

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CALABRIA
FACOLTÀ DI S. M. F. N.**

Corso di Laurea in Scienze Geologiche

DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE DELLA TERRA - XXII CICLO

**CARATTERIZZAZIONE COMPOSIZIONALE DI MATERIALI LAPIDEI GEOLOGICI
ED ARCHEOLOGICI FINALIZZATA ALL'INDIVIDUAZIONE DELLA
PROVENIENZA DEI LITOTIPI DEL PARCO ARCHEOLOGICO DI SIBARI.**

Settore scientifico disciplinare GEO/09

Relatori:

Prof. Gino Mirocle Crisci

Dott. Domenico Miriello

Dottoranda:

Dott. ssa Sonia Francolino

Coordinatore:

Prof. Franco Russo

Indice

	Pag.
Introduzione	1
CAPITOLO I <i>SIBARI ED IL SUO TERRITORIO</i>	
1.1 Notizie storiche	3
1.2 La geologia	4
1.3 Le ricerche della città sepolta	8
1.4 Descrizione del Parco del Cavallo e dell'Emiciclo-Teatro	12
CAPITOLO II <i>CAMPIONAMENTO ED INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO</i>	
2.1 Campionamento dei materiali lapidei delle cave	17
2.1.1 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Cerchiara	19
2.1.2 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Francavilla Marittima	22
2.1.3 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Timpone Arcomano	24
2.1.4 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Spezzano Albanese	27
2.1.5 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Cassano	29
2.2 Campionamento dei materiali lapidei del Parco Archeologico di Sibari	31
2.2.1 Punti di prelievo e descrizione dei campioni	33

CAPITOLO III
METODOLOGIE ANALITICHE DI LABORATORIO

3.1 Spettrometria per fluorescenza a raggi X	38
3.1.1 Preparazione del campione	40
3.2 Diffrazione di raggi X	40
3.3 Determinazione della perdita per calcinazione	43
3.4 Determinazione del contenuto di calcio	44
3.5 Termogravimetria e Calorimetria Differenziale a scansione	45
3.6 Spettrofotometria infrarossa	47
3.7 Colorimetria	49
3.8 Porosimetria a mercurio	51

CAPITOLO IV
L'ANALISI STATISTICA DEI DATI

4.1 Introduzione alla geostatistica	57
4.2 Metodi di classificazione	61
4.3 Analisi discriminante	61

CAPITOLO V
RISULTATI DELLE ANALISI

5.1 Le analisi effettuate	66
5.1.2 Risultati delle analisi chimiche in fluorescenza X	66
5.1.3 Risultati delle analisi diffrattometriche	70
5.1.4 Risultati dell'analisi petrografica	72
5.1.4.1 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Francavilla Marittima	72
5.1.4.2 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Timpone Arcomano	74
5.1.4.3 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Cerchiara	75
5.1.4.4 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Cassano	76

5.1.4.5 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Spezzano Albanese	77
5.1.5 Risultati della calcimetria	79
5.1.6 Risultati delle analisi termogravimetriche	81
5.1.7 Risultati dell'analisi termica differenziale a scansione	83
5.1.8 Risultati della spettrofotometria IR	85
5.1.9 Risultati delle analisi colorimetriche	118
5.1.10 Risultati delle analisi porosimetriche	120
CAPITOLO VI	
<i>DISCUSSIONE DEI DATI</i>	
6.1 Trattazione geochimica dei dati relativi ai campioni delle cave	122
6.2 Trattazione dei dati diffrattometrici	135
6.3 Trattazione dei dati termogravimetrici	142
6.4 Trattazione dei dati colorimetrici	148
6.5 Trattazione dei dati porosimetrici	150
6.6 Analisi discriminante dei dati composizionali	160
Conclusioni	175
Bibliografia	178
Ringraziamenti	187
Appendice	
Diffattogrammi XRD	
Microfotografie in sezione sottile	
Termogrammi	
Tabelle di sintesi dei risultati dell'analisi discriminante	

SIBARI ED IL SUO TERRITORIO

1.1 Notizie storiche

Sibari, una delle più importanti e fiorenti colonie dell'antica Magna Grecia, fu fondata nell'ultimo quarto dell'VIII sec. a.C. da coloni achei, popolo di stirpe dorica proveniente dal Peloponneso. I Greci giunti lungo le coste calabresi attorno all'ultimo quarto dell'VIII secolo a.C., assegnarono all'area il nome di Sibari e ai due fiumi che la delimitavano a Nord e a Sud, rispettivamente, i nomi di Sybaris e Crathis in omaggio a due corsi che scorrevano presso le città achee di Bura e di Egion.

Le notizie storiografiche circa la data di fondazione di Sibari sono contrastanti, infatti, vi sono due fonti storiche che fanno riferimento a due date diverse; Eusebio riporta la data al 709 a.C., mentre secondo Pseudo Scimno la data di fondazione risale al 721-720 a.C..

Per edificare la città i coloni Greci scelsero una vasta area pianeggiante affacciata sul mare Ionio delimitata a nord dal fiume Sybaris ed a sud dal fiume Crati. La situazione naturale, costituita da un'ampia pianura solcata da due fonti di acqua, rappresentava una condizione favorevole per lo sfruttamento del territorio sia dal punto di vista agricolo che commerciale. Il geografo Strabone afferma che Sibari estese il suo potere tanto da imporre il dominio su quattro popoli e venticinque città. L'espansione di Sibari si manifestò con la fondazione di due sub-colonie: Laos e Skydros. Nei dintorni alle sub-colonie, probabilmente sorte attorno a nuclei indigeni, si svilupparono vere e proprie azioni di sfruttamento e controllo del territorio.

I Sibariti accumularono grandi ricchezze e progredirono tanto da essere considerati di gran lunga superiori agli altri abitanti d'Italia, la *polis* sibarita riuscì a dominare per circa due secoli su un vasto territorio ma alla fine del VI sec. a.C. si avviò verso un rapido declino, a causa della guerra con la vicina colonia di Crotona.

A Sibari era al governo il tiranno Telys che limitava il dominio dell'aristocrazia e si opponeva alle tendenze riformatrici, provocate dal pitagorismo nella vicina Crotona, mentre nella città di Pitagora era la dottrina aristocratica che esercitava una forte influenza e che molto probabilmente diede la spinta alla guerra. Lo scontro fra i due popoli avvenne nel 510 a.C. sulle rive del fiume Triente (oggi Trionto), i Crotoniati assediaron la città di Sibari ed in settanta giorni la rasero al suolo. L'abbandono del centro urbano originario determinò il declino del potente stato di Sibari. Dopo la distruzione del 510 a.C. furono vari ed inutili i tentativi di rifondare la città. Il primo tentativo risale al 476 a.C. grazie all'aiuto di Ierone di Siracusa ma i Crotoniati si opposero immediatamente. Il secondo tentativo risale al 453-452 a.C. sotto la guida di Tessalo ma anche in questo caso i Crotoniati resero impossibile la ripresa della città. Soltanto nel 446-445 a.C. grazie agli aiuti degli Ateniesi fu fondata la città di Thurii, questa fu cinta di muri e divisa in rioni da strade longitudinali e trasversali, secondo un progetto attribuito ad Ippodamo da Mileto e fu così suddivisa tra gli abitanti secondo i rispettivi paesi di origine. Dopo un periodo di discordie civili, tra gli abitanti di origine sibaritica e i nuovi coloni, fu ristabilita la pace e la città venne governata democraticamente. Gli abitanti di Thurii ebbero buona fortuna fino al 389 a.C. fino a quando non ebbero problemi con i Lucani. La nuova città di Copia fu fondata nel 194 a.C. grazie all'aiuto dei Romani e riuscì a sopravvivere fino al VI secolo d.C..

1.2 La geologia

La piana di Sibari è uno dei domini deposizionali del Bacino del Crati. La dinamica della sua formazione è strettamente collegata all'evoluzione del bacino. Esso rappresenta una fossa post-orogena, che si trova alla terminazione settentrionale

dell'Arco Calabro ed all'incrocio di più strutture orogeniche. È delimitato ad est dalle rocce cristalline del Massiccio della Sila, a sud ed ad ovest dalle rocce cristalline e sedimentarie della Catena Costiera e a nord dalle rocce sedimentarie del gruppo del Pollino (Fig.1.1).

Il bacino, a forma di L, può essere diviso in tre settori strutturali: il settore del Crati, orientato N-S, il settore di Cassano, orientato E-O e quello di Corigliano. L'apertura del Bacino del Crati, avvenuta nel tardo Pliocene, è conseguenza del sollevamento del Massiccio della Sila e del Gruppo del Pollino (Colella, 1988).

Nel Pleistocene si verifica la fase di sollevamento più importante ed i margini del bacino e le faglie all'interno dello stesso vengono interessati da movimenti differenziali, che portano alla formazione di alti e bassi strutturali.

La copertura sedimentaria del Bacino del Crati è costituita da conglomerati, sabbie ed argille ed è il risultato della deposizione di un complesso sistema di delta marini. Sono stati riconosciuti all'interno di esso due tipi di fan delta: delta tipo *shelf* e delta tipo *Gilbert* (Fig.1.1).

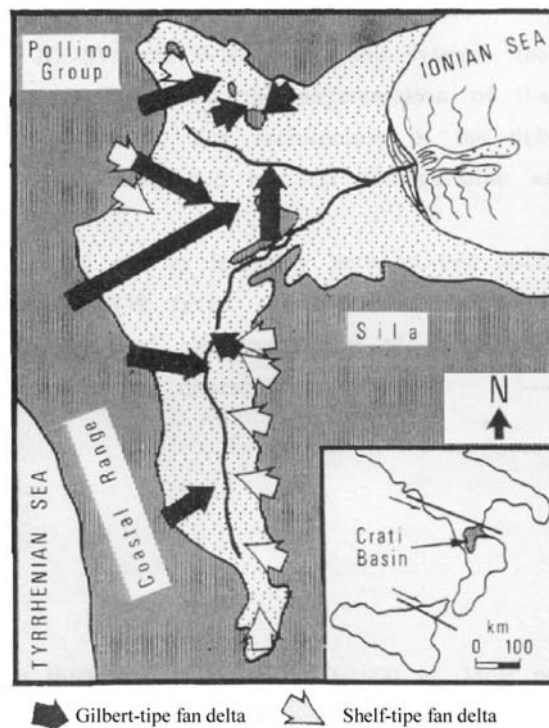


Fig.1.1 Localizzazione del Bacino del Crati (da Colella, 1988 mod.).

La formazione di due tipi di delta marini è una delle conseguenze dei diversi tassi di sollevamento che hanno interessato le aree di catena adiacenti al bacino (Colella, 1988). I delta tipo *Gilbert* sono caratteristici di tassi di sollevamento elevati e si formano dalla Catena Costiera, che ha avuto un sollevamento di 1200 metri, mentre i delta tipo *Shelf* sono caratteristici di sollevamenti meno elevati e si formano dal Massiccio della Sila il cui sollevamento è stato di 400 -500 metri (Tortorici, 1980).

