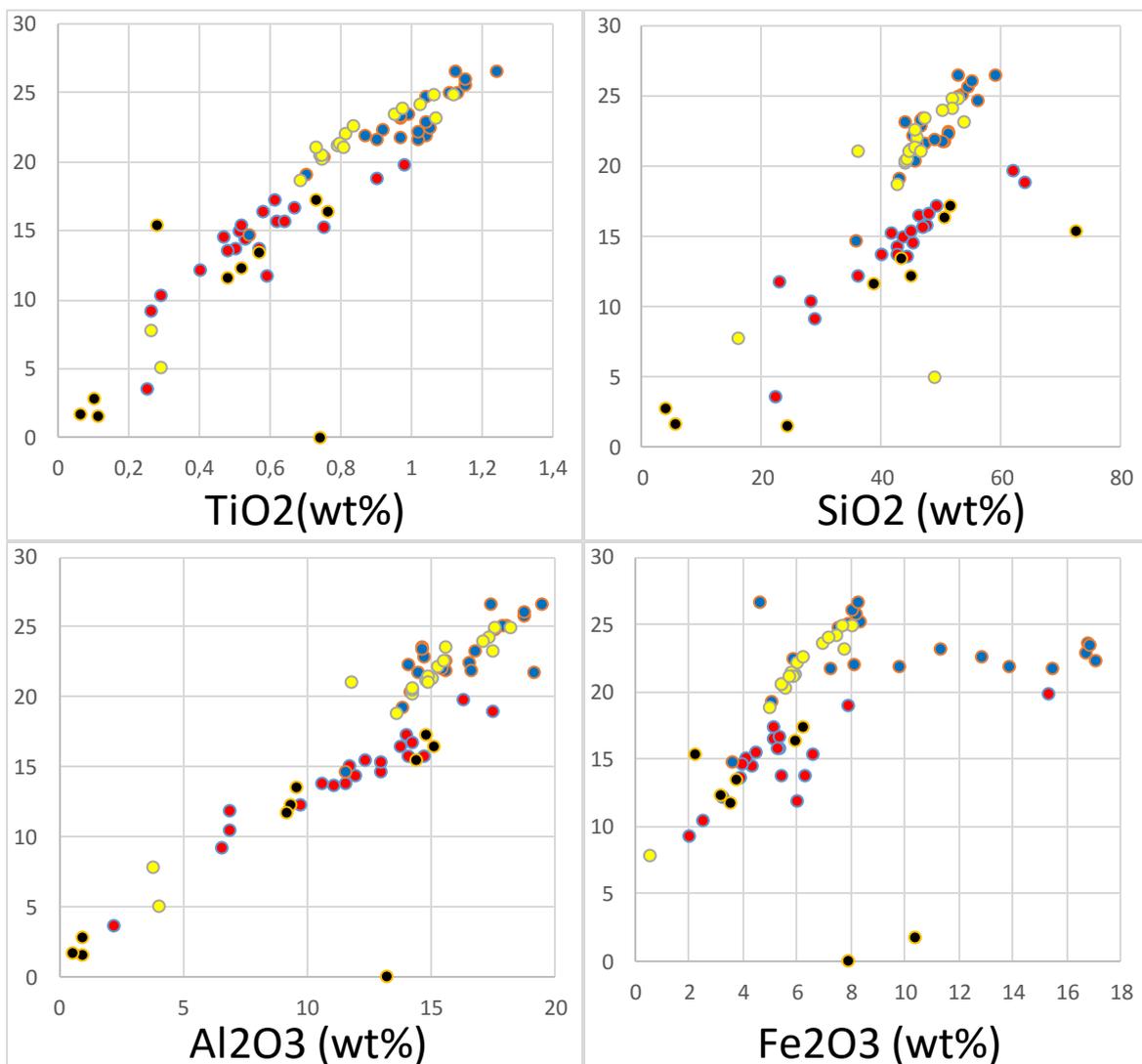
Immagine presa dal software dell'XRF, nella quale vengono mostrate le componenti interne. A sinistra, sono indicati tutti i parametri di stato dello strumento.

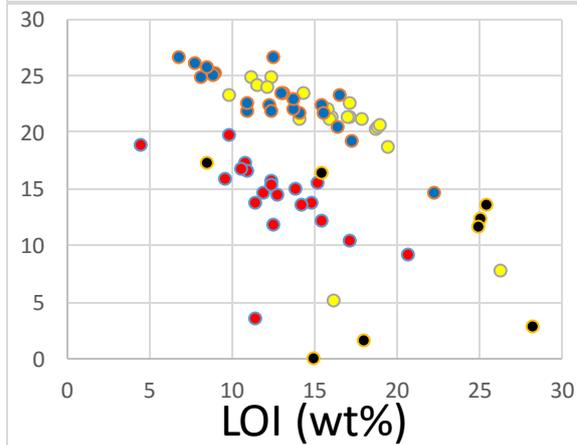
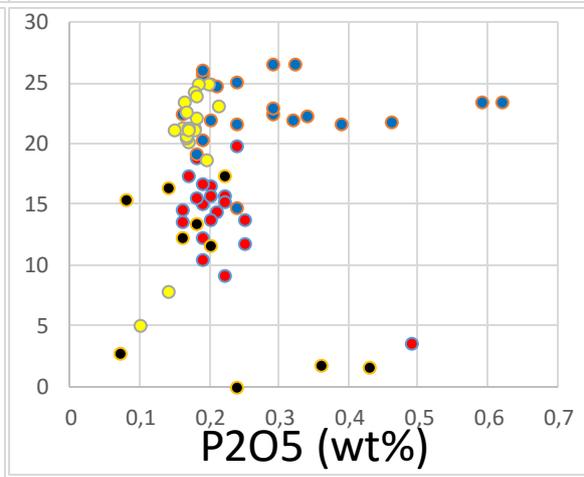
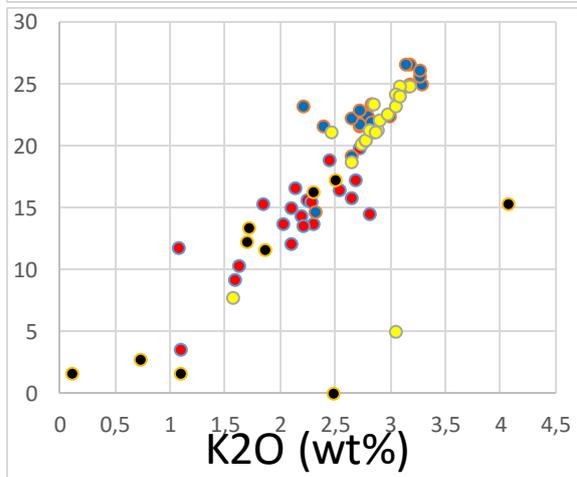
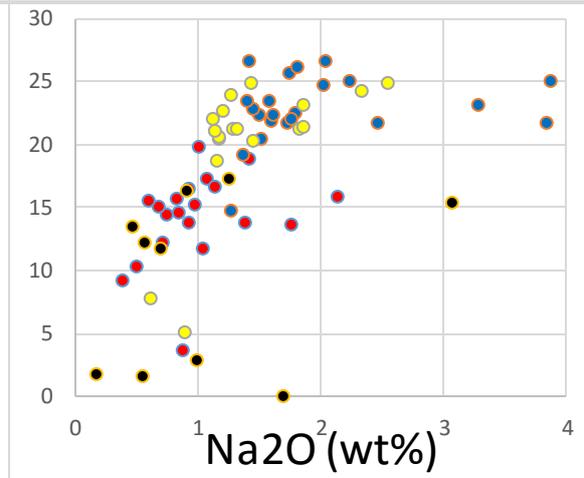
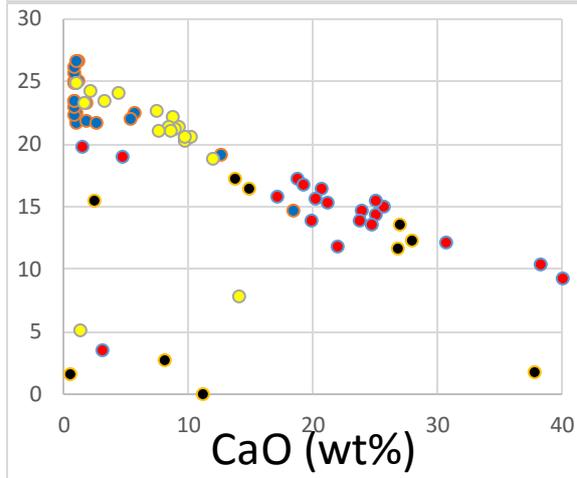
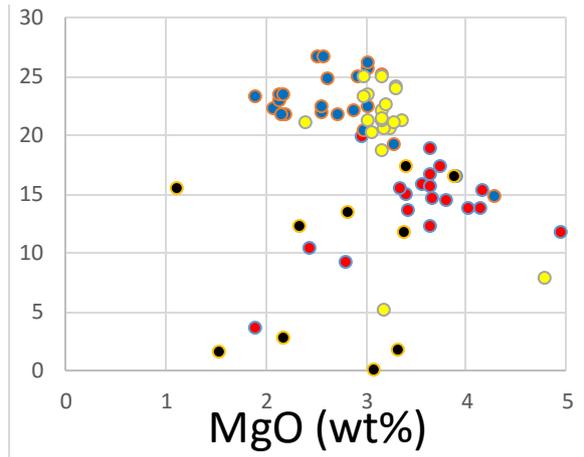
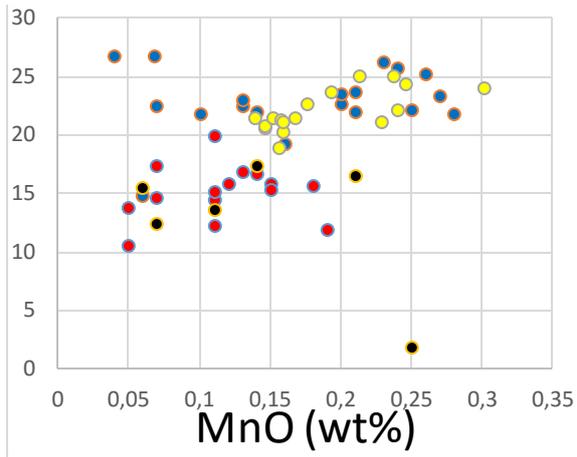
APPENDICE 2: Grafici composizionali

Grafici per ogni elemento in traccia rispetto agli elementi maggiori. La legenda che segue è valida per tutti i grafici elencati. Ad ogni colore corrispondono campioni prelevati in varie zone del Tirreno e nelle parentesi è specificato il cognome dello studente dalla quale sono stati ricavati i dati.

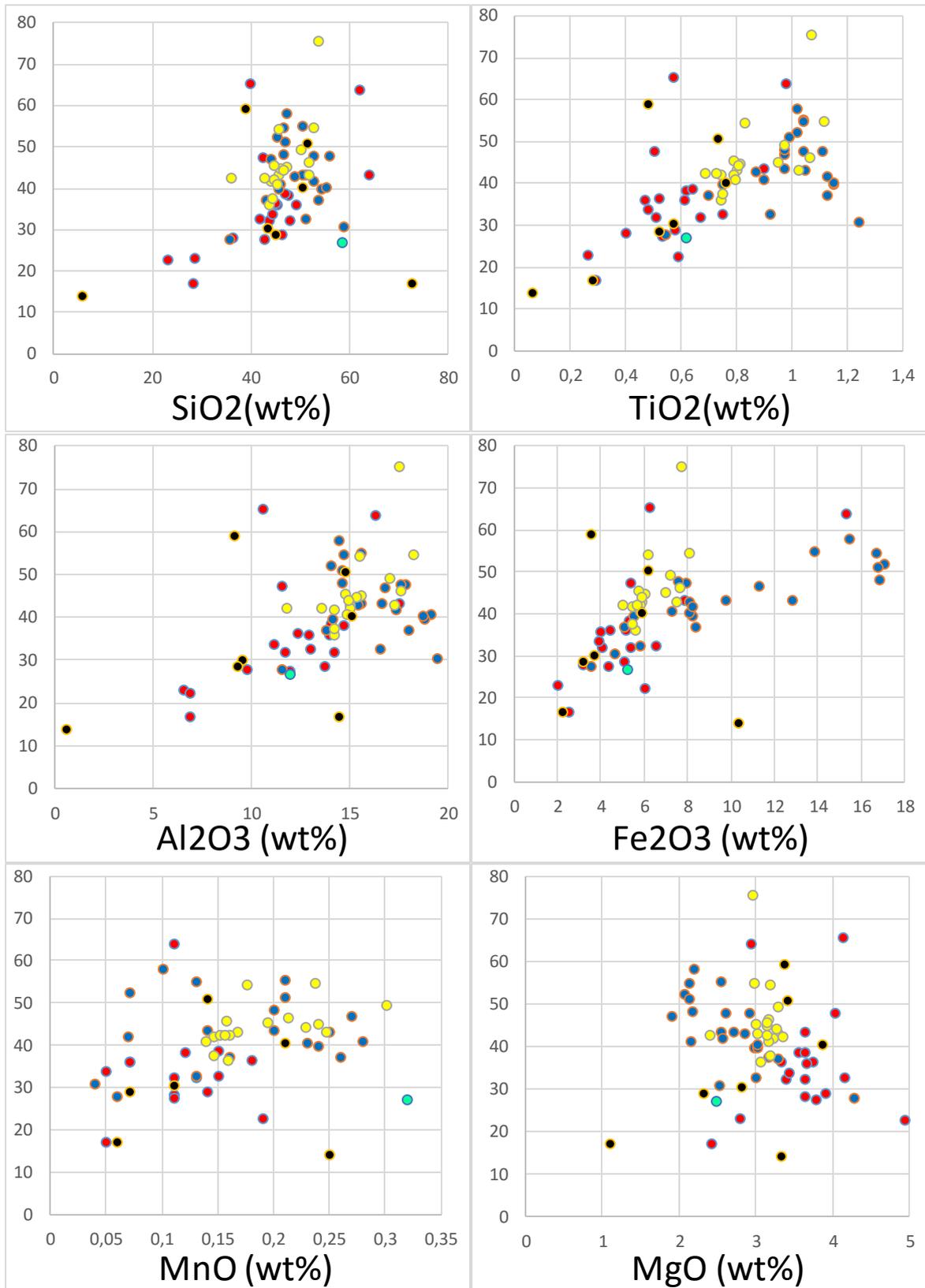
	Incrostazioni e noduli SE Tirreno (Torcolacci)
	Materiale interfaccia acqua-sedimento Bacino di Paola (Rota)
	SE Tirreno (Arigliano)
	Arco Eoliano (Mazzeo)
	Composizione media dei sedimenti (Plank)