Le successioni stratigrafiche consentono di individuare nel bacino quattro domini deposizionali:

- La valle del Crati, formata da sedimenti Pliocenici-Olocenici, con una sequenza deposizionale di delta, costituita da conglomerati e sabbie che passano verso il bacino ad argille. Allo stato attuale, quest'area è soggetta ad un sollevamento che provoca l'erosione, da parte del fiume Crati, di depositi Pliocenici e Pleistocenici.
- Il dominio di Cassano è formato da una successione di conglomerati Pleistocenici e da quantità minori di sabbie ed argille che giacciono in discordanza sulle rocce di natura carbonatica del Mesozoico.
- La piana di Sibari area in forte subsidenza si è formata dal tardo Pliocene all'Olocene ed è costituita da un sottile orizzonte di conglomerati trasgressivi e da 1200 m di argille ed intercalazioni di sabbie e conglomerati. La subsidenza è legata alla fase tettonica distensiva, comune dal Tortoniano ad oggi a tutto l'Arco Calabro (Ghisetti e Vezzani, 1981).
- La depressione di Corigliano i cui sedimenti sono solo parzialmente conosciuti. I dati disponibili (Crati Group, 1981) si riferiscono soltanto ai sedimenti dal Pleistocene superiore all'Olocene e sono costituiti da argille a cui si sovrappongono lenti di sedimenti maggiormente sabbiosi.

L'estesa Piana di Sibari è circondata da un anfiteatro del Gruppo del Pollino a Nord, dalla Catena Costiera ad ovest e dalla Sila a Sud. In essa sfociano vari corsi d'acqua con trasporto solido eccezionale che ha prodotto un notevole sovralluvionamento per l'improvvisa perdita di capacità di trasporto dell'acqua

passando, essi, dall'area montana alla pianura. I fiumi principali in questione sono il Crati e il Coscile, (Guerricchio e Melidoro, 1975).

La morfologia attuale della Piana di Sibari è del tutto modificata rispetto a quella antica: il fiume settentrionale (antico Sybaris, attuale Coscile) confluisce in quello meridionale (che conserva il nome Crati). Quest'ultimo ha il corso spostato verso nord di circa 3 Km rispetto a quello antico. Inoltre, il piano attuale è mediamente di 4 m più alto di quello antico, a causa del continuo accumulo degli apporti alluvionali, questi ultimi hanno causato un avanzamento della linea di costa.

Determinazioni di età assoluta con il radio - carbonio sui reperti fossili organici, rinvenuti a vari livelli, hanno consentito di calcolare orientativamente la velocità di sovralluvionamento e quello di subsidenza in mm/anno della Piana nei diversi periodi (Guerricchio e Melidoro, 1975). La velocità di subsidenza più grande è stata riscontrata in località Casa Bianca, dove supera in media i 4.4 mm/anno negli ultimi 860 anni, avendo sottratto un valore di 1.3 mm/anno della velocità media dell'innalzamento del livello del mare (Guerricchio e Melidoro, 1975). Considerato poi che la profondità massima alla quale è stato rinvenuto il piano archeologico più antico è stato di circa – 7.5 m sotto l'attuale livello marino, si deduce che la velocità minima media di subsidenza da 2660 anni fa ad oggi è stata maggiore o uguale a 2.8 mm/anno. La subsidenza è il risultato dell'interazione di tettonica, variazioni eustatiche e compressione dei sedimenti (Cherubini et al., 2000).

I valori di subsidenza ottenuti variano sia nel tempo che nei diversi siti considerati, sebbene essi siano non molto distanti tra loro.

Ciò può spiegarsi tenendo presente che la superficie topografica dell'epoca della città di Sibari, presentava alcune irregolarità, dell'ordine di quelle delle dune, in modo che taluni "piani" archeologici durante l'abbassamento sono venuti a trovarsi a livello del mare molto più tardi rispetto all'età ottenuta con la datazione assoluta (2600 anni dal presente) (Guerricchio e Melidoro, 1975) utilizzata nel calcolo della velocità di subsidenza. Di conseguenza i valori sono inferiori a quelli reali.

In effetti è necessario notare che i suddetti valori sono stati ottenuti in corrispondenza di un substrato di argille di colore grigio - azzurro sovraconsolidato, per

cui essi sono suscettibili d'incremento in corrispondenza dei citati livelli di argille molli molto compressibili e dei terreni torbosi (Guerricchio et al., 1976).

Alla compressibilità dei livelli limoso - argillosi e limosi, oltre che a quelli torbosi, va attribuito il tasso preponderante della subsidenza geotecnica naturale della Piana cui va sommato quello tettonico, nonché l'innalzamento del livello marino, calcolato in 1.3 mm/anno (Lisitzin, 1974).

Un'altra ipotesi sull'abbassamento della Piana o sulla sua parte più vicina alla costa, quindi all'insediamento dell'antica Sibari, potrebbe rifarsi a significative brusche variazioni del livello del mare, che avrebbero determinato una rapida consolidazione di alcuni livelli di depositi argillosi e limosi, con torbe, costituenti il sottosuolo della Piana. Il fenomeno del notevole trasporto solido, che fino a tempi molto recenti caratterizzava i corsi d'acqua insistenti sulla Piana di Sibari, giustifica l'apparente contraddizione di un'area che, pur essendo interessata da valori di subsidenza, prima di natura tettonica e poi geotecnica, indotta pure dalla decompressione degli strati, si sia storicamente protesa verso il mare e non sia stata ancora sommersa da questo (Guerricchio e Melidoro, 1975).

Le cause che hanno portato localmente ad un'inversione del processo di protendimento della costa sono da ricercare, oltre che nella tendenza naturale d'innalzamento del mare, anche nel prelievo spesso incontrollato delle acque delle falde sotterranee, che aumentano il tasso di subsidenza della Piana nonché nella costruzione di sbarramenti lungo i corsi d'acqua (es. diga di Tarsia), che sottrae notevole quantità di sedimenti utili al ricoprimento delle spiagge.

1.3 Le ricerche della città sepolta

L'area archeologica di Sibari costituisce un importante *case history* per la complessità delle fenomenologie che ne hanno condizionato l'evoluzione (Pagliarulo, 2006). Le cause che hanno determinato la definitiva scomparsa di questa antica città, sono costituite da inesorabili processi geologici, quali l'innalzamento del livello del

mare, il sovralluvionamento e probabili altri processi neotettonici, (Cotecchia et al., 1969; Guerricchio e Melidoro, 1975).

Ricerche di geologia applicata all'archeologia hanno messo in evidenza, in effetti, sia gli aspetti di instabilità geomorfologica della Piana di Sibari con i conseguenti fenomeni di subsidenza, sia l'andamento e la provenienza della falda idrica relativamente più superficiale che ha sommerso i resti archeologici (Guerricchio e Melidoro, 1975; Guerricchio et al., 1976).

Conoscere la storia di Sibari, di Thurii e di Copiae nella sua totalità fu il motivo principale che ha spinto gli archeologi ad esplorare la vasta Piana del Crati ed i territori ad essa limitrofi. Nella Piana di Sibari sono state effettuate diverse ricerche atte ad esplorare le vestigie del passato. Tali ricerche costituiscono i temi di base per comprendere le tendenze evolutive della Piana stessa (Guerricchio e Ronconi, 1997).

Il primo tentativo di ricerca avvenne nel 1879, quando l'ingegnere Saverio Cavallari, direttore del Museo di Siracusa, diede inizio alla prima campagna archeologica, con la quale si misero in luce vari sepolcri, ma la mancanza di fondi non permise il proseguo delle attività di ricerca. Nei decenni successivi le ricerche continuarono ma quasi sempre risultarono poco produttive, soltanto nel 1950 la Soprintendenza autorizzò Donald Treman Brown, dell'Università di Harvard, ad eseguire una serie di carotaggi nel Parco del Cavallo. I risultati ottenuti furono molto interessanti, in effetti, per la prima volta veniva avvalorata l'ipotesi che in quel luogo le tre città Sibari, Thurii e Copiae fossero sovrapposte. Le difficoltà per iniziare le operazioni di scavo furono subito tangibili in effetti, lo spessore delle coltri alluvionali e la presenza di una falda a bassissima profondità, che rendeva il terreno acquitrinoso e paludoso, impedì per molto tempo il lavoro di esumazione dei resti antichi. I lavori di scavo ripresero dopo una serie di studi fatti sul territorio e quando gli arnesi rudimentali dell'archeologo cedettero il posto a strumenti più sofisticati e tecnico-scientifici.

In effetti, soltanto nel 1960 per opera della Fondazione Lerici del Politecnico di Milano in collaborazione con l'Università della Pennsylvania fu ripresa una campagna di scavo, con lo scopo di accertare l'efficienza e l'applicabilità dei mezzi geofisici per il rilevamento e l'identificazione delle formazioni archeologiche, sepolte sotto

l'imponente coltre alluvionale. La Fondazione Lerici fece eseguire una rete regolare di perforazioni, che permettesse un accurato esame degli strati geologici ed il recupero degli eventuali frammenti archeologici presenti. Le perforazioni eseguite permisero di identificare la profondità e l'estensione delle zone di interesse archeologico dell'età arcaica, ellenistica e romana.

Al fine di avere una visione più completa dell'area oggetto di studio furono utilizzati, contemporaneamente ai metodi geofisici e stratigrafici, riprese aeree con pellicola ad infrarosso, eseguite dall'Aeronautica Militare Italiana. L'interpretazione delle foto aeree diede la possibilità di rilevare le anomalie del terreno, prodotte dalla presenza di formazioni sotterranee di natura diversa da quella della zona presa in esame. L'identificazione e la delimitazione delle zone archeologiche non favorirono, comunque, le operazioni di scavo in effetti, la falda rendeva il terreno paludoso tanto da non consentire agli archeologi di riportare alla luce ciò che gli strumenti geofisici ed i carotaggi stratigrafici avevano rilevato. Anche in questo caso i mezzi tecnico-scientifici vennero in aiuto e, studiata l'idrogeologia della zona, si arrivò alla progettazione di un sistema di *well-points* che abbassò il livello della falda, rendendo agevole il lavoro di scavo per riportare alla luce le antiche città "sepolte".

Si utilizzò una serie di tubi metallici, infissi nel terreno, legati ad un collettore e a delle grosse pompe, capaci di aspirare l'acqua, tale progettazione consente ancora oggi che gli scavi non vengano sommersi.

Alla fine, le ricerche archeologiche hanno permesso di identificare tre città sovrapposte Sibari (720-510 a.C.), Thurii (444-285 a.C.) e Copiae (193 a.C.) (Fig. 1.2) attualmente ad una profondità che varia da 7 a 3.5 m.