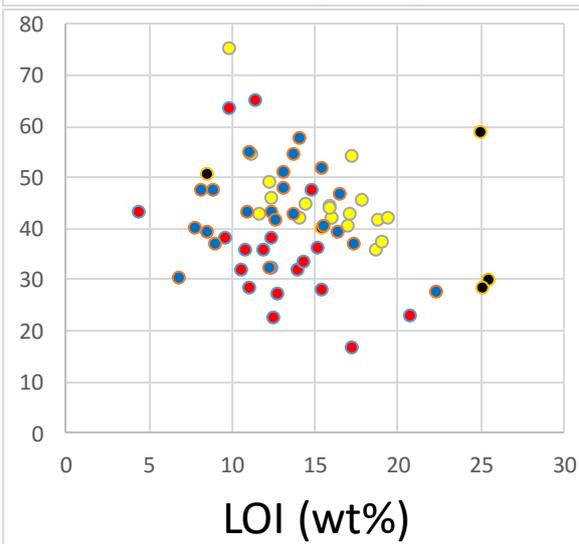
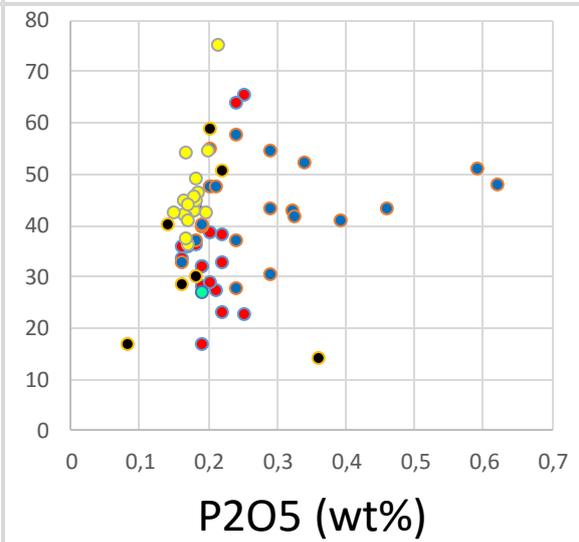
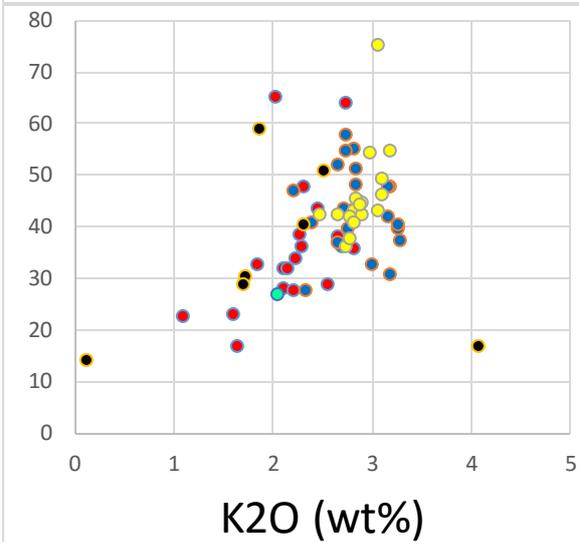
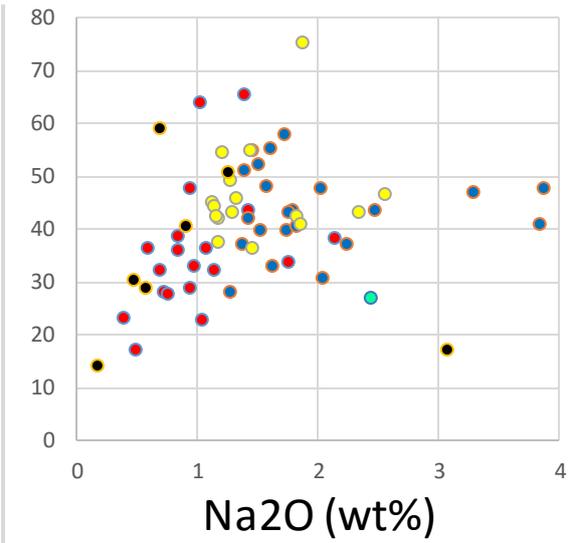
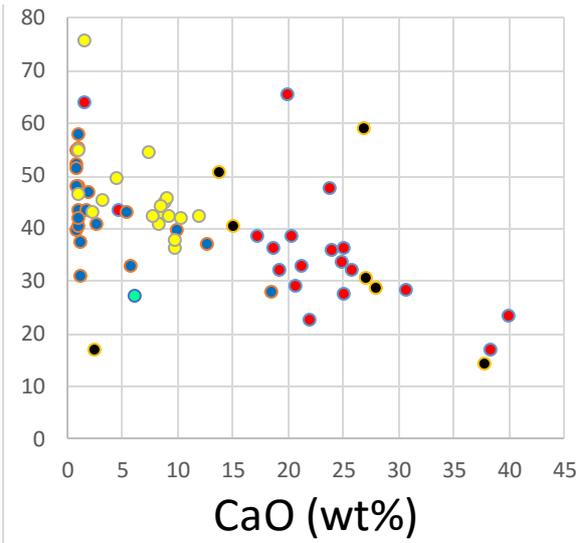
2.1: Gallio (Ga). Nelle ordinate è espressa la concentrazione in ppm del gallio.



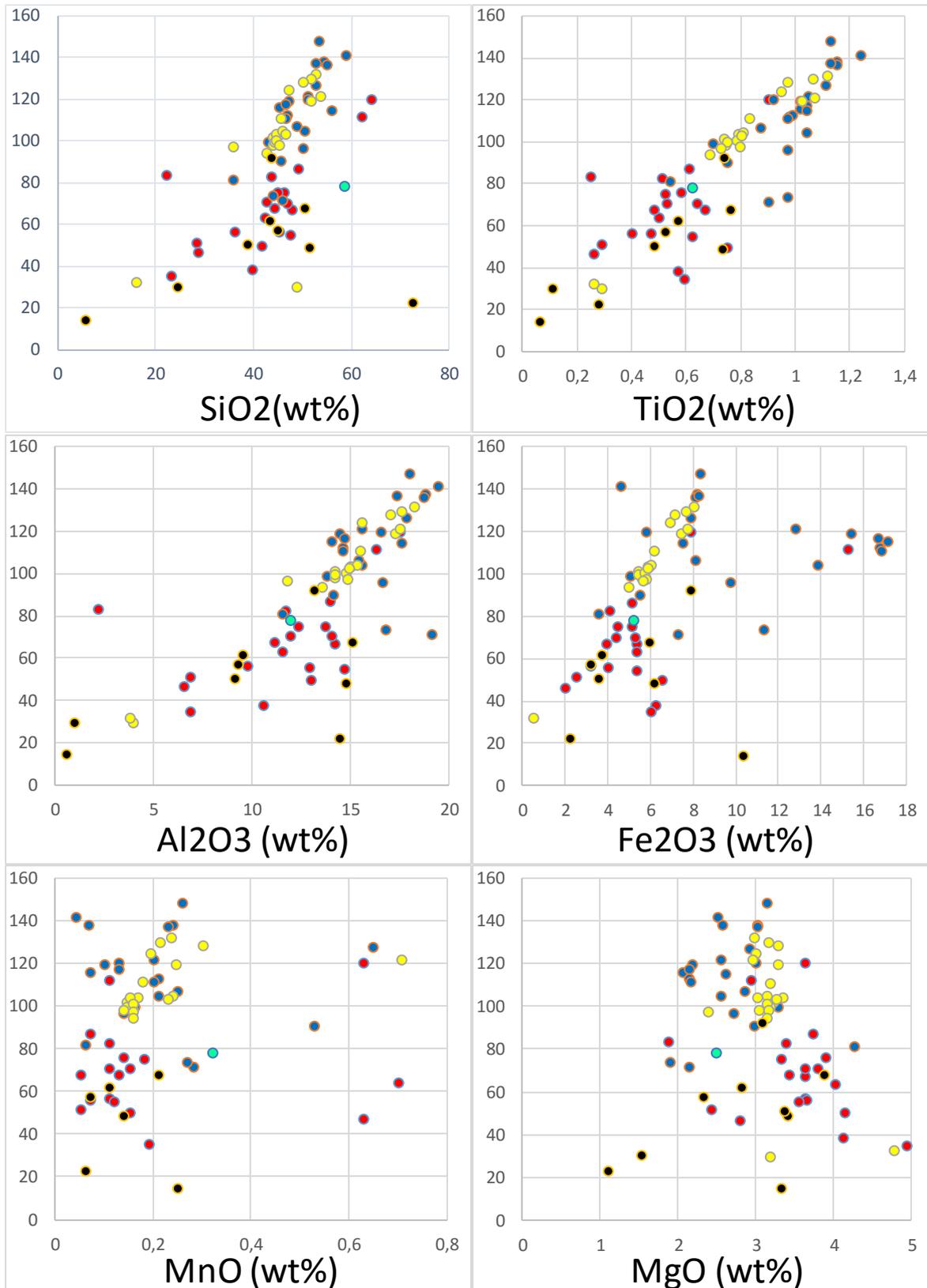


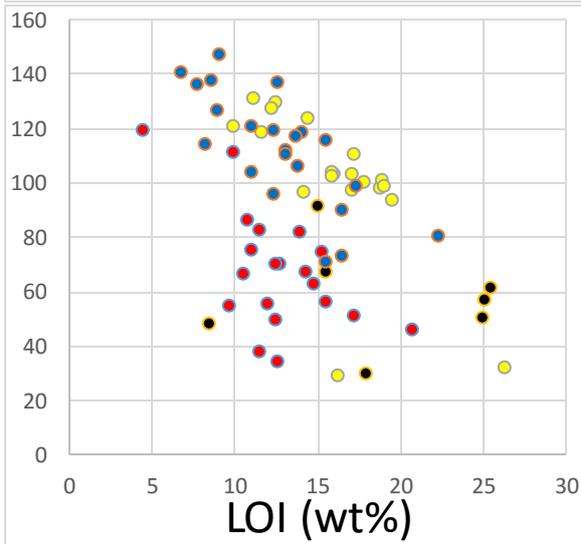
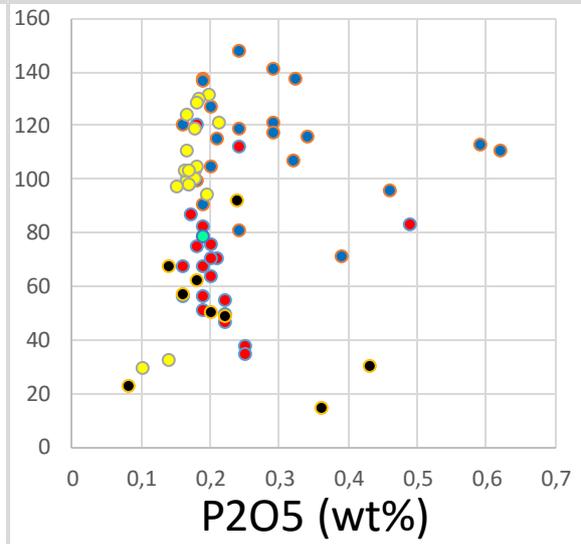
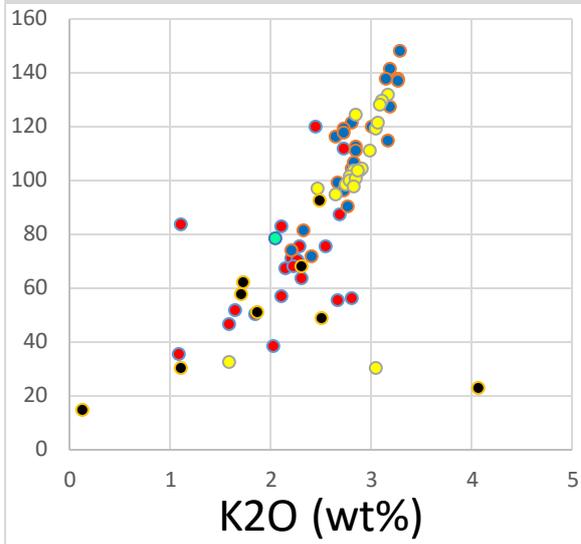
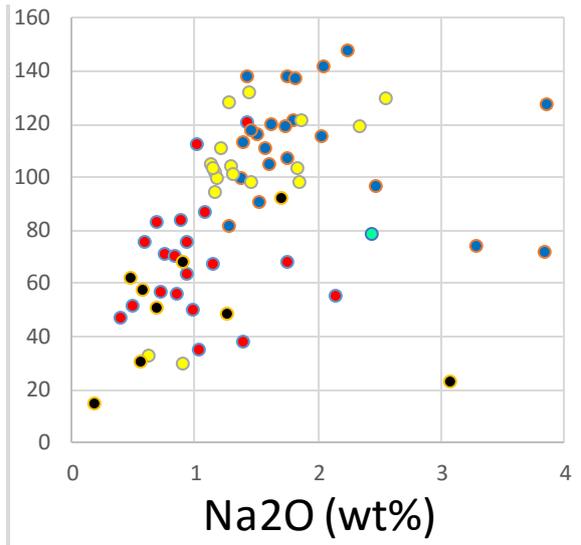
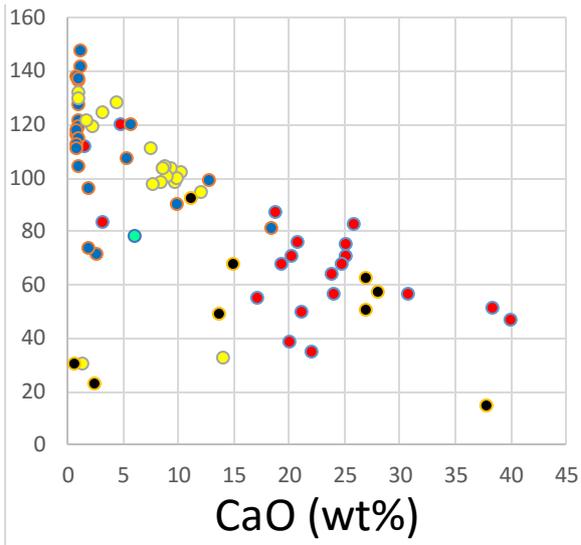
2.2: Neodimio (Nd). Nelle ordinate è espressa la concentrazione in ppm del neodimio.