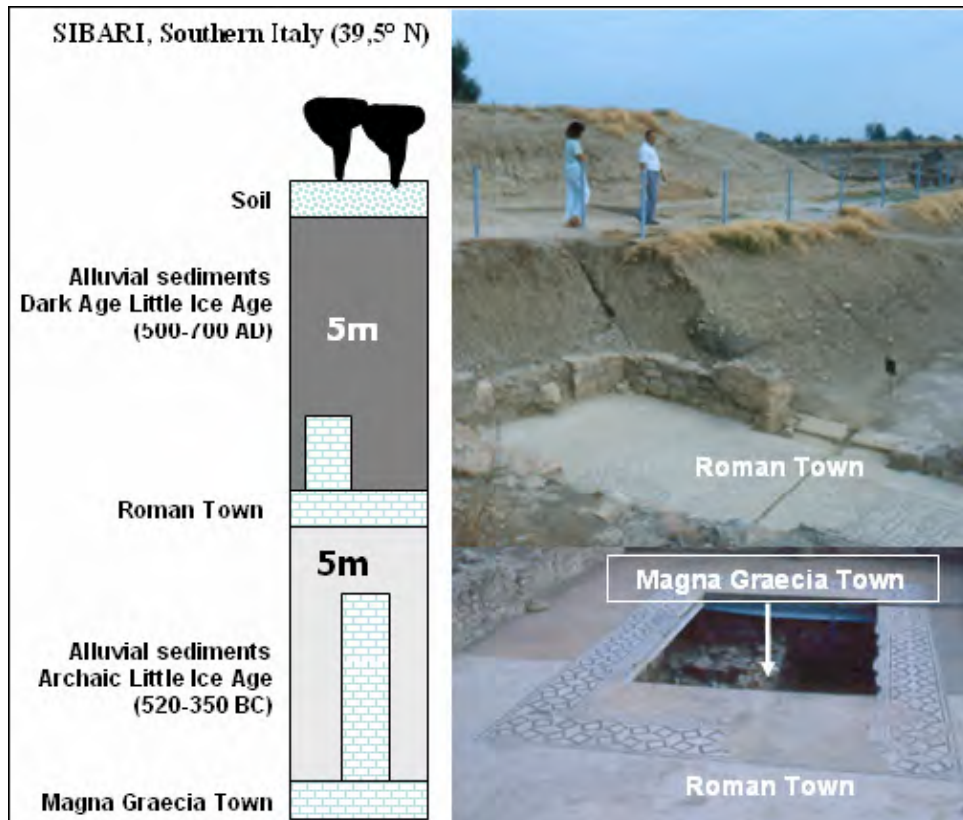


Fig.1.2 Statigrafia geoarcheologica di Sibari (da Ortolani e Pagliuca, 2006 mod.).

Le varie indagini geognostiche hanno permesso di accertare che al di sotto dei depositi alluvionali sabbiosi e limosi, il piano archeologico più antico (709 a.C.) è presente fino a circa -4 m sotto il livello attuale del mare. L'esecuzione degli scavi ha consentito di stabilire che la successione e la natura dei terreni sono molto simili nei vari punti di scavo che allo stato attuale sono: Parco del Cavallo, Casa Bianca e Strombi (Fig. 1.3)

Stratigraficamente è possibile osservare che lo strato di terreno superficiale è costituito da limi argillosi e sabbiosi di inondazione fluviale che passano verso il basso a sabbie limose con lenti di sabbia grossa (Parco del Cavallo) e a sabbia fine con lenti di sabbia grossa, talora leggermente limosa (Casa Bianca). Tali sabbie insieme a quelle limose giallastre poggiano, tramite una superficie netta di separazione, sui limi argillosi e talora sabbiosi, plastici e grigi i quali comprendono frammenti di terracotta, rari ciottolini e resti fossili di Melix nel Parco del Cavallo. Questi passano verso il basso ad un terreno nerastro (paleosuolo), ricco di resti organici e generalmente rappresentano il livello archeologicamente fertile (Guerricchio e Melidoro, 1975).

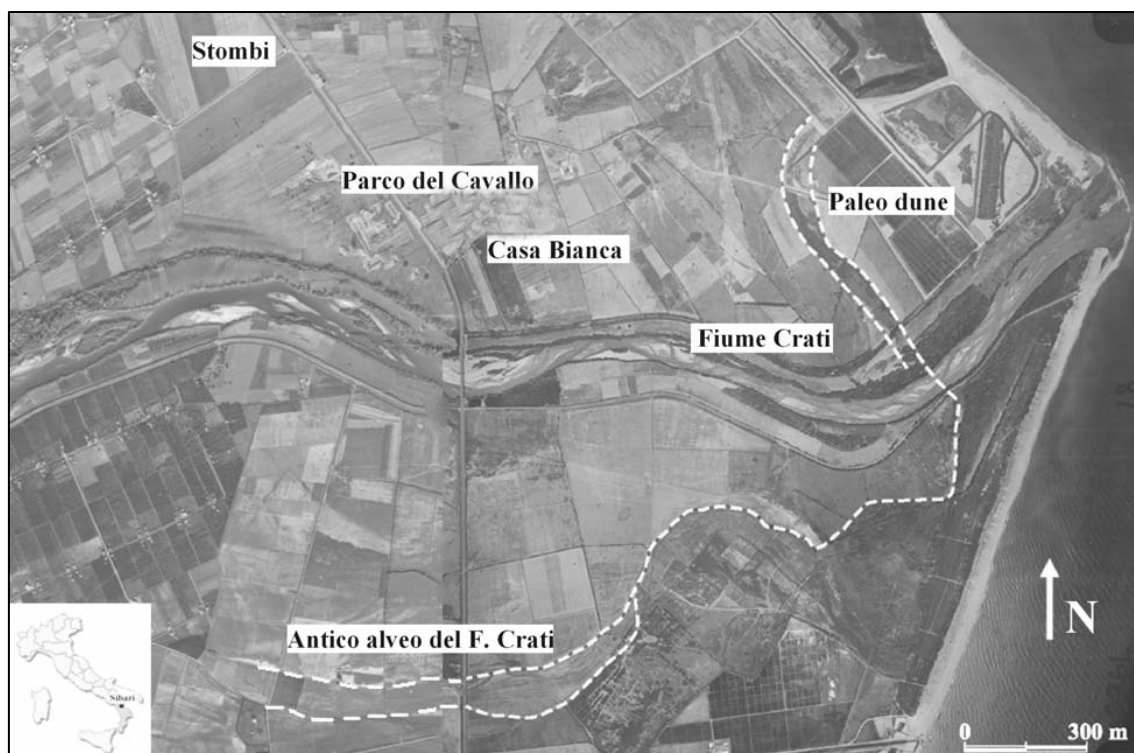


Fig.1.3 Ubicazione delle aree archeologiche di Sibari, degli andamenti dell'antico alveo del Fiume Crati e dei cordoni dunari (da Pagliarulo, 2006 mod.).

1.4 Descrizione del Parco del Cavallo e dell'Emiciclo-Teatro

L'area del Parco del Cavallo rappresenta uno dei più importanti siti archeologici della Sibari antica (Fig. 1.4; 1.5), perché in quest'area sono stati riportati alla luce una serie di edifici di interesse architettonico, archeologico e storico ed inoltre si può accertare l'esistenza delle tre città antiche sovrapposte.

L'area archeologica è costituita da diversi siti, dislocati in diverse aree della Piana di Sibari. Il rinvenimento dei resti antichi in alcune zone piuttosto che in altre è stata una diretta conseguenza della situazione geologica locale e delle difficoltà incontrate, prima nel riuscire ad identificarli e poi nel riportarli alla luce. Nel Parco del Cavallo il terreno con resti archeologici si approfondisce fino a -3.30 m sotto il livello del mare, ove è stato rinvenuto il tetto delle sabbie vergini di base.



Fig.1.4 Foto dell'area di scavo "Parco del Cavallo".



Fig.1.5 Particolare dell'area di scavo "Parco del Cavallo".



Fig.1.6 Foto dell'Emiciclo-Teatro di Sibari.

Nell'area sono stati individuati il maggior numero di edifici pubblici assieme ad una piazza con due fontane e ad edifici privati con decorazioni.

In particolare in tale sito è stato individuato il principale edificio pubblico della città, posto tra una ricca casa romana, costruita alla fine del I sec. a.C. ed esistente almeno fino al V sec. d.C., e il tratto di plateia Est-Ovest riportato alla luce dagli scavi. Tale edificio è denominato Emiciclo (Fig. 1.6), l'età della realizzazione risale alla metà del I sec. d.C.. Della funzione di questo edificio non si hanno notizie certe, forse era destinato ad assolvere funzioni commerciali e rappresentava il mercato di quartiere. Esso era composto da un muro perimetrale semicircolare, impostato su un basamento lapideo, e da un colonnato posto in posizione concentrica del quale sono rimaste le tracce di dodici colonne monolitiche a fusto liscio poggiate su basi modanate. In origine tali colonne complete di capitelli a fogli e fiori sostenevano probabilmente la copertura di un portico semicircolare costituita da tegole e coppi prodotti, come attestano i marchi ritrovati nello scavo, da Lucio Vinuleio Broccos (Barrese et al., 2003). Lo spazio centrale delimitato dal colonnato non conserva più tracce della sua conformazione originaria a causa delle successive trasformazioni e giustapposizioni.

L'affaccio a Sud dell'edificio, volto sulla strada era coincidente con il diametro dell'emiciclo ed era costituito da un colonnato rettilineo del quale sono state conservate alcune basi. A Nord invece il muro con la sua curvatura aveva planimetricamente invaso e interrotto la continuità dello stenopoi.

Dopo circa un secolo, nella seconda metà del II secolo d.C. l'edificio fu adattato a teatro. Il muro semicircolare venne ricostruito con due contrafforti esterni e con un ingresso posteriore accessibile attraverso una duplice scala.

La costruzione della cavea nella sua parte inferiore (5 gradini) fu effettuata impiegando mattoni di laterizio e fu poggiata direttamente sul crollo del colonnato, senza fondazioni. La parte restante della cavea, dovette con ogni probabilità essere integrata da elementi lignei impostati anch'essi sul crollo del primo edificio. Poggiata, nella sua parte più elevata, sul colonnato costituito da sedici o diciotto colonne permetteva l'accessibilità al sottostante ambulacro come denunciano i molti graffiti presenti sull'intonaco rosso dell'emiciclo.

A sud dell'orchestra è presente una *scaenae frons* con esedre semicircolari dedicate all'alloggiamento dei mezzi di risonanza. Nel teatro si trovavano inoltre statue ornamentali delle quali sono stati ritrovati frammenti sparsi.

Distretto da un incendio, del quale si trovano, ancora oggi, tracce sulle colonne, l'edificio venne sottoposto ad ampi restauri. Il muro esterno fu rafforzato con contrafforti, due dei quali inglobarono la scala posteriore divenuta inagibile, mentre all'interno lo spazio semicircolare veniva colmato di terra per sostenere una cavea permanente. Le colonne del colonnato travolte da questa operazione furono rinvenute durante gli scavi e rialzate nella loro posizione originale ad eccezione delle due centrali che grazie ad un rinforzo murario in laterizio erano riuscite a restare al proprio posto.

Nel terreno residuo, rinvenuto durante le campagne di scavo, conservato solo in alcuni punti per uno spessore di m 0.50-0.60, sono stati ritrovati materiali relativi al crollo dell'emiciclo e abbondanti tracce di incendio.

Attualmente sono rimasti alcuni ordini della cavea, realizzati in calcestruzzo e laterizi poggiati sul riempimento in terra, che si dipartono da un'area semicircolare dedicata all'orchestra. Questa in origine era pavimentata con lastre di marmi colorati completamente asportati durante la fase di abbandono dell'area nel corso del VI sec. d.C.. Ai lati della cavea furono costruite scale in muratura e blocchi per consentire l'accesso alla cavea.

A sud dell'orchestra si trovano le tracce del palcoscenico; ancora più a sud, oltre l'orchestra, venne realizzato un ambiente di servizio che provocò lo spostamento del marciapiede nello spazio della strada, che venne quindi parzialmente invasa e occupata. A lato del teatro, parte della strada è occupata dal un basamento di un tempio risalente al I sec. d.C. a pianta rettangolare realizzato con paramenti in *opus reticulatum*. A nord del tempio sempre a lato dell'emiciclo si trova la traccia di una fontana costituita da un'area circolare non basolata posta sul tracciato stradale.

Prima della realizzazione dell'emiciclo sull'area esisteva un ricco edificio privato realizzato con probabilità all'inizio del I sec.d.C..

Dell'edificio rimangono i tratti dei muri perimetrali rettilinei realizzati con la tecnica muraria dell'*opus reticulatum* con blocchetti di calcare di tre colori.

Di questo edificio sono state rinvenute tracce di pavimentazioni, alcune realizzate in battuto rossastro con decorazioni composte con tessere bianche, altre con mosaici geometrici formate da tessere bianche e nere. Pareti di questa abitazione, decorate con intonaci affrescati, sono state rinvenute nello spazio del palcoscenico.

Ulteriori scavi effettuati nella zona del palcoscenico rivelano una frequentazione del sito già in età arcaica i cui segni si manifestano attraverso le stratificazioni costruttive del muro semicircolare del teatro.

Questo infatti era costituito da ampi tratti di blocchi di calcare bianco a grana fine dall'accurata forma parallelepipedica trattati con la tecnica dell'*anathyrosis* che garantiva, attraverso la lisciatura delle parti laterali, la perfetta collocazione a secco dei blocchi. Su alcuni di questi sono stati ritrovati i caratteristici incavi predisposti per l'alloggiamento delle grappe metalliche, altri presentano segni alfabetici di cava e altri ancora delle decorazioni scolpite. Tali blocchi sono attualmente conservati nel museo di Sibari e sostituiti con calchi.

Poco si conosce degli edifici dai quali i blocchi sono stati estratti, si riesce soltanto a risalire, in riferimento alle tecniche costruttive e alle decorazioni dei blocchi, all'epoca di realizzazione, avvenuta nella seconda metà del VI sec. a.C., cioè nell'ultimo periodo di vita di Sibari.

Le aree realizzate con l'utilizzo dei blocchi sono state in seguito integrate con strutture murarie tipiche dell'epoca romana. Il muro è infatti costituito dalla sovrapposizione di più tipologie costruttive: dall'*opus reticulatum* a tratti con *opus a banda* integrati da ricorsi in laterizio, aree con archi e altre tipologie miste.

Lo studio architettonico, condotto su questo edificio, ha permesso di individuare una serie di fasi costruttive e di dare una sequenza temporale approssimata delle stesse (Gattuso, 2000).

CAMPIONAMENTO E INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO

2.1 Campionamento dei materiali lapidei delle cave

Al fine di poter individuare le cave da campionare è stato necessario studiare preventivamente le caratteristiche macroscopiche dei materiali lapidei presenti nel Parco Archeologico di Sibari e successivamente è stato eseguito uno studio cartografico per identificare gli antichi argini di cava. Secondariamente si è proceduto da uno studio di campagna volto ad individuare materiali simili a quelli ritrovati nel Parco Archeologico. Utili suggerimenti sono stati ottenuti direttamente sui luoghi da antichi proprietari di cave e dagli uffici tecnici dei vari comuni. La scelta delle probabili cave è stata eseguita considerando sia la vicinanza geografica al sito di interesse sia la vicinanza ai corsi fluviali, poichè anticamente erano gli unici mezzi per il trasporto.

Il campionamento è stato eseguito nei luoghi che facevano parte anticamente della Sibaritide.

In totale sono state campionate cinque cave: la cava di Cerchiara, la cava di Francavilla Marittima, la cava di Timpone Arcomano, la cava di Spezzano Albanese e la cava di Cassano (Fig. 2.2). In realtà alcune di queste non sono delle vere e proprie cave ma delle formazioni da cui, secondo notizie storiche ottenute sui luoghi, sono stati estratti anticamente materiali lapidei. Per ogni cava sono stati campionati, a diverse altezze ed in tutta l'area di estensione, almeno dieci campioni, tenendo conto della loro variabilità macroscopica.

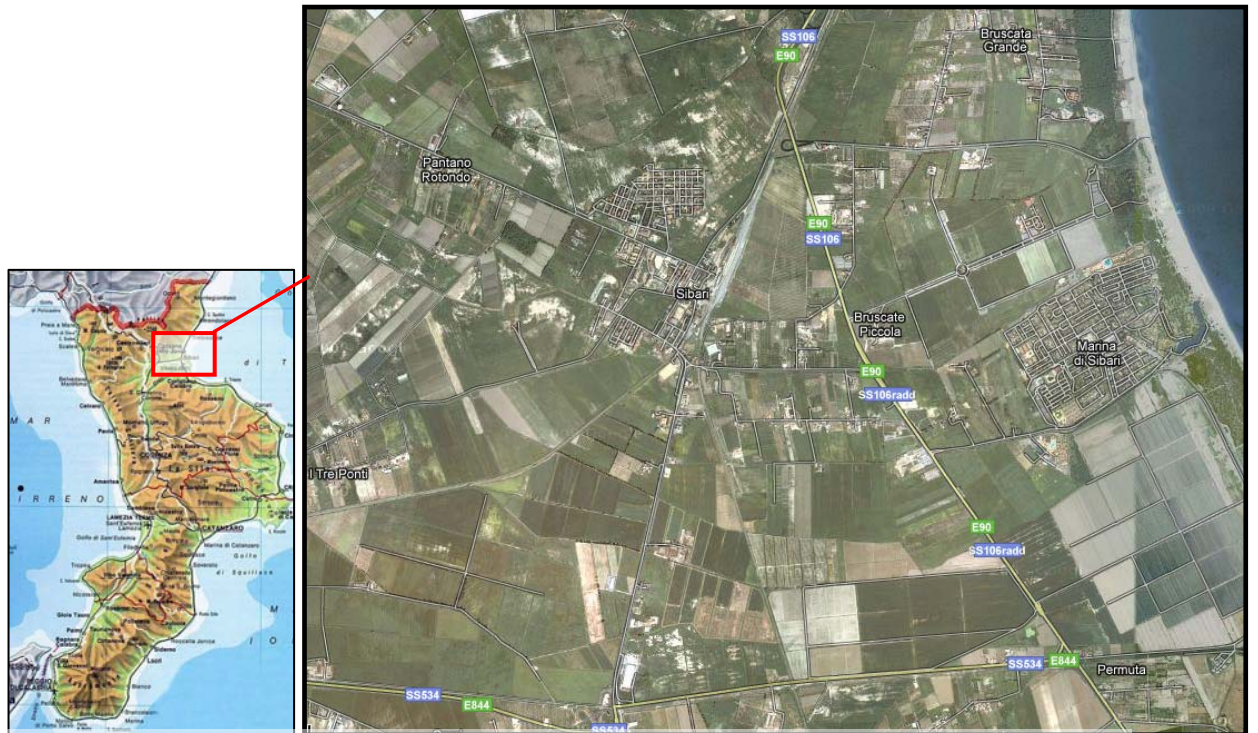


Fig. 2.2 Ubicazione dell'area di studio da www.googlemap.it



Fig. 2.2 Ubicazione delle cave da www.googleearth.it

2.1.1 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Cerchiara

La cava di Cerchiara è ubicata poco a NO dell'abitato di Cerchiara di Calabria su di uno sperone delimitato dal T. Caldanello e dal Vallone dello Zifaro. Nella carta topografica italiana (IGMI) ricade nella al foglio N°221 quadrante I NE sez C (Fig. 2.3).

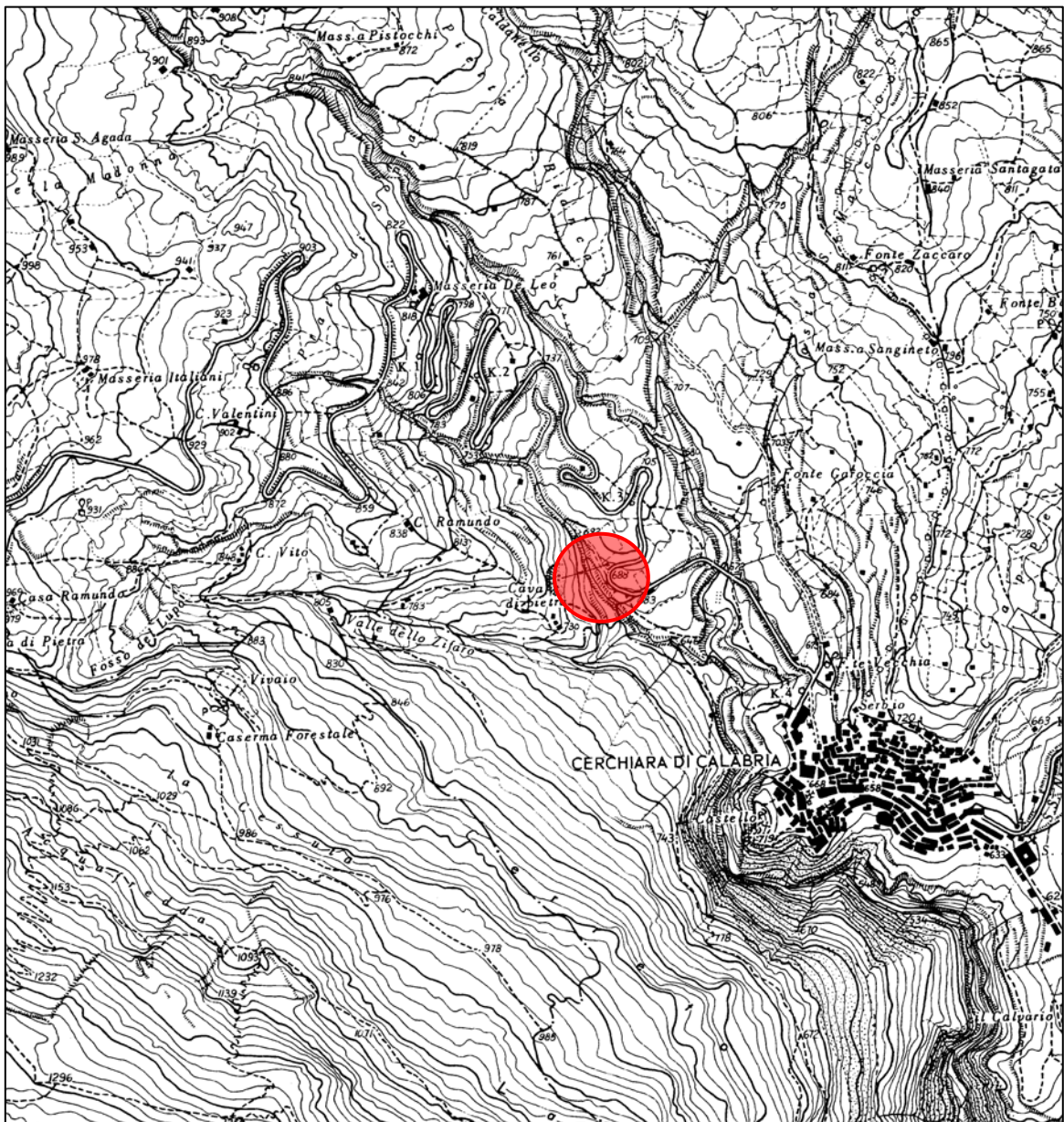


Fig. 2.3 Ubicazione della cava di Cerchiara di Calabria stralcio IGM.