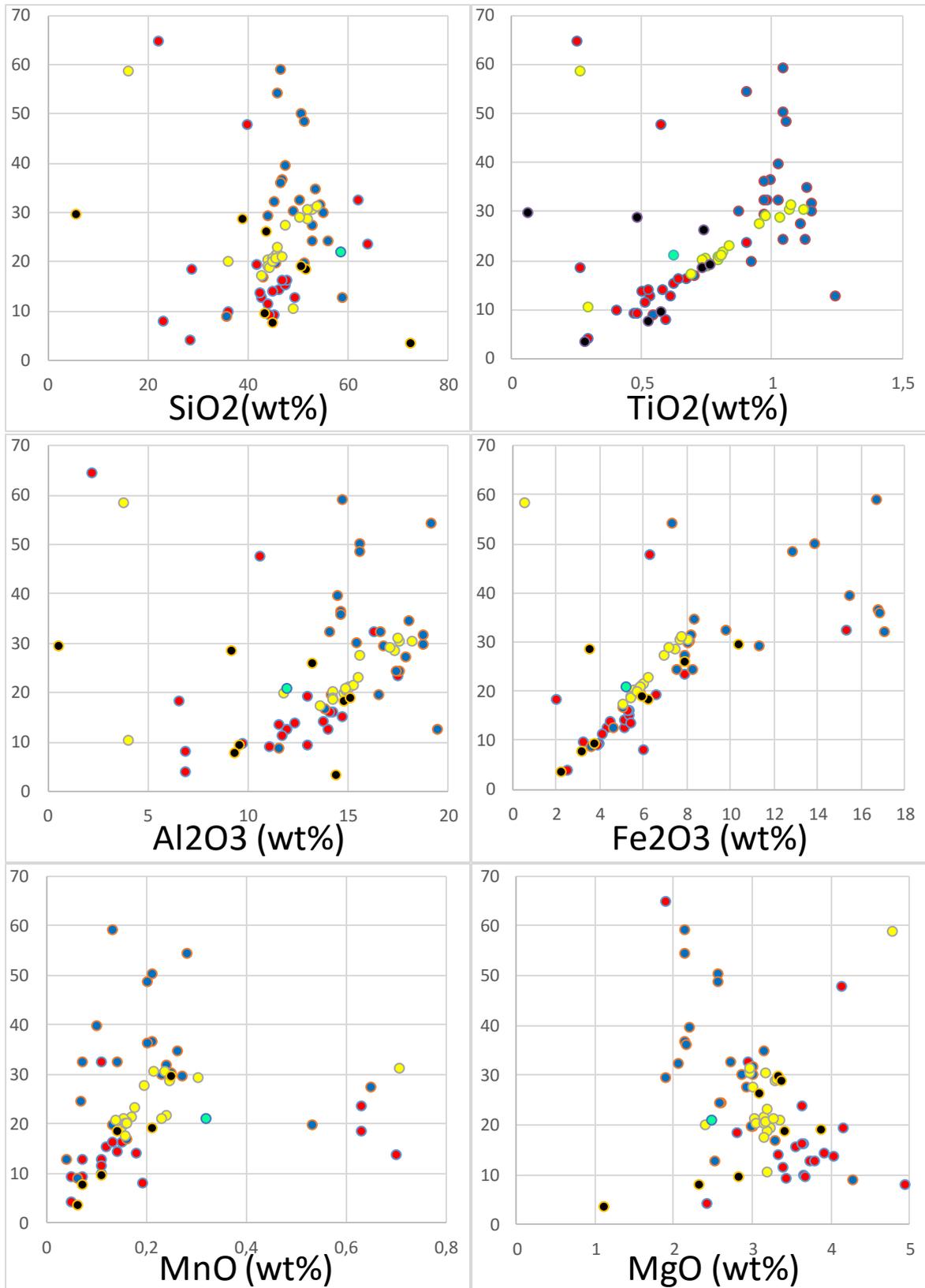


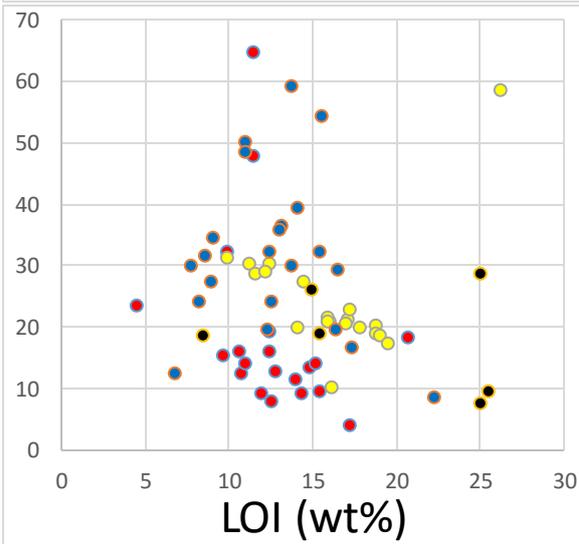
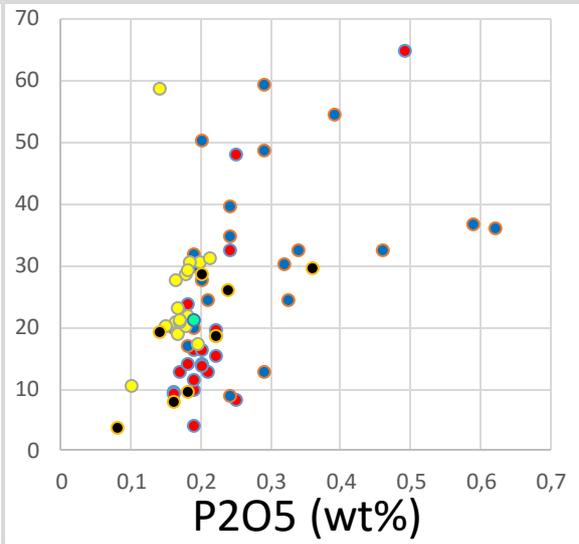
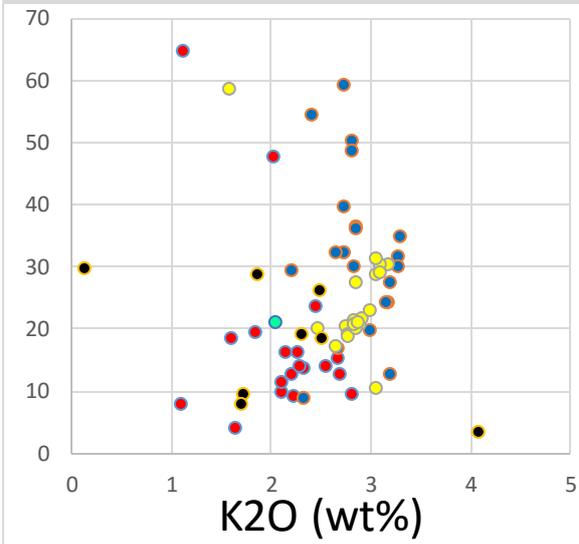
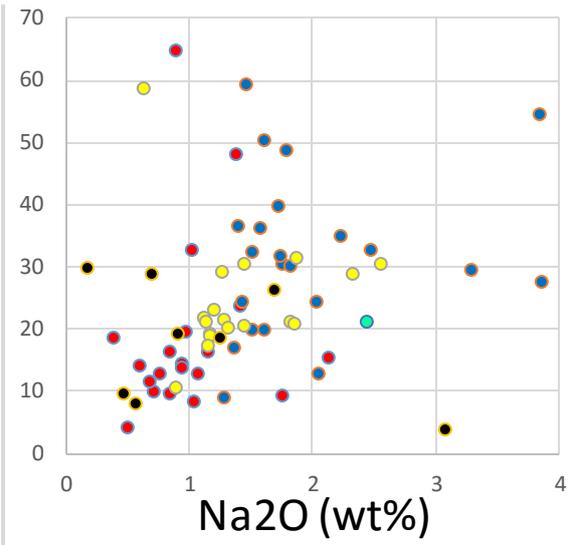
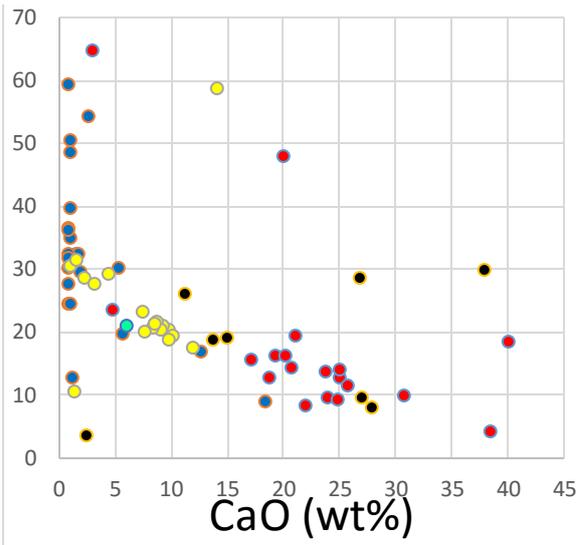
2.3: Cromo (Cr). Nelle ordinate è espressa la concentrazione in ppm del cromo.



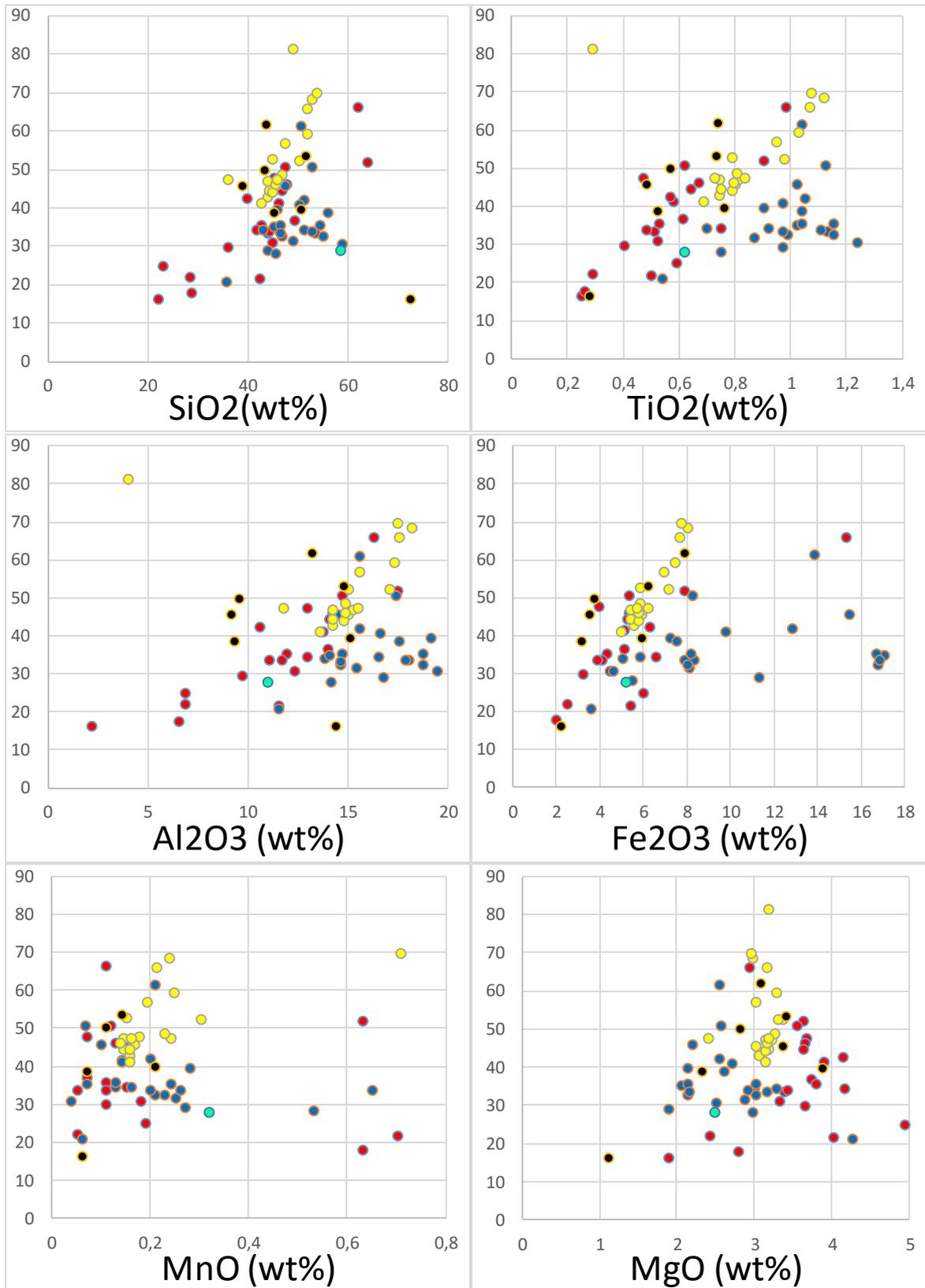


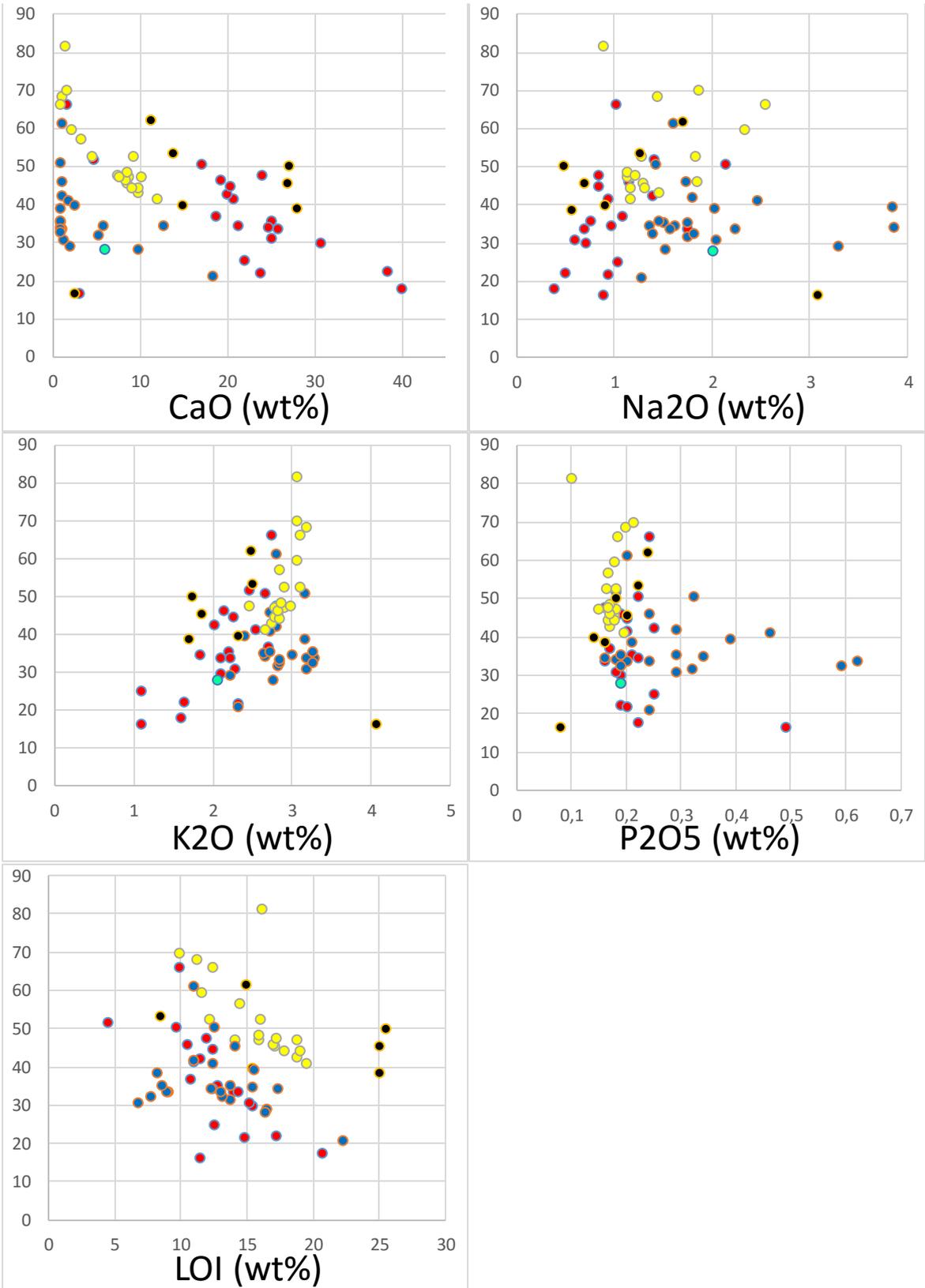
2.4: Cobalto (Co). Nelle ordinate è espressa la concentrazione in ppm del cobalto.