La cava, ormai dimessa circa dagli anni '40, si presenta aperta ad anfiteatro ed il suo fronte ha uno sviluppo di circa 200 m ed un'altezza di circa 20 m. (Fig. 2.4) la coltivazione è stata eseguita a gradoni favorita probabilmente dall'esistenza di piani di fatturazione variamente orientati.



Fig. 2.4 Cava di Cerchiara di Calabria

I livelli sottoposti, un tempo, a coltivazione appartengono alla locale successione calcarea cretacea sulla quale giacciono, in trasgressione, terreni flyschoidi miocenici. Tale successione calcarea viene distinta in due termini: uno, inferiore, di età Cretacea superiore, che è costituito da calcari grigio-bruni, calcilutiti e calcareniti con intercalazioni di dolomie nerastre; l'altro, superiore, di età Paleocene (indicato come Formazione di Trentinara), è costituito da calcareniti bianco-grigiastre e calcilutiti e subordinatamente da calciruditi e marne. Alla formazione di Trentinara seguono in trasgressione, depositi Miocenici calcarenitici (Formazione di Cerchiara) e arenaceo-marnosi (Formazione di Bifurto). Carloni (1963) distingue nella successione calcarea

sopra citata dal basso verso l'alto le seguenti formazioni: Formazione di Serra del Gufo rappresentata da calcari e calcari dolomitici grigio-scuro del Cenomaniano – Turoniano p.p.; Formazione del Pizzo d'Armi costituita da calcari organogeni ricchi di rudiste di età Turoniano p.p. – Senoniano; Formazione del Monte Panno Bianco costituita da calcari compatti di colore nocciola del Paleocene, trasgressiva sulla precedente tramite un orizzonte di breccie. I terreni in facies di flysch, che nella zona di Cerchiara si sovrappongono tettonicamente, appartengono secondo Ogniben (1969) alla Formazione del Frido-Crete Nere (Complesso Liguride p.p.) di età Neocomiano-Albiano. Dalla bibliografia sopra citata si deduce che strutturalmente i terreni sopra citati appartengono ad una monoclinale immergente ad Est, variamente dislocata da faglie subverticali.

Per quanto concerne i caratteri litologici si osserva che il calcare di Cerchiara è un calcare a grana media e fina, ben compatto, di colore da grigio chiaro a grigio scuro, interessato da vene e plaghe di calcite spatica distribuite nella massa senza alcun ordine e da strutture stilolitiche. Il colore, abbastanza uniforme, è dato dalla presenza di sostanze bituminose la cui concentrazione mette in evidenza le strutture stilolitiche.

In questa cava sono stati prelati, a varie altezze, 11 campioni indicati con la sigla c seguita da un numero progressivo di campionamento.

2.1.2 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Francavilla Marittima

La cava di Francavilla Marittima ricade nella carta topografica italiana IGM al foglio N°221 quadrante II NE sez C (Fig. 2.5).

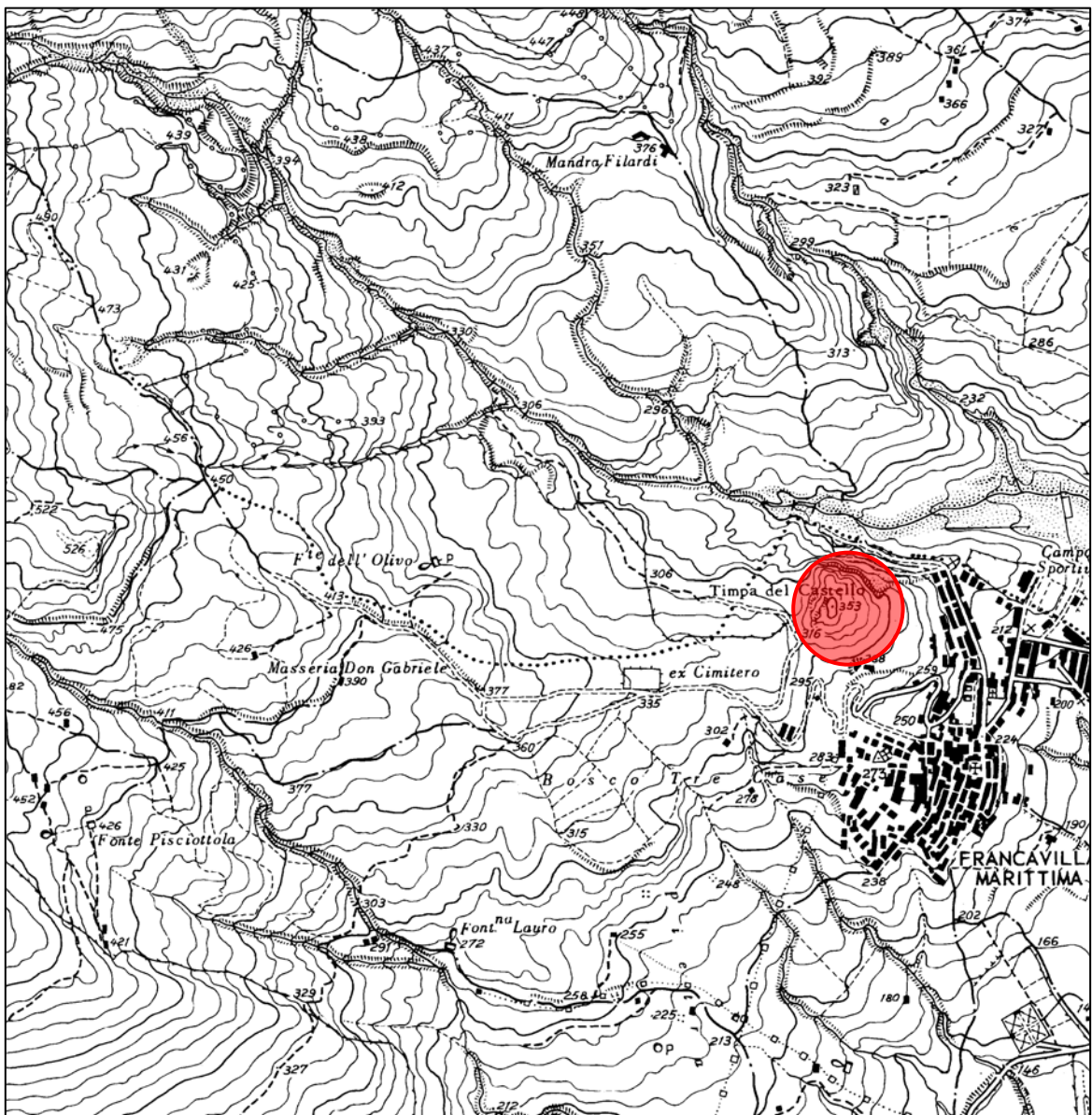


Fig. 2.5 Ubicazione della cava di Francavilla Marittima- stralcio IGM.

È una cava a cielo aperto, allo stato attuale è dismessa e da informazioni ottenute sul sito risulta che sia stata sfruttata fino agli anni 40. Il fronte della cava ha uno sviluppo di circa 100 m ed un'altezza di circa 20 m.(Fig. 2.6).



Fig. 2.6 Cava di Francavilla Marittima

Le litologie affioranti appartengono alla stessa locale successione calcarea cretacea affiorante a Cerchiara. L'area di Francavilla Marittima differisce da quella di Cerchiara soltanto in quanto al di sopra dei calcari affiorano livelli arenacei.

Il materiale affiorante è un calcare a grana media e fina, ben compatto, di colore da grigio chiaro a grigio scuro, interessato da vene e plaghe di calcite spatica distribuite nella massa senza alcun ordine. Differisce dal calcare di Cerchiara per il colore in quanto è più chiaro ed inoltre si presenta maggiormente fratturato. Nella parte sommitale dell'affioramento è presente una successione arenacea.

In questa cava sono stati prelevati, a varie altezze, 11 campioni indicati con la sigla fm seguita da un numero progressivo di campionamento.

2.1.3 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Timpone Arcomano

La cava di Timpone Arcomano ricade nella carta topografica italiana IGMI al foglio N°221 quadrante III SE sez C (Fig. 2.7).

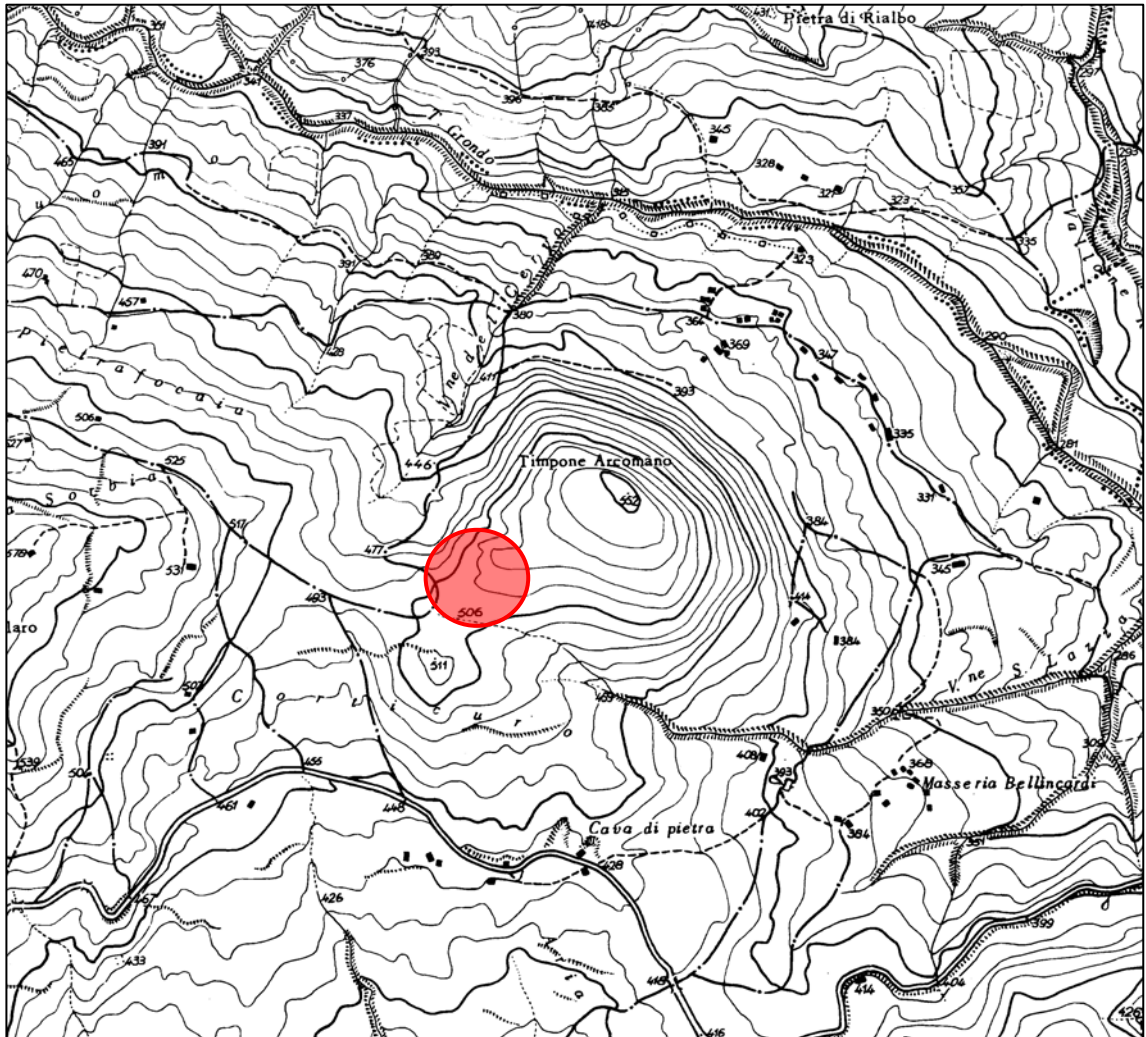


Fig. 2.7 Ubicazione della cava di Timpone Arcomano – stralcio IGM

È una cava a cielo aperto (Fig. 2.8), allo stato attuale è dismessa ed è stata sfruttata fino agli anni '20 per l'estrazione di materiali utili per i rivestimenti esterni.



Fig. 2.8 Cava di Timpone Arcomano

Le litologie affioranti nella cava di Timpone Arcomano appartengono alla successione neogenica-quadernaria del settore Nord Calabrese (Perri, 1996). Tale successione può essere suddivisa in cinque intervalli stratigrafici. L'intervallo di base inizia con un conglomerato basale, discordante sul substrato pre-Miocenico passante a sabbie e successivamente ad arenarie e calcareniti, più raramente peliti. Sull'intervallo di base si sovrappone, in discordanza angolare, una successione terrigena-evaporitica rappresentata da conglomerati ed arenarie siltite ed argille in successione trasgressiva, tale intervallo è databile al Messiniano. Un successivo importante intervallo sedimentario discordante sui precedenti è costituito da depositi conglomeratici e soprattutto argillo-marnosi dell'intervallo Pliocene medio p.p. -Pliocene superiore (Vezzani, 1968; Lanzafame & Zuffa, 1976). La successione è chiusa da un quarto

intervallo, sempre discordante, costituito da depositi sabbiosi ed argillosi datati al Pliocene terminale – Pleistocene inferiore . (Vezzani, 1968; Lanzafame & Zuffa, 1976; Colella et al., 1987). L'ultimo intervallo è dato da depositi terrigeni estremamente variabili di natura continentale e marina, del Pleistocene medio e superiore.

Nello specifico i materiali affioranti nell'area di cava sono ascrivibili all'Unità evaporitico terrigena, che mostra alla base una formazione di calcari e brecce calcaree evaporitiche passanti a siltiti e marne gialle e successivamente ad argille con gessi e gessi.

In questa cava sono stati prelevati 12 campioni indicati con la sigla “a” seguita da un numero progressivo di campionamento. Nello specifico sono stati prelevati otto campioni di calcare biancastro polverulento in alcuni punti ricco di cavità, tre campioni di calcare grigio massivo con sparse e sporadiche venature di calcite ed un conglomerato.

2.1.4 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Spezzano Albanese

La cava di **Spezzano Albanese** ricade nella carta topografica italiana IGMI al foglio N°221 quadrante II SO sez B (Fig. 2.9) è ubicata poco a nord dell'abitato.



Fig. 2.9 Ubicazione della cava di Spezzano Albanese- stralcio IGM.

Si tratta di una cava a cielo aperto totalmente abbandonata, è formata da una parete alta circa 10 mt ed affiora una successione di livelli di calcari compatti grigi e nocciola, calcari selciferi e calcareniti grigie, spesso si trovano intercalati livelli pelitici. Presso questo sito sono stati prelevati a varie altezze 10 campioni, indicati con la sigla “s” seguita da un numero progressivo di campionamento. I campioni prelevati sono calcari grigi con plaghe di calcite.

2.1.5 Campionamento dei materiali lapidei della cava di Cassano

L'ultimo sito di campionamento è stato Cassano, in realtà in questo luogo non è stata ritrovata alcuna cava, pertanto il prelievo dei campioni è stato eseguito su una formazione dolomitica da cui risulta, secondo informazioni ottenute sui luoghi, che anticamente venivano estratti materiali. L'area di campionamento ricade nella carta topografica italiana IGMI al foglio N°221 quadrante II NO sez B (Fig. 2.10).

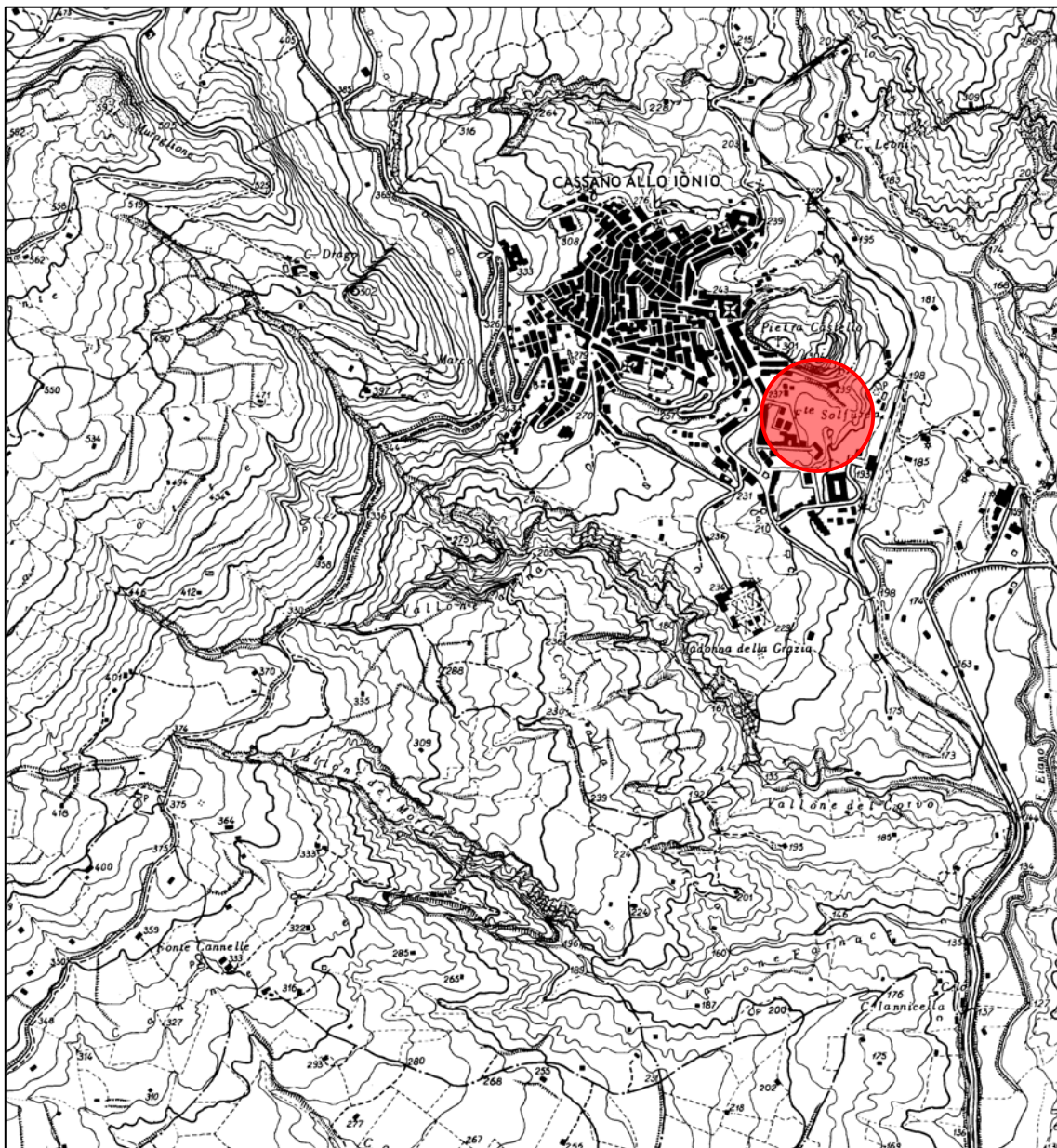


Fig. 2.10 Ubicazione della cava di Cassano allo Ionio – stralcio IGM.

L'affioramento è costituito da dolomie grigio-scure, con intercalazioni e lenti di calcare dolomitico (Triassico), tali dolomie si presentano intensamente fratturate (Fig. 2.11). In questo punto sono stati prelevati 10 campioni indicati con la sigla “ca” seguita da un numero progressivo. I campioni prelevati sono dolomie di colore grigio scuro con granulometria media-fina, massivi e compatti.



Fig. 2.11 Cava di Cassano allo Ionio.

2.2 Campionamento dei materiali lapidei del Parco

Archeologico di Sibari

L'ultima fase del campionamento ha previsto il prelievo dei campioni nel Parco Archeologico di Sibari, nello specifico il campionamento è avvenuto nell'area di scavo di Parco del Cavallo. Le zone di prelievo sono state scelte tenendo conto della necessità di non alterare in alcun modo l'estetica del manufatto, ed il campionamento dei è stato effettuato seguendo le raccomandazioni Normal 3/80 (Normativa Manufatti Lapidai).

La scelta del tipo e del numero di campioni da prelevare dal manufatto è stata fatta in base a diversi litotipi presenti, individuati con una prima osservazione macroscopica.