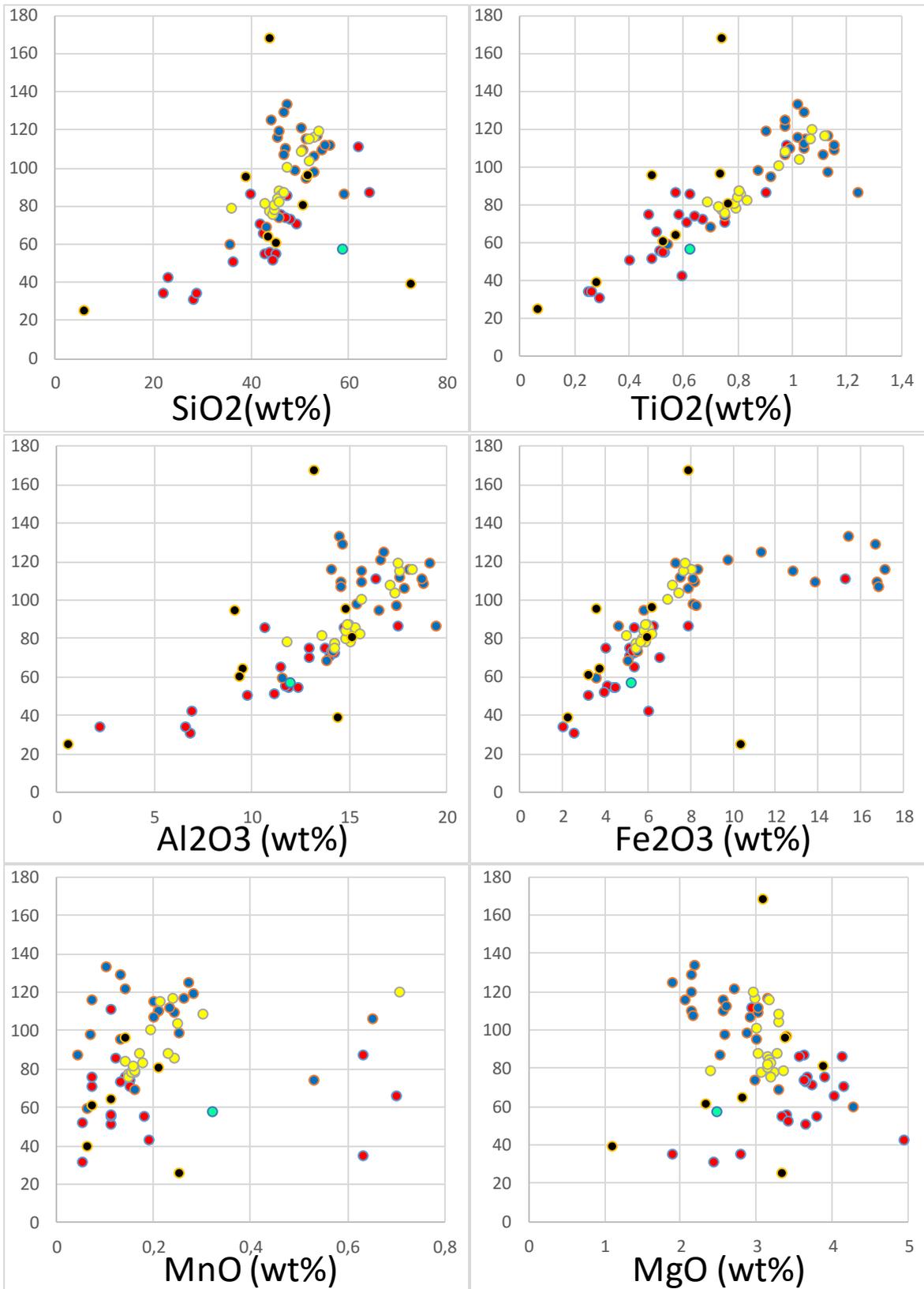


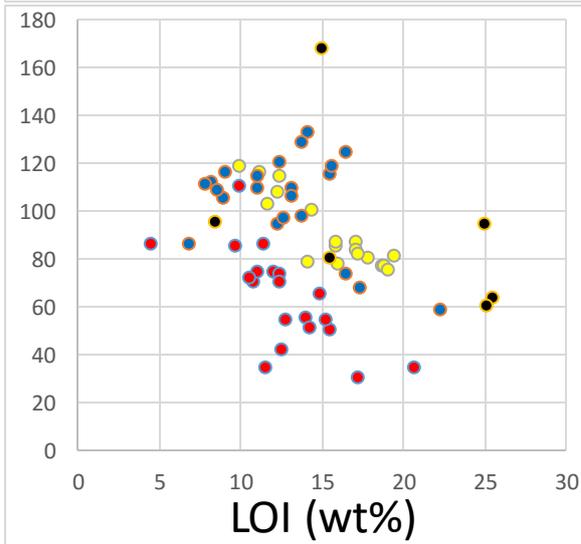
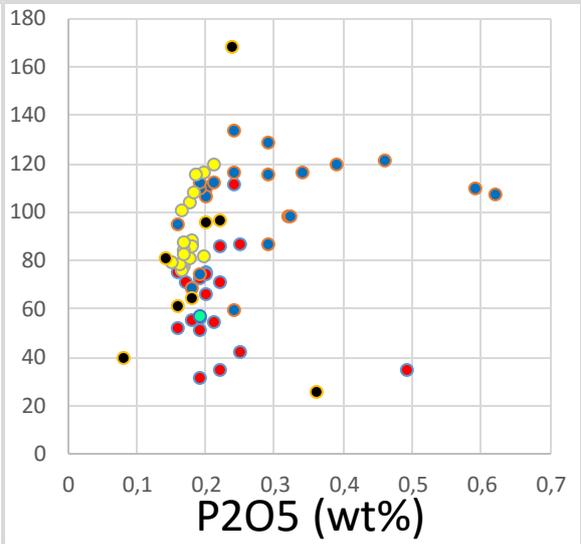
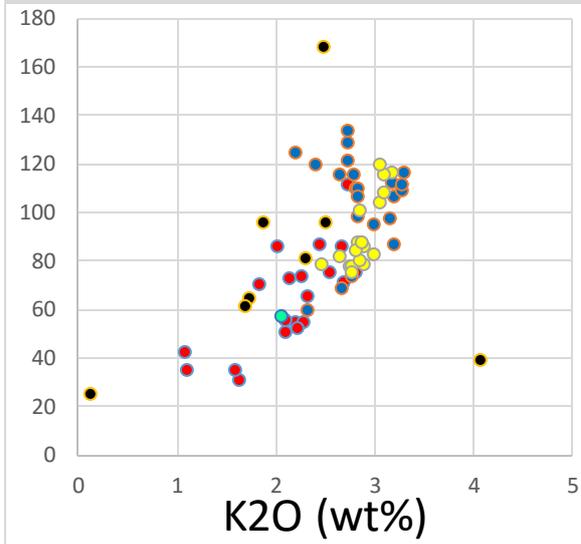
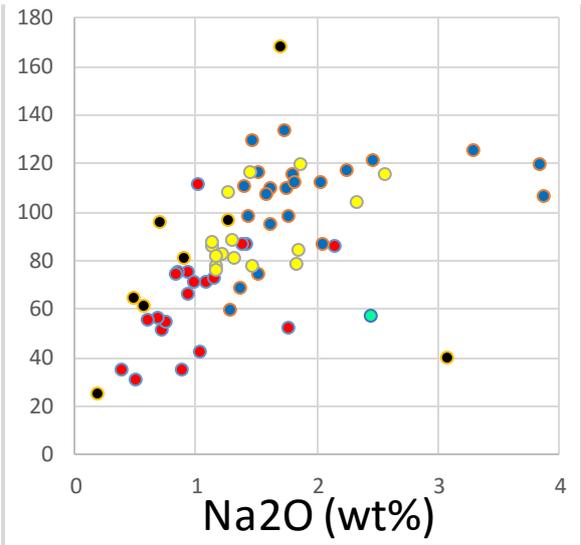
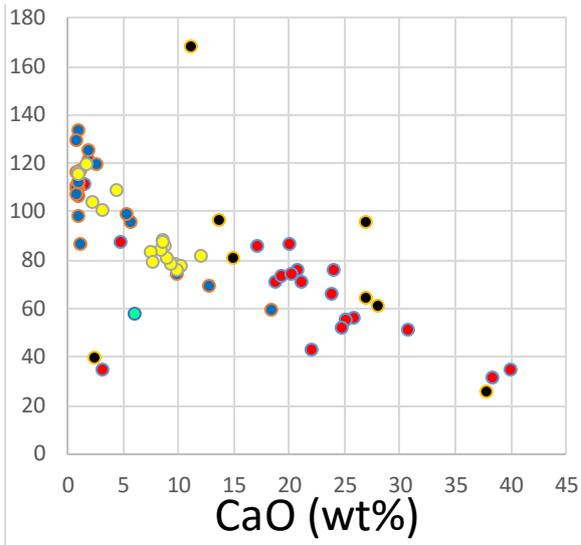
2.5: Lantano (La). Nelle ordinate è espressa la concentrazione in ppm del lantano.