I prelievi hanno interessato le porzioni superficiali dei manufatti in alcuni casi sono stati prelevati dei piccoli frammenti parzialmente o completamente distaccati. Per il prelievo si è fatto di uso di tecniche differenti in relazione alla consistenza del materiale. Per il campionamento sono stati impiegati scalpelli di varie misure ed un martello per il prelievo dei materiali, pennelli e setola morbida per eliminare le impurità dei campioni, sacchetti e contenitori per il trasporto e la conservazione. Il campionamento è stato eseguito in alcune aree appartenenti alla scena dell'emiciclo-teatro, lungo la strada di collegamento NS ed in un'area adibita a deposito dei reperti recuperati dall'interno del teatro. Il punto di prelievo di ogni singolo campione è stato riportato su una planimetria (Fig. 2.12) e sono state eseguite fotografie dei diversi punti di prelievo e dei campioni prelevati. Nella planimetria non sono riportati i campioni con la sigla SIR10 e SIR11 in quanto sono stati campionati in un'area adibita al deposito dei reperti recuperati all'interno dell'Emiciclo- Teatro. Ogni singolo campione è stato contraddistinto da un'opportuna sigla composta dalle iniziali del luogo di campionamento ossia SIR che sta per Sibari e da un numero progressivo per ogni campione. In totale sono stati prelevati 11 campioni.

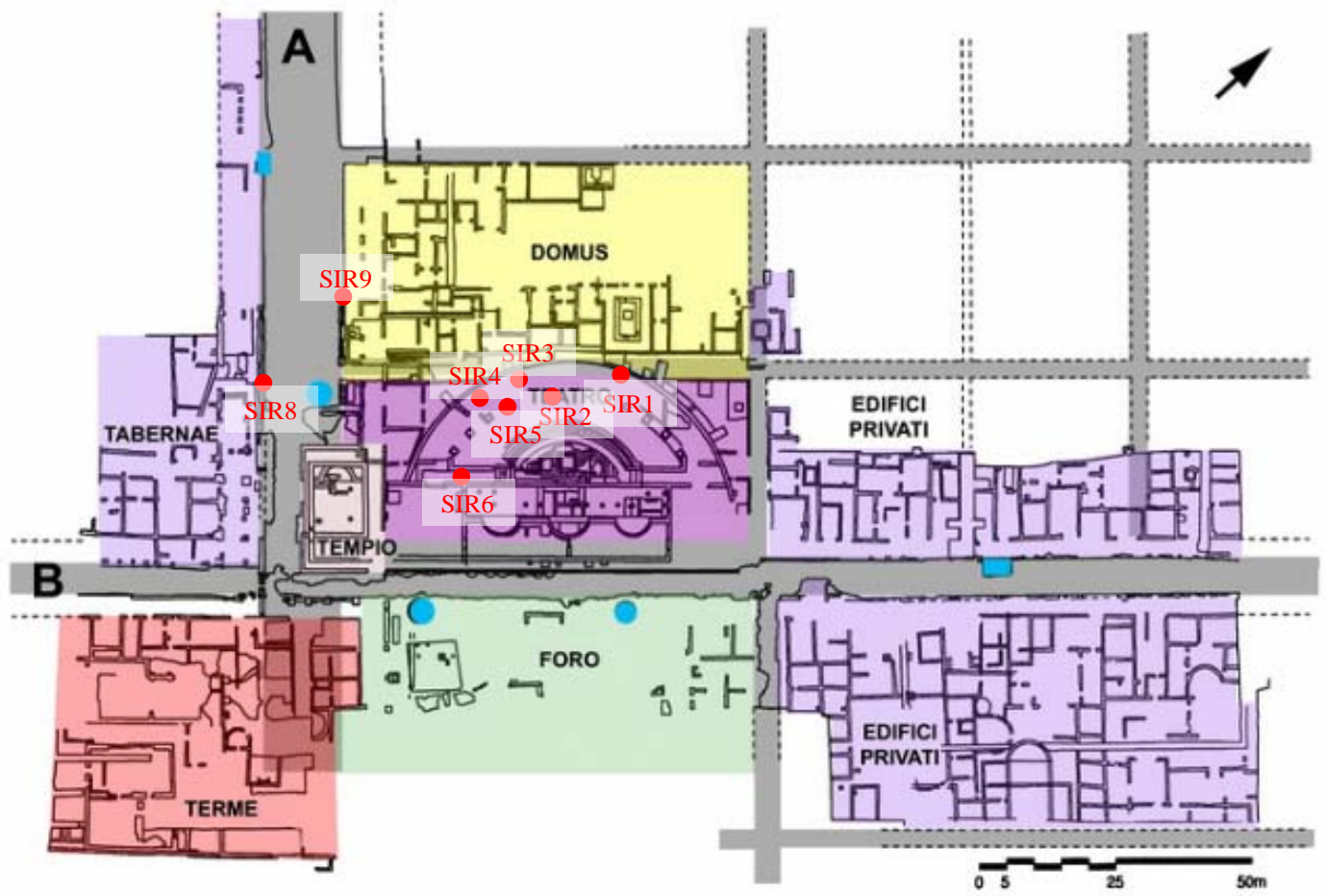


Fig. 2.12 Planimetria con l'ubicazione dei punti di campionamento.

2.2.1 Punti di prelievo e descrizione dei campioni

SIR1: campione prelevato all'interno dell'emiciclo da blocchetti arcaici utilizzati per la realizzazione delle mura. Il campionamento è stato eseguito nella parte inferiore del muro, si tratta di un calcare di colore bianco polverulento, facilmente disgregabile (Fig. 2.13).



Fig. 2.13 Foto del punto di prelievo del campione SIR1.

SIR2: campione prelevato all'interno dell'emiciclo, è stato prelevato da terra, si tratta di un calcare microcristallino di colore grigio a grana medio-fina, la compagine è attraversata da venature di calcite, è notevolmente compatto e tenace (Fig. 2.14).



Fig. 2.14 Foto del punto di prelievo del campione SIR2.

SIR3: campione prelevato all'interno dell'emiciclo tra l'VIII e la IX colonna, si tratta di un calcare microcristallino di colore grigio, massivo privo di venature (Fig. 2.15).



Fig. 2.15 Foto del punto di prelievo del campione SIR3.

SIR4: campione prelevato all'interno dell'emiciclo a terra, è simile al campione SIR3 (Fig. 2.16).



Fig. 2.16 Foto del punto di prelievo del campione SIR4.

SIR5: campione prelevato dal fusto dell'VIII colonna, la base di questa è costituita da un'arenaria di colore giallo con granulometria medio-fina. Il fusto della colonna invece è caratterizzato da un calcare di colore bianco ricco di cavità, poco tenace (Fig. 2.17).



Fig. 2.17 Foto del punto di prelievo del campione SIR5.

SIR6: campione prelevato all'interno dell'emiciclo vicino le mura ma era già distaccato è un calcare di colore bianco polverulento simile al campione SIR1 (Fig. 2.18).



Fig. 2.18 Foto del punto di prelievo del campione SIR6.

SIR8: campione prelevato lungo la strada NS, si tratta di un calcare microcristallino di colore grigio, massivo a granulometria fina privo di venature di calcite, macroscopicamente è simile al campione SIR3 (Fig. 2.19).



Fig. 2.19 Foto del punto di prelievo del campione SIR8.

SIR9: campione prelevato lungo la strada NS, è un calcare di colore da grigio chiaro a biancastro, presenta alcune cavità ed è privo di venature di calcite (Fig. 2.20).



Fig. 2.20 Foto del punto di prelievo del campione SIR9.

SIR10: campione prelevato nell'area adibita a deposito dei reperti recuperati all'interno del teatro; si tratta di un calcare di colore bianco polverulento, facilmente disgregabile, macroscopicamente è simile al campione SIR1 (Fig. 2.21).



Fig. 2.21 Foto del punto di prelievo del campione SIR10.

SIR11: campione prelevato nell'area adibita a deposito dei reperti recuperati all'interno del teatro; si tratta di un conglomerato composizionalmete eterogeneo, mal classato e scarsamente cementato, alcuni ciottoli sono arrotondati ed altri sono appiattiti, la granulometria media è di 1-2 cm (Fig. 2.22).



Fig. 2.22 Foto del punto di prelievo del campione SIR11.

METODOLOGIE ANALITICHE DI LABORATORIO

3.1 Spettrometria per fluorescenza a raggi X

La fluorescenza a raggi X è una metodologia che consente di determinare la composizione chimica (elementi maggiori ed in tracce) di un materiale.

La fluorescenza è un processo di emissione spontanea attraverso il quale gli atomi, opportunamente eccitati da un fascio di fotoni incidente, perdono l'energia accumulata compiendo una o più transizioni dallo stato eccitato in cui si trovano, a stati energetici inferiori. Queste transizioni sono accompagnate da emissioni di fotoni di fluorescenza caratterizzati da un contenuto energetico inferiore rispetto a quella del fascio incidente e pari alla differenza di energia fra l'orbitale di partenza e quello di arrivo. Il fascio incidente viene detto primario, mentre quello che costituisce la fluorescenza è il secondario. In generale un campione, bombardato dal fascio di raggi X primario, emette altri raggi X di fluorescenza, che costituiscono un fascio sicuramente policromatico, vista la potenziale presenza nel campione di una certa varietà di elementi chimici.

Al fine, però, di determinare gli elementi chimici presenti è necessario discriminare le radiazioni provenienti da ciascun elemento. Questa operazione può essere effettuata sfruttando il fenomeno della diffrazione; quando il fascio policromatico

di raggi X secondari colpisce una sostanza cristallina, i piani del suo reticolo riflettono solo quei raggi che soddisfano l'equazione di Bragg:

Lo spettrometro a fluorescenza è composto da una sorgente di raggi X primari, costituita da un tubo catodico che emette raggi X primari. Il tubo catodico è costituito da due elettrodi un catodo e un anodo. Gli elettroni sono generati dal catodo per effetto termoelettrico, e grazie ad un'elevata differenza di potenziale sono accelerati verso l'anodo che emette i raggi X di una determinata lunghezza d'onda. In funzione degli elementi da analizzare, l'anodo può essere di diversa natura chimica al fine di produrre raggi X caratterizzati da diverse lunghezze d'onda. Il campione è inserito nella camera porta campioni, sottoforma di piccole pasticche, nella quale resta fisso ed è colpito dal fascio proveniente dal tubo a raggi X ed emette altri raggi X secondari detti di fluorescenza. Il fascio policromatico proveniente dal campione viene collimato da un sistema di collimatori verso il cristallo analizzatore. Il cristallo analizzatore viene cambiato in base al gruppo di elementi, leggeri o pesanti, che si intende analizzare per ottenere il massimo rendimento dall'accostamento tra i valori delle distanze interplanari e quelli delle lunghezze d'onda dei raggi fluorescenti. In funzione dell'angolo di rotazione del cristallo analizzatore i raggi fluorescenti emessi dagli elementi presenti nel campione vengono separati nelle diverse lunghezze d'onda. Queste, passando attraverso un collimatore, arrivano al rivelatore che analizza quindi le radiazioni monocromatiche. L'acquisizione e l'elaborazione dei dati si effettua con un computer dotato di un apposito software.

L'equazione di base utilizzata per l'analisi chimica quantitativa è la seguente:

$$\frac{I_{cp}}{I_{st}} = K \cdot \frac{C_{cp}}{C_{st}}$$

dove I_{cp} è l'intensità della riga caratteristica dell'elemento X nel campione incognito, I_{st} è l'intensità della stessa riga nello standard di riferimento, C_{cp} è la concentrazione incognita dell'elemento X nel campione da determinare e C_{st} è la concentrazione dello stesso elemento nello standard di riferimento, mentre K è un termine correttivo che tiene

conto della geometria strumentale e di eventuali fenomeni selettivi di assorbimento e/o eccitazione.