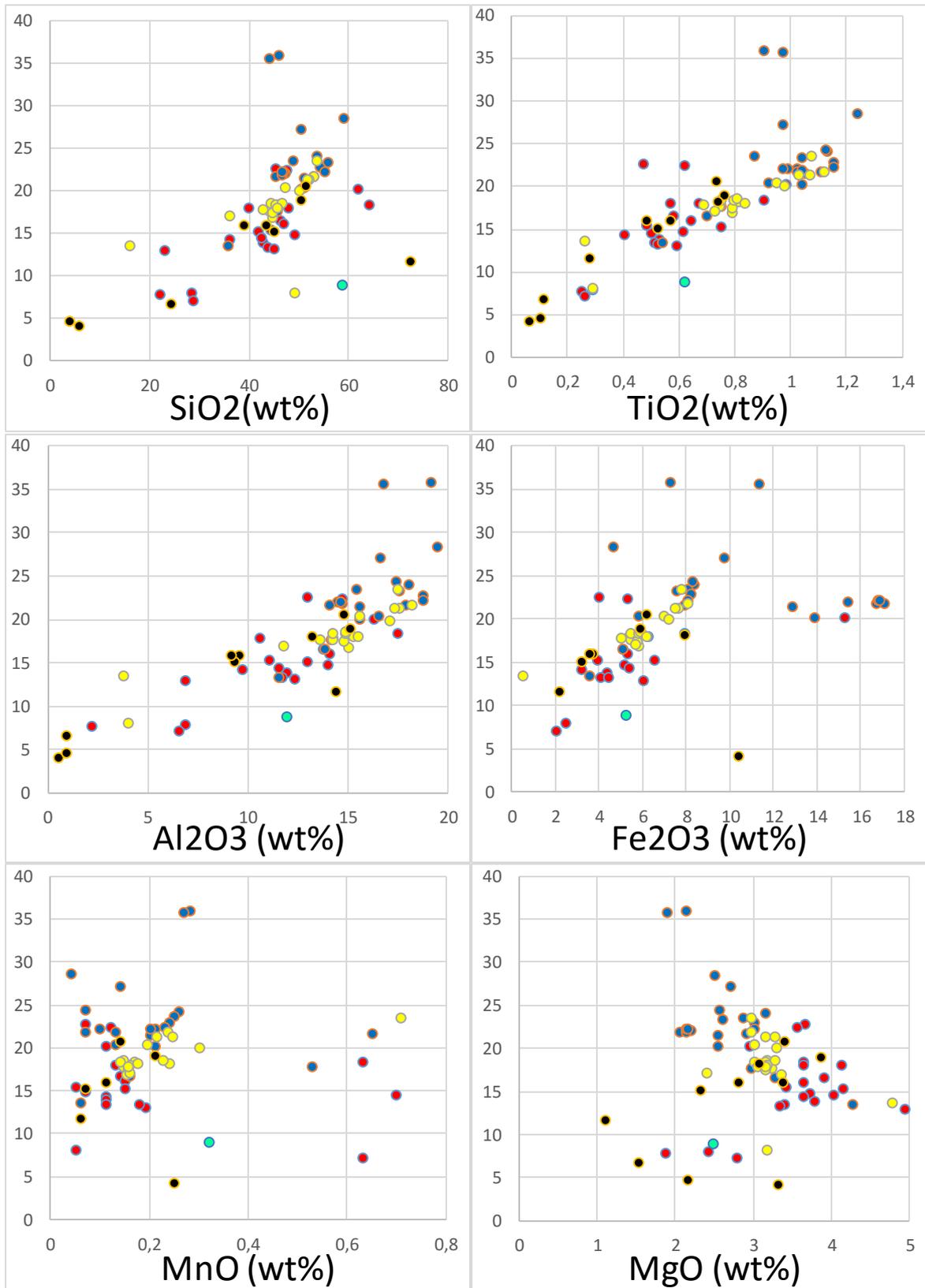


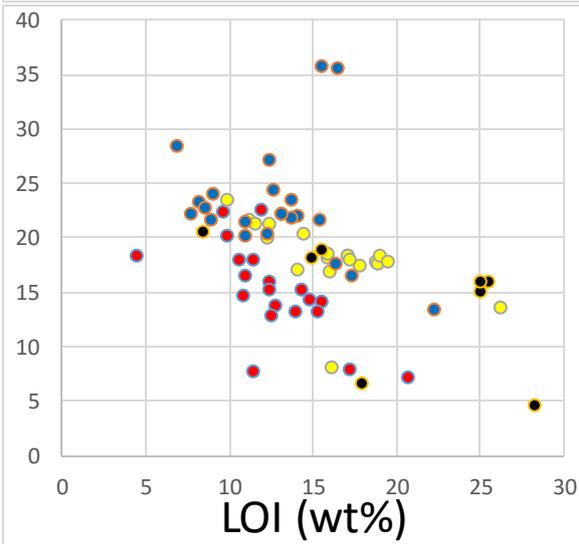
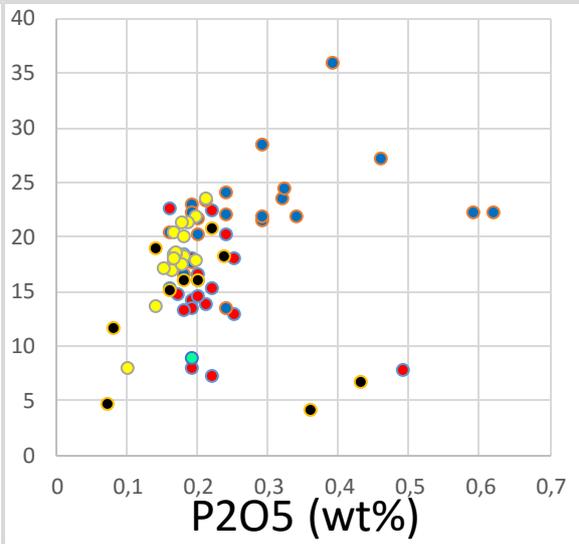
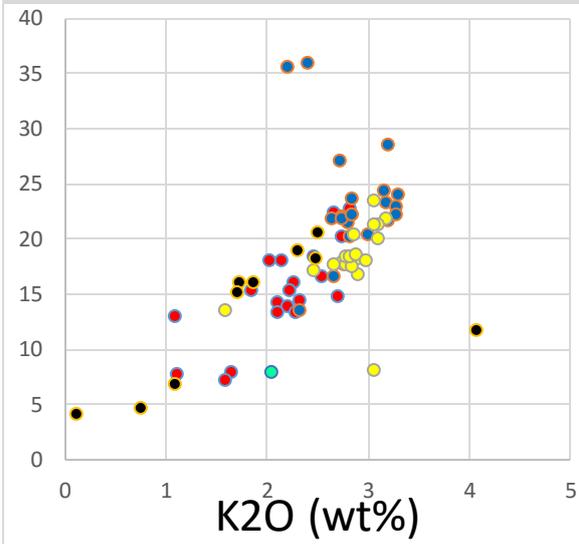
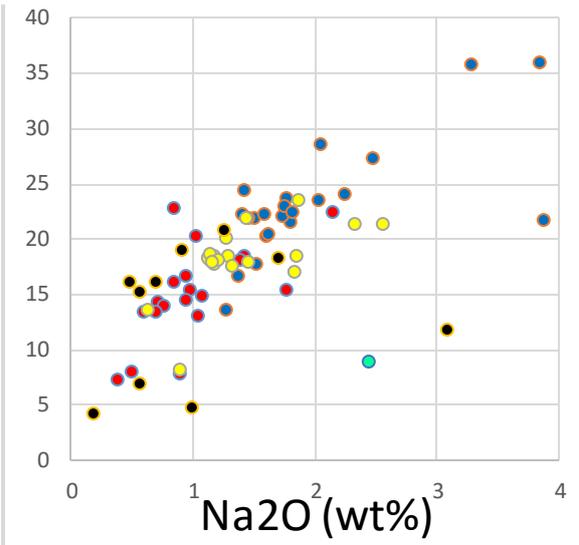
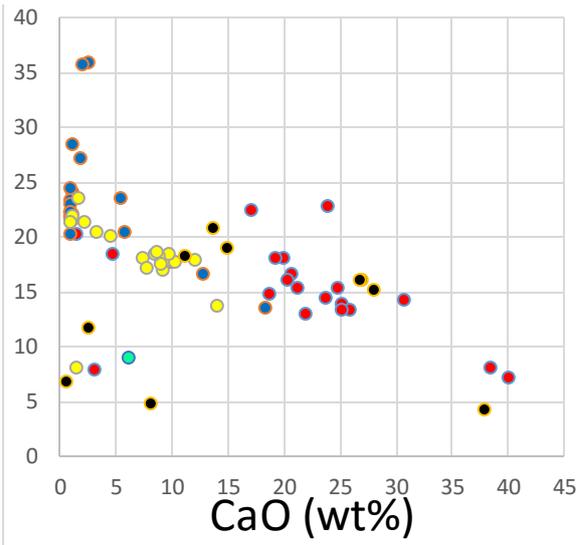
2.6: Cerio (Ce). Nelle ordinate sono espresse le concentrazioni in ppm del cerio.



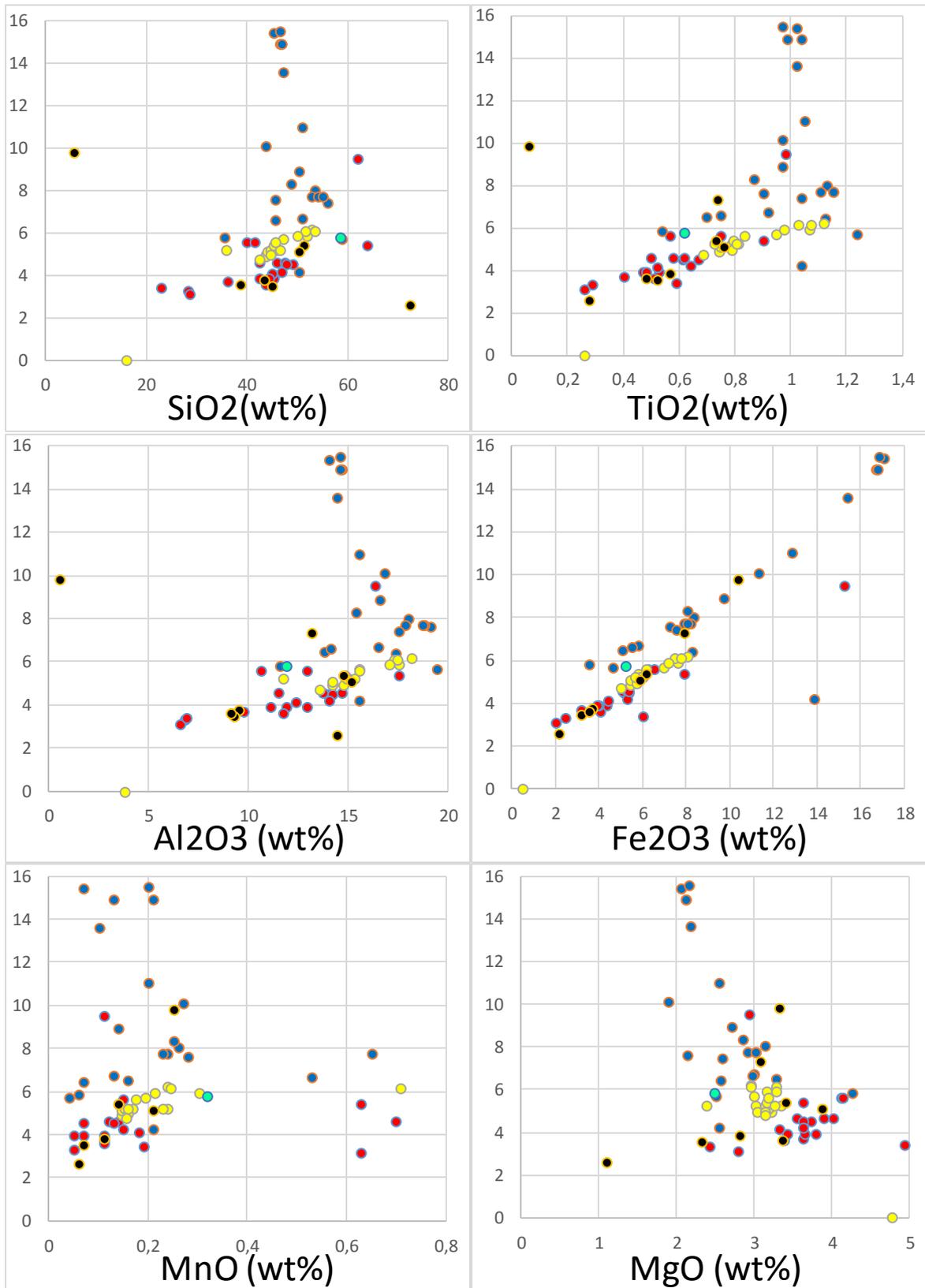


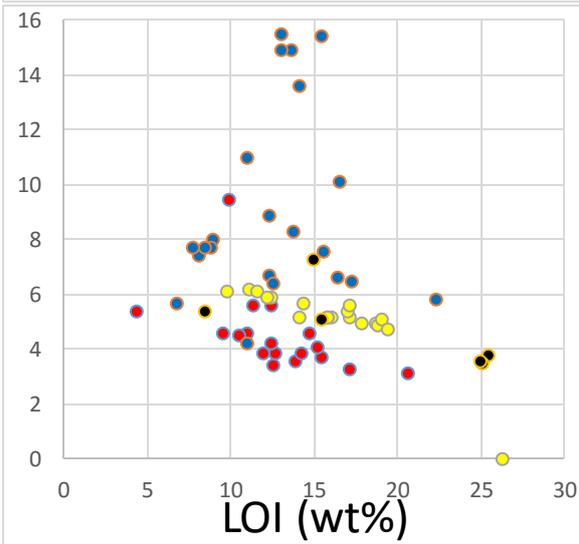
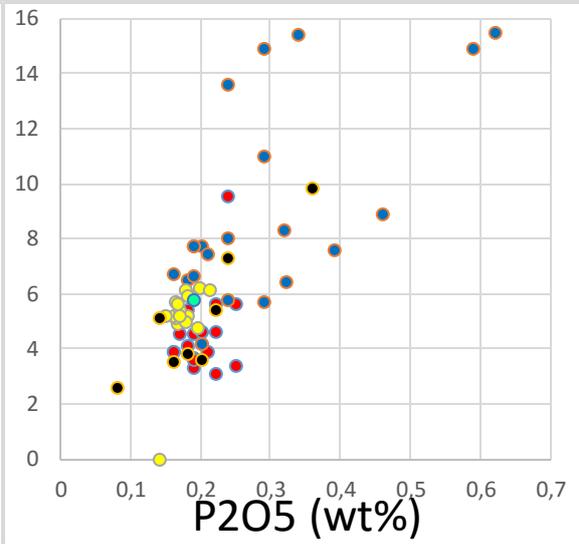
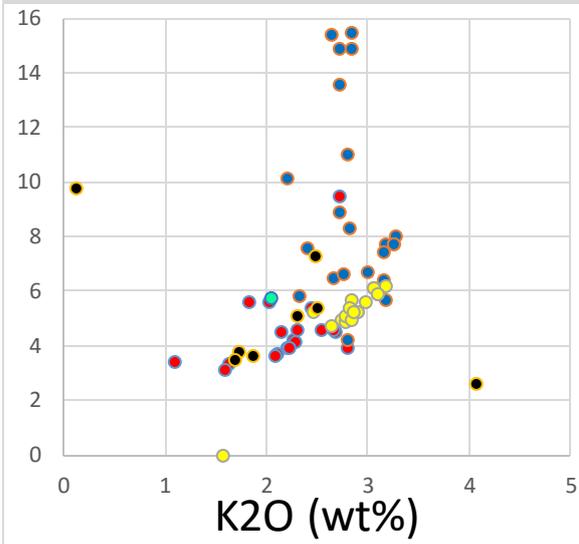
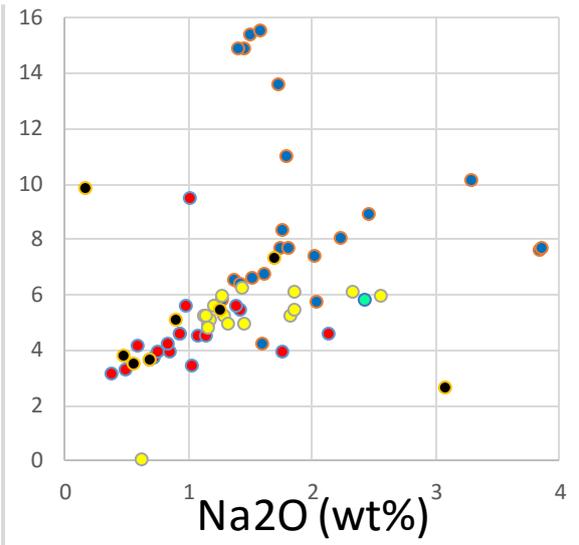
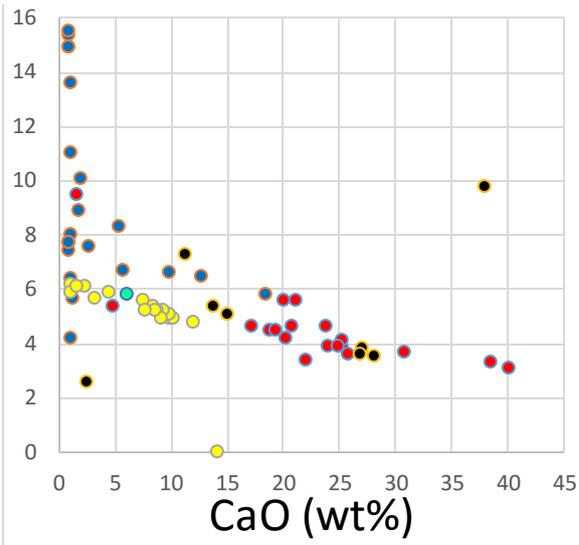
2.7: Niobio (Nb). Nelle ordinate sono espresse le concentrazioni in ppm del niobio.



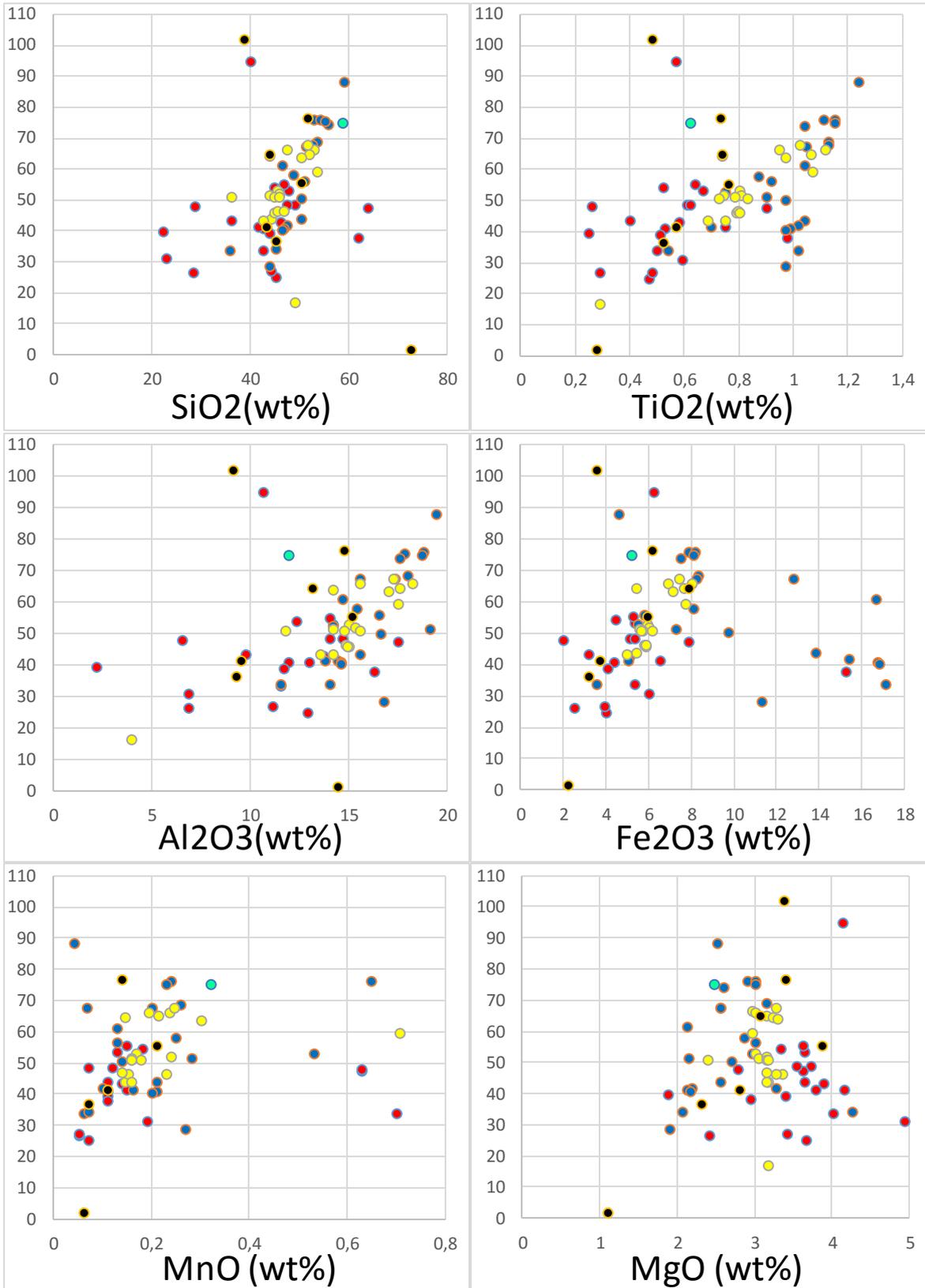


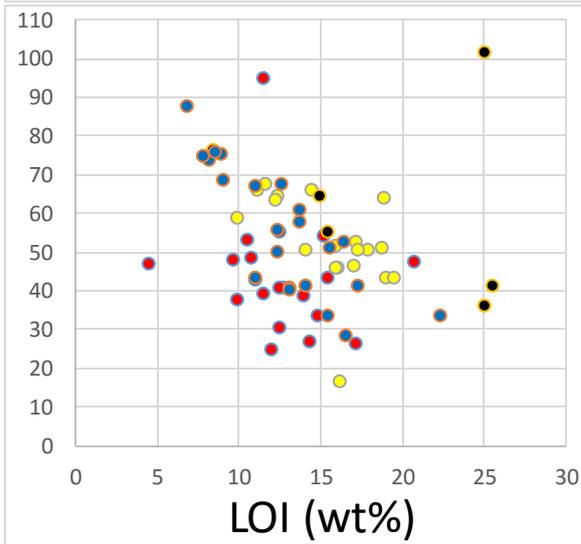
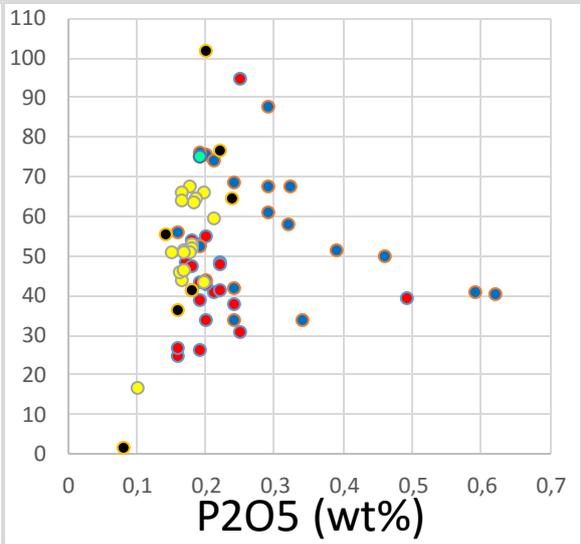
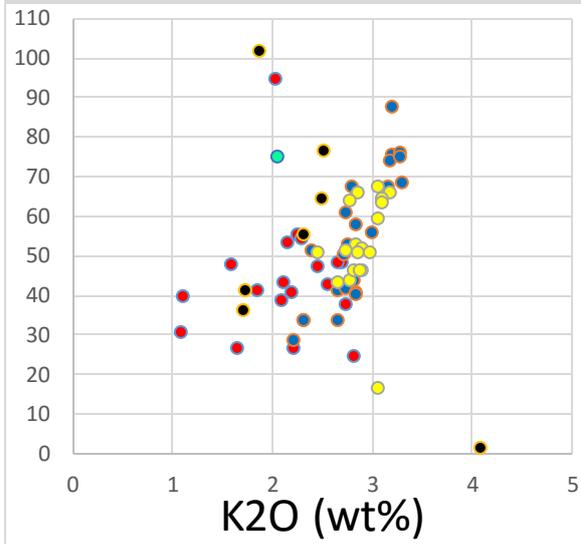
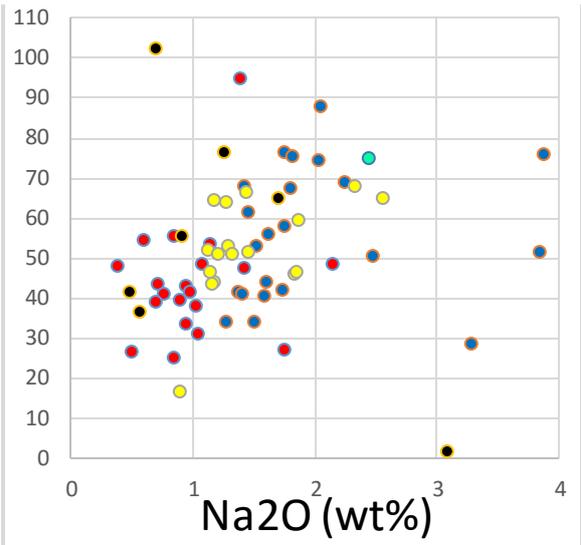
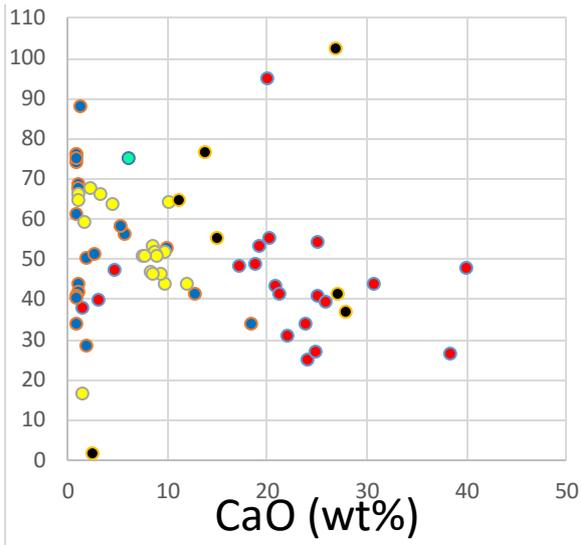
2.8 Samario (Sm). Nelle ordinate sono espresse le concentrazioni in ppm del samario.





2.9 Rame (Cu). Nelle ordinate è espressa la concentrazione in ppm del rame.





APPENDICE 3: analisi chimiche confrontate con i valori di GLOSS e cut-off.

	Valori superiori a GLOSS
	Valori superiori a GLOSS e Cut-Off
	Valori superiori a Cut-Off

		SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	
#sigla	tipo	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	wt%	
T	MICA-FE	standard	34,0	2,47	19,6	25,0	0,35	4,6	0,4	0,3	8,6	0,5
T	TB	standard	60,7	0,94	20,8	6,8	0,05	1,7	0,2	1,3	4,2	0,1
T	SIS03D	fango bianco	28,2	0,29	6,8	2,5	0,05	2,4	38,3	0,5	1,6	0,2
T	MRS10A	fango rosso croste nere	22,1	0,25	2,1	30,7	16,73	1,9	3,0	0,9	1,1	0,5
T	GBL02B	fango grigio, frammenti conchigliari	49,1	0,61	14,0	5,1	0,07	3,7	18,6	1,1	2,7	0,2
T	D56A	fango marrone	36,1	0,40	9,7	3,2	0,11	3,6	30,7	0,7	2,1	0,2
T	EOLO03B	fango marrone, noduli bruno-arancio e croste	63,9	0,90	17,5	7,9	0,63	3,6	4,6	1,4	2,4	0,2
T	D001A	fango nocciola	42,6	0,53	11,9	4,3	0,11	3,8	25,0	0,8	2,2	0,2
T	GBL01A	fango nocciola	46,1	0,58	13,7	5,1	0,14	3,9	20,6	0,9	2,5	0,2
T	SIS04 TOP	fango nocciola	43,7	0,51	11,7	4,1	0,11	3,4	25,7	0,7	2,1	0,2
T	MRS09A	fango nocciola, croste bruno-nere	39,8	0,57	10,6	6,3	1,60	4,1	19,9	1,4	2,0	0,3
T	PLN06B1	fango grigio, frammenti conchigliari	45,2	0,47	12,9	4,0	0,07	3,7	23,9	0,8	2,8	0,2
T	EOLO02C	fango arancio, noduli rossicci	62,0	0,98	16,3	15,3	0,11	2,9	1,4	1,0	2,7	0,2
T	D016A	fango grigio, croste nere e bruno-arancio	47,4	0,62	14,7	5,3	0,12	3,6	17,1	2,1	2,7	0,2
T	D008A	fango marrone	47,8	0,67	14,2	5,3	0,13	3,6	19,1	1,1	2,1	0,2
T	47B	fango nocciola, noduletti neri	28,6	0,26	6,5	2,0	0,63	2,8	40,0	0,4	1,6	0,2
T	D015F	fango nocciola, noduli e croste nere	23,0	0,59	6,9	6,0	0,19	4,9	21,9	1,0	1,1	0,3
T	D009A	fango marrone, frammenti conchigliari	46,8	0,64	14,0	5,3	0,15	3,6	20,2	0,8	2,3	0,2
T	D023C	fango nocciola, noduli neri e arancio	41,6	0,75	13,0	6,6	0,15	4,2	21,1	1,0	1,8	0,2
T	PLN03E	fango nocciola, noduli neri	42,4	0,50	11,5	5,4	0,70	4,0	23,7	0,9	2,3	0,2
T	D010A	fango nocciola	44,8	0,52	12,3	4,4	0,18	3,3	25,0	0,6	2,3	0,2
T	SIS04B	fango nocciola, frammenti conchigliari	44,3	0,48	11,1	3,9	0,05	3,4	24,7	1,8	2,2	0,2
R	GC33-RIF		45,5	0,82	15,2	6,0	0,17	3,3	8,4	1,5	2,9	0,2
R	BC28-0		43,0	0,70	13,8	5,1	0,16	3,3	12,6	1,4	2,7	0,2
R	BC27-1		50,4	1,04	15,6	13,9	0,21	2,6	0,9	1,6	2,8	0,2
R	BC10-1		51,1	1,05	15,6	12,8	0,20	2,6	0,9	1,8	2,8	0,3
R	BC26-0		51,0	0,92	16,5	5,8	0,13	3,0	5,7	1,6	3,0	0,2
R	BC25-0		53,4	1,13	18,0	8,3	0,26	3,2	1,0	2,2	3,3	0,2
R	BC23-1		47,2	1,02	14,4	15,4	0,10	2,2	0,9	1,7	2,7	0,2
R	BC21-0		35,7	0,54	11,5	3,6	0,06	4,3	18,3	1,3	2,3	0,2
R	BC08-1		50,2	0,97	16,6	9,8	0,14	2,7	1,7	2,5	2,7	0,5
R	BC07-1		45,2	1,02	14,0	17,1	0,07	2,1	0,7	1,5	2,6	0,3
R	BC06-1		48,8	0,87	15,4	8,1	0,25	2,9	5,2	1,8	2,8	0,3
R	BC05-2		46,5	1,04	14,7	16,7	0,13	2,1	0,7	1,5	2,7	0,3
R	BC05-1		45,7	0,90	19,1	7,3	0,28	2,1	2,5	3,8	2,4	0,4
R	BC04-1B		52,7	1,11	17,8	7,9	0,65	2,9	0,8	3,9	3,2	0,2
R	BC04-1A		43,8	0,97	16,8	11,3	0,27	1,9	1,8	3,3	2,2	1,2
R	BC04-0		55,9	1,04	17,5	7,5	1,07	2,6	0,8	2,0	3,2	0,2
R	BC03-1		45,6	0,75	14,1	5,5	0,53	3,0	9,8	1,5	2,8	0,2
R	BC02-1		58,9	1,24	19,4	4,6	0,04	2,5	1,1	2,0	3,2	0,3
R	BC01-1		46,8	0,99	14,6	16,7	0,21	2,1	0,7	1,4	2,8	0,6
R	BC01-0		54,2	1,15	18,8	8,2	0,24	3,0	0,8	1,7	3,3	0,2
R	BC01-1 50ML		46,5	0,97	14,6	16,8	0,20	2,2	0,7	1,6	2,8	0,6
R	BC01-0prova		55,1	1,15	18,7	8,1	0,23	3,0	0,8	1,8	3,3	0,2
A	BC02-0		52,6	1,13	17,4	8,2	0,07	2,6	0,9	1,4	3,1	0,3
A	BC03-0		44,1	0,75	14,3	5,5	0,23	3,0	9,4	1,1	2,7	0,2
A	BC05-0		52,8	1,12	18,2	8,0	0,24	3,0	0,9	1,4	3,2	0,2
A	BC06-0		45,6	0,80	15,0	5,9	0,17	3,0	8,4	1,3	2,8	0,2
A	BC07-0		51,8	1,06	17,6	7,6	0,21	3,2	0,9	2,5	3,1	0,2
A	BC08-0		51,7	1,03	17,3	7,5	0,25	3,3	2,1	2,3	3,0	0,2
A	BC09-0		43,8	0,74	14,2	5,6	0,16	3,0	9,6	1,4	2,7	0,2
A	BC10-0		47,3	0,95	15,6	6,9	0,19	3,0	3,1	6,0	2,8	0,2
A	BC11-0		43,8	0,74	14,2	5,4	0,15	3,2	10,1	1,2	2,8	0,2
A	BC12-0		44,1	0,75	14,2	5,4	0,15	3,2	9,7	1,2	2,8	0,2
A	BC13-0		44,7	0,79	15,0	5,8	0,15	3,4	9,1	1,8	2,9	0,2
A	BC14-0		45,9	0,81	15,3	6,0	0,24	3,1	8,7	1,1	2,9	0,2
A	BC17-0		44,7	0,79	14,8	5,7	0,16	3,1	8,9	1,3	2,8	0,2
A	BC18-0		45,3	0,79	14,8	5,8	0,14	3,2	8,3	1,8	2,8	0,2
A	BC19-0		46,6	0,80	14,9	5,9	0,23	3,3	8,5	1,1	2,9	0,2
A	BC20-0		45,6	0,83	15,5	6,2	0,18	3,2	7,4	1,2	3,0	0,2
A	BC22-0		35,9	0,73	11,7	5,7	0,16	2,4	7,6	19,2	2,5	0,1
A	BC23-0		53,6	1,07	17,5	7,7	0,71	3,0	1,5	1,9	3,1	0,2
A	BC24-0		42,6	0,69	13,6	5,0	0,16	3,1	11,9	1,2	2,6	0,2
A	BC27-0		50,2	0,97	17,0	7,1	0,30	3,3	4,4	1,3	3,1	0,2
M	PLN03A	crosta giallo-grigia	48,9	0,29	4,0	24,5	9,5	3,2	1,3	0,9	3,0	0,1
M	PLN08C1A	Crosta marrone scuro	15,9	0,26	3,8	0,5	31,1	4,8	14,0	0,6	1,6	0,1
M	PLN08C1B	Crosta marrone scuro	10,9	0,24	2,4	-1,6	55,4	2,8	1,1	0,8	2,3	0,1
M	PLN08C2	Crosta marrone scuro	24,3	0,11	0,9	42,4	11,0	1,5	0,4	0,6	1,1	0,4
M	EOLO05TOP	Fango marrone	43,3	0,57	9,5	3,7	0,11	2,8	26,9	0,5	1,7	0,2
M	EOLO07TOP	Fango marrone	45,0	0,52	9,3	3,2	0,07	2,3	27,9	0,6	1,7	0,2
M	ENAR02B1	Crosta marrone + carbonati	5,6	0,06	0,5	10,4	0,25	3,3	37,8	0,2	0,1	0,4
M	VST02D01A	Fango con noduli neri e conchiglie	51,4	0,73	14,8	6,2	0,14	3,4	13,7	1,3	2,5	0,2
M	SIS02(4)	Crosta nera frammentata	3,8	0,10	0,9	-2,0	51,7	2,2	8,1	1,0	0,7	0,1
M	TIR2000D017	Fango marrone	50,4	0,76	15,1	5,9	0,21	3,9	14,9	0,9	2,3	0,1
M	TIR2000TIR06	Fango con noduli neri e frammenti di conchigli	38,7	0,48	9,1	3,5	1,61	3,4	26,7	0,7	1,9	0,2
M	JG-1A	standard	72,4	0,28	14,4	2,2	0,06	1,1	2,4	3,1	4,1	0,1

		As	Ba	Br	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Ga	Ge	Hf	La	Mo	Nb	Nd	
#sigla	tipo	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
T	MICA-FE	standard	<2	258	0,7	302	620	19,3	108	180,1	0,6	95,1	2,8	38,4	174,2	<2	276	286
T	TB	standard	6,8	969	0,3	104	88	22,2	114	9,6	47,3	25,9	2,5	3,9	72,0	<2	19,8	42,4
T	SIS03D	fango bianco	16,0	449	4,9	31,0	1737	4,1	51,2	<2	26,5	10,4	<2	5,4	22,1	<2	8,0	16,9
T	MRS10A	fango rosso croste nere	630,2	494	10,9	34,7	5718	64,8	83,3	20,5	39,6	3,6	8,9	7,0	16,3	52,6	7,8	61,8
T	GBL02B	fango grigio, frammenti conchigliari	15,4	480	8,8	71,1	1613	12,7	86,9	2,7	48,5	17,3	0,8	4,1	36,8	<2	14,8	36,1
T	D56A	fango marrone	17,7	478	9,1	50,9	1814	9,8	56,4	2,0	43,5	12,2	0,6	3,3	29,8	<2	14,3	28,1
T	EOL003B	fango marrone, noduli bruno-arancio e croste	9,9	378	5,9	86,9	680	23,6	120	6,6	47,3	18,9	1,6	2,2	51,8	4,9	18,4	43,4
T	D001A	fango nocciola	17,6	546	7,5	54,8	500	12,8	70,5	6,4	40,9	14,4	1,0	4,5	35,5	1,0	13,9	27,5
T	GBL01A	fango nocciola	17,9	625	5,8	75,4	575	14,2	75,6	9,7	43,0	16,5	0,9	4,5	41,4	0,4	16,6	28,8
T	SIS04 TOP	fango nocciola	18,3	522	9,5	55,9	1395	11,5	82,5	<2	39,0	15,0	1,1	6,2	33,6	0,7	13,4	32,1
T	MRS09A	fango nocciola, croste bruno-nere	31,5	986	11,5	86,4	2838	47,9	38,0	5,9	94,9	13,8	1,2	1,6	42,4	33,4	18,0	65,4
T	PLN06B1	fango grigio, frammenti conchigliari	12,2	577	2,9	75,3	458	9,4	56,1	8,6	24,9	14,6	1,2	6,1	47,6	<2	22,7	35,9
T	EOL002C	fango arancio, noduli rossicci	79,9	330	3,4	111	91,3	32,5	112	14,2	37,9	19,8	1,7	3,3	66,1	10,0	20,2	63,9
T	D016A	fango grigio, croste nere e bruno-arancio	18,5	840	10,0	85,8	2655	15,4	54,9	9,0	48,4	15,8	0,7	3,5	50,6	0,6	22,4	38,3
T	D008A	fango marrone	14,3	504	7,4	72,9	1331	16,3	67,3	7,9	53,2	16,7	0,7	3,5	46,1	0,7	18,0	32,1
T	47B	fango nocciola, noduli neri	11,0	601	2,1	34,7	204	18,5	46,7	1,3	47,8	9,2	0,2	2,7	17,8	2,2	7,2	23,1
T	D015F	fango nocciola, noduli e croste nere	11,1	719	7,4	42,5	1915	8,1	34,9	4,9	30,9	11,8	1,0	2,9	25,0	0,6	13,0	22,6
T	D009A	fango marrone, frammenti conchigliari	17,6	422	5,6	73,9	381	16,2	70,4	6,5	55,2	15,7	1,1	3,5	44,6	1,2	16,1	38,5
T	D023C	fango nocciola, noduli neri e arancio	44,5	546	6,3	70,7	859	19,4	49,8	3,9	41,2	15,3	0,2	6,6	34,4	<2	15,3	32,7
T	PLN03E	fango nocciola, noduli neri	23,5	689	8,1	65,8	1001	13,7	63,5	7,8	33,6	13,8	1,5	1,6	21,7	6,5	14,5	47,6
T	D010A	fango nocciola	12,5	463	2,9	55,1	102	14,1	75,1	8,0	54,2	15,5	1,1	4,8	30,8	0,6	13,3	36,3
T	SIS04B	fango nocciola, frammenti conchigliari	9,1	462	10,5	52,0	3666	9,3	67,5	6,0	26,9	13,6	0,6	3,5	33,7	<2	15,4	33,7
R	GC33-RIF		21,7	503	13,3	72,1	2064	21,5	115	6,8	45,4	21,4	1,5	6,3	41,5	1,7	16,7	29,8
R	BC28-0		21,5	483	12,4	68,8	1618	16,9	99,2	11,9	41,4	19,2	1,2	4,6	34,3	0,3	16,6	37,1
R	BC27-1		38,7	411	13,9	110	1387	50,3	105	17,8	43,7	21,9	1,6	4,6	61,3	45,5	20,2	55,2
R	BC10-1		52,5	483	25,0	115	3770	48,6	121	11,7	67,4	22,5	1,2	6,5	42,0	35,5	21,5	43,3
R	BC26-0		24,2	429	17,6	95,1	1420	19,7	120	3,2	56,1	22,4	1,4	4,5	34,4	3,7	20,4	32,7
R	BC25-0		53,9	504	46,0	117	3570	34,8	148	8,3	68,7	25,1	1,5	7,5	33,6	26,0	24,1	37,2
R	BC23-1		40,6	545	22,2	133	2431	39,7	119	12,2	41,7	21,7	1,2	4,5	45,8	27,8	22,1	57,9
R	BC21-0		16,4	380	12,9	59,6	1030	8,8	81,2	7,1	33,8	14,7	1,1	2,0	20,9	1,4	13,5	27,8
R	BC08-1		97,4	594	19,1	121	3479	32,5	96,1	6,7	50,2	21,8	1,4	4,7	41,0	5,3	27,2	43,4
R	BC07-1		139,6	510	37,9	116	3188	32,4	116	4,5	33,9	22,3	1,3	8,4	35,1	33,4	21,8	52,2
R	BC06-1		58,3	504	16,5	98,5	1707	30,2	107	7,7	57,9	22,0	1,4	4,9	31,6	3,2	23,6	42,9
R	BC05-2		54,1	502	32,9	129	2086	59,2	117	15,2	61,1	22,9	1,3	7,4	35,5	42,5	21,9	54,8
R	BC05-1		34,9	828	21,3	120	2900	54,4	71,4	9,9	51,3	21,7	1,2	4,3	39,5	12,0	35,9	40,9
R	BC04-1B		35,5	466	63,0	106	4150	27,5	127	9,2	75,8	25,0	1,4	3,5	33,8	22,1	21,7	47,7
R	BC04-1A		86,8	772	29,0	125	3497	29,5	73,6	10,1	28,5	23,2	1,2	4,7	29,1	41,7	35,7	46,9
R	BC04-0		39,9	452	49,6	112	2379	24,4	115	3,4	74,1	24,8	1,5	5,2	38,8	30,7	23,4	47,8
R	BC03-1		24,1	433	16,4	73,9	1922	19,8	90,3	7,8	52,7	20,4	1,3	7,5	28,1	3,2	17,7	39,7
R	BC02-1		52,4	450	30,9	86,8	1150	12,7	141	6,0	87,9	26,6	1,4	3,9	30,7	85,9	28,5	30,7
R	BC01-1		44,9	486	38,0	110	1723	36,6	113	24,6	40,8	23,5	1,4	6,6	32,5	41,3	22,2	51,2
R	BC01-0		40,3	462	40,6	109	1777	31,7	138	6,4	76,1	25,7	1,5	5,5	35,4	9,7	22,9	39,7
R	BC01-1 50ML		43,9	484	43,8	107	2992	36,1	111	22,4	40,4	23,4	1,3	5,2	33,5	41,6	22,2	48,1
R	BC01-0prova		37,7	448	41,0	112	1872	30,0	137	9,6	75,1	26,1	1,4	6,8	32,5	9,3	22,3	40,3
A	BC02-0		75,5	532	30,2	97,8	562	24,4	137	14,6	67,6	26,6	1,6	6,7	50,7	184	24,4	41,8
A	BC03-0		24,5	557	9,3	91,6	313	20,7	96,2	8,8	51,0	21,2	1,5	2,9	46,0	0,5	18,4	44,6
A	BC05-0		36,3	410	15,4	116	599	30,5	132	10,2	66,1	24,9	1,6	4,6	68,4	5,6	21,8	54,7
A	BC06-0		24,9	511	12,4	87,9	1095	21,3	104	8,7	52,9	21,3	1,9	3,5	45,6	2,1	18,4	43,1
A	BC07-0		38,6	361	41,3	115	6416	30,5	130	10,1	64,7	24,9	1,7	4,0	66,0	6,0	21,3	46,3
A	BC08-0		27,8	370	22,7	104	4658	28,7	119	11,0	67,6	24,2	1,8	5,0	59,4	3,0	21,3	43,1
A	BC09-0		22,7	429	13,3	77,9	2264	20,4	98,2	8,2	51,4	20,3	1,6	4,7	42,9	1,0	17,9	36,2
A	BC10-0		27,3	398	23,4	101	6747	27,6	124	9,6	66,1	23,5	1,6	4,8	56,9	2,3	20,4	45,1
A	BC11-0		22,4	610	8,2	77,5	330	19,2	102	6,6	64,2	20,5	1,1	3,8	47,1	-0,1	17,7	41,9
A	BC12-0		23,8	459	8,8	75,6	372	18,8	99,6	3,0	43,7	20,6	1,5	2,4	44,4	0,0	18,5	37,6
A	BC13-0		23,9	472	17,8	78,4	3822	20,9	104	10,6	46,1	21,3	0,4	4,5	52,6	0,5	16,9	42,2
A	BC14-0		24,3	429	8,7	85,7	325	21,7	104	7,5	51,8	22,1	1,1	5,9	47,1	1,2	18,2	44,8
A	BC17-0		22,9	548	11,2	80,6	1179	20,2	101	5,5	50,9	21,2	1,4	3,2	44,2	1,1	17,6	45,6
A	BC18-0		22,1	438	18,3	84,1	4104	20,7	97,9	7,8	46,5	21,4	1,3	1,9	46,1	0,5	18,4	40,9
A	BC19-0		22,5	451	7,9	87,6	143	21,1	103	1,9	46,2	21,1	1,5	4,2	48,5	2,0	18,6	44,2
A	BC20-0		24,9	463	9,1	82,7	461	23,1	111	8,0	50,8	22,6	1,5	4,8	47,5	1,4	18,1	54,3
A	BC22-0		25,3	399	20,0	78,9	20276	20,1	97,1	8,4	50,8	21,1	1,4	5,1	47,3	1,8	17,1	42,4
A	BC23-0		33,6	444	14,9	120	1239	31,3	121	11,3	59,3	23,2	1,9	4,5	69,8	10,5	23,5	75,4
A	BC24-0		22,2	614	7,2	81,6	347	17,4	94,2	9,3	43,6	18,8	1,0	2,7	41,3	0,2	17,8	42,4
A	BC27-0		28,4	471	11,4	108	435	29,2	128	10,6	63,6	24,0	1,3	4,7	52,4	3,2	20,0	49,3
M	PLN03A	crosta giallo-grigia	133,3	562	2,9	296	141	10,4	29,8	15,3	16,6	5,1	2,7	6,3	81,4	131	8,1	271
M																		

		Ni	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Sm	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zn	Zr
#sigla	tipo	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm							
T	MICA-FE	59,8	13,6	766	90,9	0,8	7,7	24,0	59,9	5,8	10,0	199	85,0	123	20,3	45,8	1314	758
T	TB	52,7	8,3	159	<2	0,7	18,4	5,3	<2	156	3,9	16,3	4,2	92,6	2,3	24,0	86,6	167
T	SIS03D	17,2	13,9	33,7	989	0,7	<2	3,3	5,7	751	3,6	7,8	2,4	63,3	<2	13,6	54,2	121,4
T	MRS10A	55,1	6,5	<2	3246	0,2	54,5	38,3	<2	348	3,3	24,2	10,8	441	6,2	16,2	77,7	71,2
T	GBL02B	38,2	19,8	69,6	665	0,7	<2	4,5	1,3	571	3,8	11,0	4,2	105,3	<2	22,7	85,0	156
T	D56A	27,9	21,0	45,1	1443	0,8	<2	3,7	8,3	801	3,6	11,4	3,7	79,3	0,6	20,6	64,3	163
T	EOL003B	51,1	21,0	71,7	257	0,8	22,7	5,4	1,2	380	4,2	9,8	3,5	139	1,8	26,0	83,5	167
T	D001A	32,3	22,7	52,3	1006	0,7	<2	3,9	4,8	739	3,4	10,9	3,4	98,0	<2	20,5	73,7	159
T	GBL01A	37,3	23,2	63,1	820	0,7	<2	4,6	4,8	645	3,6	12,2	3,5	108	1,1	23,2	80,4	164
T	SIS04 TOP	33,5	45,8	49,8	907	0,7	<2	3,6	1,7	720	3,7	9,4	4,0	80,2	0,6	14,4	79,6	155
T	MRS09A	73,1	35,4	40,0	1884	0,7	<2	5,6	5,5	595	3,6	14,1	5,5	129	1,7	29,1	99,3	169
T	PLN06B1	26,5	24,2	63,6	631	0,7	<2	3,9	5,0	646	3,2	15,5	3,2	79,6	0,0	26,1	71,8	196
T	EOL002C	59,7	25,2	74,3	164	0,8	21,8	9,5	3,8	199	3,9	14,3	4,8	201	1,7	27,2	104	165
T	D016A	28,4	30,3	65,0	886	0,7	4,8	4,6	6,6	745	4,0	18,2	4,7	115	1,7	21,4	81,7	205
T	D008A	35,6	18,0	47,7	849	0,7	0,5	4,5	2,9	700	4,0	10,5	3,6	111	1,4	22,4	77,3	170
T	47B	38,3	21,2	31,2	597	0,8	<2	3,1	4,1	743	3,3	8,6	2,6	62,7	3,5	14,5	52,9	116
T	D015F	16,1	14,3	36,9	1431	0,7	<2	3,4	0,0	641	4,3	8,0	3,0	77,3	1,1	20,2	54,9	139
T	D009A	37,3	22,8	55,7	632	0,8	9,5	4,2	3,8	664	3,8	8,9	2,5	107	1,2	21,6	76,6	158
T	D023C	35,6	31,1	38,8	1241	0,7	<2	5,6	2,7	682	3,6	12,5	3,5	156	0,5	21,1	75,9	157
T	PLN03E	37,0	22,7	50,3	1104	0,7	<2	4,6	3,5	703	4,1	12,2	4,6	97,8	2,0	20,5	71,1	148
T	D010A	40,4	20,9	58,6	524	0,7	<2	4,1	2,7	695	3,4	10,3	2,7	93,9	<2	19,6	75,9	146
T	SIS04B	27,8	20,0	50,1	956	0,8	<2	3,9	2,5	692	4,0	9,6	3,0	87,1	<2	22,4	70,7	167
R	GC33-RIF	52,7	29,8	92,0	506	0,7	8,4	6,5	5,2	358	2,1	14,9	4,9	139	2,5	26,7	105	156
R	BC28-0	45,0	33,0	78,4	893	0,7	18,2	6,5	4,0	482	1,3	14,7	4,7	136	1,3	25,3	96,7	161
R	BC27-1	65,4	25,2	76,7	326	0,9	0,8	4,2	-14,5	188	1,3	19,0	6,2	170	3,0	19,4	117	149
R	BC10-1	108	39,4	227	585	7,1	8,7	11,0	5,3	213	1,6	16,6	12,7	195	1,7	30,6	117	158
R	BC26-0	51,4	46,3	213	693	0,4	25,4	6,7	5,0	351	1,2	15,2	9,5	161	0,6	28,9	99,5	179
R	BC25-0	80,0	68,8	417	1033	1,0	11,9	8,0	3,8	196	2,2	18,7	24,1	211	0,5	31,3	112	172
R	BC23-1	89,4	40,6	238	911	-1,0	7,6	13,6	4,2	231	2,5	19,6	14,8	193	2,0	32,1	122	173
R	BC21-0	29,6	29,2	131	1757	-0,9	64,2	5,8	7,5	717	0,6	11,4	6,8	93,9	-2,0	26,3	75,9	156
R	BC08-1	78,4	48,4	192	739	4,6	9,5	8,9	1,1	299	2,2	21,0	10,1	158	0,9	29,0	98,4	189
R	BC07-1	81,5	48,3	304	1211	2,9	7,4	15,4	5,4	183	1,8	19,4	20,1	181	1,0	27,0	120	156
R	BC06-1	72,6	39,7	182	508	1,8	26,7	8,3	7,7	355	2,1	17,8	8,9	148	0,7	29,1	105	178
R	BC05-2	112	47,1	304	969	1,3	7,5	14,9	-1,0	190	3,0	20,0	19,9	197	0,6	26,5	118	150
R	BC05-1	87,1	52,3	239	1411	1,7	12,3	7,6	2,2	468	2,2	28,1	14,6	155	1,0	24,1	66,9	255
R	BC04-1B	63,8	57,4	504	880	0,6	10,8	7,7	6,6	171	2,6	17,1	30,6	181	1,0	30,4	106	156
R	BC04-1A	55,0	52,5	284	1830	2,1	12,8	10,1	4,8	378	3,6	31,0	20,1	178	3,1	26,8	60,3	243
R	BC04-0	54,4	53,3	448	694	1,8	6,8	7,4	3,9	190	1,3	20,1	26,4	182	0,7	29,6	101	173
R	BC03-1	49,6	35,0	167	694	0,6	35,6	6,6	6,1	491	1,4	16,2	7,8	124	0,8	28,1	95,9	165
R	BC02-1	34,3	45,2	552	880	-0,3	10,9	5,7	5,2	294	2,4	18,1	32,4	218	2,2	23,4	83,7	218
R	BC01-1	83,2	44,5	338	1066	1,0	7,2	14,9	-0,4	176	2,3	23,5	22,6	194	1,0	24,7	99,9	159
R	BC01-0	72,0	54,7	395	656	-0,4	7,4	7,7	2,4	152	2,3	15,8	21,2	188	1,2	30,3	110	151
R	BC01-1 50ML	82,5	48,2	394	1216	0,3	10,5	15,5	5,5	179	1,7	23,5	26,8	195	1,7	24,9	105	161
R	BC01-0prova	69,7	53,8	397	665	1,2	8,9	7,7	2,7	164	2,8	17,6	21,8	190	1,8	30,8	108	161
A	BC02-0	51,4	29,4	40,1	1832	0,8	-2,5	6,4	4,7	185	4,4	20,0	28,3	256	1,7	23,6	89,1	175
A	BC03-0	53,1	38,5	88,6	545	0,8	-3,7	5,2	1,4	478	3,7	14,7	4,5	132	-0,2	25,3	105	157
A	BC05-0	65,1	38,5	113	409	0,8	20,8	6,2	2,3	166	3,7	16,3	6,9	168	2,2	29,9	115	156
A	BC06-0	54,8	38,0	90,5	672	0,7	5,3	5,2	5,1	433	3,6	15,4	5,3	138	1,1	27,0	106	157
A	BC07-0	63,9	38,4	99,4	959	0,8	24,1	5,9	4,9	159	3,9	17,3	10,3	162	2,5	29,7	127	155
A	BC08-0	67,4	37,5	111	702	0,7	24,6	6,1	2,4	210	3,8	16,0	5,6	153	1,6	30,1	118	156
A	BC09-0	52,7	31,9	86,5	805	0,8	19,0	5,0	5,2	466	3,8	13,6	4,6	129	0,6	25,4	97,9	154
A	BC10-0	67,1	37,5	103	736	0,8	17,3	5,7	5,6	239	4,0	15,0	6,3	148	1,8	28,9	116	152
A	BC11-0	51,8	38,0	86,2	546	0,8	-8,4	4,9	4,5	470	4,0	16,0	4,6	132	2,0	26,8	118	159
A	BC12-0	50,0	37,8	86,6	474	0,7	15,1	5,1	0,5	462	3,2	15,2	4,5	131	1,8	27,6	115	169
A	BC13-0	55,3	35,5	87,8	741	0,8	9,8	5,2	4,3	414	3,9	14,7	5,6	133	1,2	25,1	102	149
A	BC14-0	55,2	38,1	90,6	477	0,7	23,2	5,2	6,3	422	3,5	15,0	5,4	134	0,4	25,8	107	155
A	BC17-0	52,2	36,4	88,9	519	0,8	1,9	5,0	3,2	424	3,5	13,9	5,4	132	1,8	26,2	103	155
A	BC18-0	49,7	30,3	89,5	782	0,7	18,8	5,4	0,7	420	3,8	15,1	4,8	135	1,3	26,9	103	159
A	BC19-0	52,8	34,7	91,0	447	0,7	20,0	5,2	2,7	408	3,6	14,9	4,5	137	0,6	28,0	105	164
A	BC20-0	59,0	40,9	101	495	0,7	17,0	5,6	4,7	362	3,5	15,0	4,2	137	0,9	28,4	111	152
A	BC22-0	52,3	32,5	87,2	778	0,7	16,2	5,2	3,7	406	4,5	14,0	5,5	128	0,7	25,4	107	147
A	BC23-0	83,7	35,0	99,8	2217	0,8	19,2	6,1	2,4	239	3,9	19,2	7,9	163	2,5	31,5	116	177
A	BC24-0	46,2	31,6	81,7	546	0,7	-1,9	4,8	4,5	565	3,5	15,5	4,2	127	1,0	24,9	95,7	163
A	BC27-0	72,1	42,9	106	491	0,8	10,5	5,9	4,7	280	3,7	16,4	4,7	155	1,5	29,4	118	156
M	PLN03A	47,6	7,1	38,6	171	0,8	46,1	24,2	-2,3	181	3,8	10,4	4,4	42,5	34,5	8,1	33,4	57,1
M	PLN08C1A	561	72,6	4,3	1109	0,8	4,9	0,0	5,5	533	-0,3	13,9	4,7	37				

Bibliografia

- Allegrini, E., Maresca, A., Olsson, M.E., Holtze, M.S., Boldrin, A., Astrup, T.F., 2014. *Quantification of the resource recovery potential of municipal solid waste incineration bottom ashes*. Waste Management **34** (9), 1627–1636. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.003>.
- Arigliano M., 2014. *Analisi WDXRF del contenuto di elementi critici nei sedimenti di fondale marino del Bacino di Paola (Mar Tirreno sud-orientale)*, Tesi di Laurea Triennale, Università di Bologna.
- Beccaluva L., Gabbianelli G., Lucchini F., Rossi P.L. & Savelli C., 1985. *Petrology and K/Ar ages of volcanic dredged from the Aeolian seamount: implications for geodynamic evolution of the Southern Tyrrhenian basin*. Earth and Planetary Science Letters, **74**: 187-208.
- Brouwer P., 2010. *Theory of XRF*. PANalytical B.V.
- Cavazza, W., and Wezel, F.C. 2003, *The Mediterranean region, a geological primer: Episodes*, **26**: 160-168.
- European Commission, 2014. *Report on Critical raw materials for the EU*, Critical raw materials profiles.
- Funari V., Braga R., Bokhari S.N., Dinelli, E., Meisel, T., 2015. *Solid residues from Italian municipal solid waste incinerators: a source for "critical" raw materials*. Waste management, **45**: 206-216.
- GTK - Geologic Survey of Finland, 2013. *Metal mines active in 2013 in Fennoscandia*. GTK annual report, available at: http://en.gtk.fi/export/sites/en/information-services/databases/fodd/large_active_mines.pdf.
- Kato Y., Fujinaga K., Nakamura K., Takaya Y., Kitamura K., Ohta J., Toda R., Nakashima T., Iwamori H., 2011. *Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements*. Nature Geoscience, **IV**: 535–539.
- Koschinsky A. and Hein JR., 2003. *Uptake of elements from seawater by ferromanganese crusts: Solid-phase associations and seawater speciation*. Marine Geology, **198**: 331–351.
- Ligi M., et al., 2014. *Mapping of Seafloor Hydrothermally Altered Rocks Using Geophysical Methods: Marsili and Palinuro Seamounts, Southern Tyrrhenian Sea*. In: Economic Geology, **109**: 2103-2117.
- Marani M., Gamberi F. and Bonatti E., 2004. *From seafloor to deep mantle: architecture of the Tyrrhenian back-arc basin*. Mem.Descr.Carta geol.d'Italia, Vol.LXIV.
- Petersen S., et al., 2014. *Drilling Shallow-Water Massive Sulfides at the Palinuro Volcanic Complex, Aeolian Island Arc, Italy*. In: Economic Geology, **109**: 2129-2158.
- Plank T., Langmuir C. H., 1998. *The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle*. In: Chemical Geology **145**: 25–394. Elsevier Ltd.
- Plank T., 2014. *The chemical composition of subducting sediments*. In: H. Holland & K. Turekian (Eds), *Treatise on geochemistry*, 2nd edition, IV (2014), pp. 607-629. Elsevier Ltd.
- Rota F.A., 2014. *Analisi della distribuzione di elementi critici nei sedimenti di fondale marino del Bacino di Paola (SE Tirreno)*. Tesi di Laurea Triennale, Università di Bologna.
- Takahashi Y, Manceau A, Geoffroy N, Marcus MA, and Usui A., 2007. *Chemical and structural control of the partitioning of Co, Ce, and Pb in marine ferromanganese oxides*. Geochimica et Cosmochimica Acta **71**: 984–1008.
- Torcolacci G., 2014. *Analisi chimica e mineralogica di sedimenti di fondo marino del Mar Tirreno sud-orientale*, Tesi di Laurea Triennale, Università di Bologna.
- Trua T., Serri G., Rossi P.L., 2004. *Coexistence of IAB-type and OIB-type magmas in the southern Tyrrhenian back-arc basin: evidence from recent seafloor sampling and geodynamic implications*. In: M.P. Marani, F. Gamberi, E. Bonatti (Eds), *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, XLIV* (2004), pp. 83-96.