Per le analisi di questo lavoro di tesi è stato utilizzato uno spettrometro “Philips PW 1480”.

3.1.1 Preparazione del campione

Al fine di analizzare il materiale è preparare il campione tale preparazione viene eseguita riducendo il campione in polvere tramite dei mulini meccanici o a mano con dei mortai in agata. Vengono prelevati 5g di polvere, introdotti in un becker e mescolati con 1ml di colla polivinilica e posti in forno ad una temperatura di circa 110°C per un’ora. L’utilizzo della colla è necessario per fornire maggiore coesione ai granuli della polvere ed evitare che, una volta introdotto il campione nella strumentazione e sottoposto a vuoto spinto, si disperda danneggiando lo strumento stesso. Successivamente, ad essiccamento avvenuto, si riduce in polvere il campione in un mortaio di agata, in modo da renderlo il più fine possibile. La polvere ricavata viene versata in una piccola vaschetta circolare di alluminio, la quale è riempita per circa 1/3, nella parte sottostante, con acido borico. Il tutto viene pressato utilizzando una pressa idraulica e sottoposto a una pressione di circa 25-30 kPa per 60 s. Così facendo si ottiene una "pasticca" del diametro di circa 40 mm, pronta per essere analizzata.

3.2 Diffrazione di raggi X

L’analisi diffrattometrica ai raggi X consente di determinare la composizione mineralogica delle rocce e dei materiali lapidei. Il fenomeno della diffrazione avviene quando un’onda colpisce la materia organizzata secondo una struttura reticolare la cui distanza interatomica sia paragonabile alla lunghezza d’onda λ della radiazione incidente. Al fine di indagare le sostanze cristalline, in cui tali distanze sono dell’ordine

dell'Ångström, si utilizzano i raggi X la cui lunghezza d'onda è compresa tra 0,1 e 100 Å.

Da questo si comprende che per avere la diffrazione dei raggi X bisogna ricorrere alle distanze interatomiche delle sostanze cristalline. A questo proposito Laue, nel 1913, suggerì che file regolari di atomi in un cristallo potessero funzionare come reticolo di diffrazione dei raggi X, e dimostrò con un solo esperimento, sia la natura ondulatoria dei raggi X, sia la struttura reticolare dei cristalli, di cui gli atomi rappresentano i tratti opachi, del reticolo di diffrazione.

In seguito a questi risultati, Bragg riuscì a interpretare geometricamente questo fenomeno ipotizzando la riflessione dei raggi X da parte dei piani reticolari dei cristalli. Essendo il reticolo cristallino delle sostanze solide costituito da piani reticolari ordinati, è capace di provocare diffrazione quando un fascio di raggi X opportuno lo investe secondo una determinata angolazione. Supponendo che un fascio di raggi X incida con un angolo θ su uno dei due piani, il fascio può essere riflesso sia dal piano di atomi superiore che da quello inferiore.

La costruzione geometrica mostra però, che il fascio riflesso dalla superficie inferiore fa un percorso più lungo di quello del raggio riflesso dalla superficie superiore, e la differenza effettiva di cammino tra i due raggi è pari a $2d \sin \theta$. I due raggi daranno interferenza costruttiva quando la differenza di cammino sarà pari ad un certo multiplo intero di lunghezze d'onda λ . Lo stesso vale per la riflessione dell'intera famiglia di piani paralleli.

In base a ciò, Bragg formulò un'equazione che regola questo fenomeno:

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

dove n rappresenta un numero intero, λ la lunghezza d'onda del fascio di raggi X usato, d la distanza interplanare tra i piani reticolari e θ rappresenta la metà dell'angolo formato tra le direzioni di incidenza e quelle di rifrazione del raggio.

Un diffrattometro è costituito da una sorgente di raggi X, da un filtro monocromatore, da un porta campione, da un rivelatore e da un sistema di amplificazione e registrazione dei dati (figura 3.1).

La sorgente di raggi X è costituita da un tubo catodico formato da due elettrodi un catodo (parte caricata negativamente) e da un anodo (parte caricata positivamente) racchiusi in un'ampolla di vetro in cui viene realizzato il vuoto. Gli elettroni emessi dal catodo, colpiscono energicamente l'anodo grazie alla differenza di potenziale di alcune decine di Volt presente tra i due elettrodi. Dall'anodo quindi sono emessi i raggi X. L'insieme delle lunghezze d'onda di questa radiazione forma uno spettro, composto da una radiazione di fondo detta spettro continuo, su cui si stagliano alcuni picchi caratteristici dell'elemento che costituisce l'anodo, detti righe caratteristiche. Oltre alla sorgente di raggi X un diffrattometro è costituito anche da un filtro monocromatore che rende il fascio di raggi X monocromatico; un dispositivo di collimazione utile a collimare la radiazione monocromatica sul campione.

Il porta campione consente di posizionare il campione ed infine il rivelatore consente di raccogliere gli effetti di diffrazione e di trasformarli in segnali definiti, misurabili e al tempo stesso archiviabili. Esistono vari tipi di rilevatori tra cui: pellicola fotografica, contatore Geiger e scintillatore.

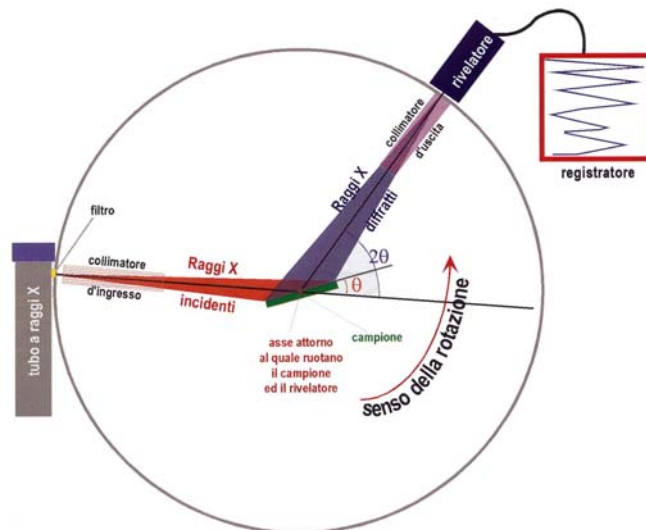


Figura 3.1 – Schema semplificato di un diffrattometro a raggi X. Morbidelli, 2003 mod..

Per eseguire l'analisi è necessario polverizzare il campione che viene posto all'interno di un piccolo contenitore di plastica e inserito all'interno del diffrattometro. Quando il campione ruota di un angolo θ rispetto ai raggi X incidenti, questo risulta posizionato di un angolo 2θ rispetto alla direzione dello stesso fascio. La velocità di rotazione del rivelatore sarà esattamente doppia rispetto a quella del campione, in questo modo il rivelatore capta i soli raggi per cui viene soddisfatta l'equazione di Bragg. Il segnale fornito dal rivelatore viene amplificato ed inviato ad un registratore la cui carta avanza con velocità controllabile; in questo modo sull'ascissa del grafico ci sarà l'angolo 2θ e sull'ordinata l'intensità dei picchi di diffrazione (negli strumenti di ultima generazione la registrazione del diffrattogramma avviene in modo digitale). Normalmente la registrazione del diffrattogramma inizia da valori angolari di 5 o 6° di 2θ e termina sui 60-65° di 2θ . Utilizzando opportune software e con l'ausilio delle tabelle di conversione è possibile risalire, partendo dai valori angolari, alle distanze interplanari d caratteristici delle fasi cristalline presenti. Le analisi diffrattometriche contenute in questo lavoro sono state effettuate con un diffrattometro "BRUKER D8 Advance" e le interpretazioni sono state eseguite con il software "EVA" prodotto da BRUKER.

3.3 Determinazione della perdita per calcinazione

Per avere un'analisi chimica completa che tenga conto anche del contenuto d'acqua intrappolato all'interno dei reticoli cristallini dei minerali, è necessario operare attraverso un procedimento diverso da quello utilizzato per condurre le analisi in fluorescenza ossia, si determina la perdita per calcinazione (LOI = loss on ignition). Tale determinazione si basa su una serie di pesate eseguite con una bilancia di precisione, tali pesate sono effettuate prima e dopo aver messo il campione in forno per circa un'ora alla temperatura di 900 °C. Poiché la bilancia è molto sensibile, si deve sempre fare molta attenzione a non toccare con le mani i crogiuoli di platino che contengono il campione; infatti, l'umidità presente sulle dita, potrebbe attaccarsi al contenitore e falsare così le misure. In totale si eseguono tre pesate; con la prima si determina il peso del solo crogiuolo (P_c); con la seconda si determina il peso

complessivo del crogiuolo insieme al campione prima di essere essiccato in forno (P_w); con la terza si valuta il peso del crogiuolo insieme al campione dopo essere stato tolto dal forno (P_d) e lasciato raffreddare per circa 20 minuti. La perdita per calcinazione (P_{LOI}) è quindi calcolata mediante la formula seguente:

$$\% P_{LOI} = (P_w - P_d) / (P_w - P_c) \times 100$$

Naturalmente per evitare che insieme all'acqua di cristallizzazione venga calcolata anche l'acqua di imbibizione e assorbimento, prima di effettuare la misura, è importante lasciare il campione in forno alla temperatura di 110° C per circa un'ora; in questo modo sarà preventivamente eliminata l'acqua di disturbo non contenuta all'interno dei reticoli cristallini.

3.4 Determinazione del contenuto di calcio

Al fine di determinare la quantità di calcio nei calcari è stata eseguita la calcimetria attraverso il metodo De Astis. Tale metodologia prevede di misurare la quantità di anidride carbonica (CO_2) che si sviluppa quando i carbonati reagiscono con acido cloridrico diluito al 10% secondo la reazione:



De Astis ha predisposto uno strumento che, utilizzando il principio dei vasi comunicanti e la capacità di un gas di spostare volumi di acqua equivalenti, permette di effettuare delle letture dirette di carbonato di calcio espresso in %. Attraverso il bicchiere metallico collegato al calcimetro si riempie il cilindro di vetro graduato fino allo 0, si pesa un grammo di roccia polverizzata e si pone nella beuta ove si colloca una provettina contenente 5 mg di HCl diluito 1:2 (con apposita pinza) facendo attenzione che l'acido non venga in contatto con il campione polverizzato. Successivamente si collega la beuta all'apparecchio, si agita la beuta cautamente per

provocare il contatto della soluzione acida con il terreno e si continuano a roteare la beuta finché non esce più acqua dal sifone del corpo centrale del calcimetro (spostata dal gas sviluppatosi) e si legge sulla scala il valore raggiunto. Ogni grado della scala di lettura corrisponde direttamente all'1% di Carbonio di Calcio puro. Tale valore subisce delle variazioni per effetto della temperatura ambiente (diversa da 20° C) e della pressione atmosferica, pertanto occorre fare delle correzioni secondo una specifica tabella.

3.5 Termogravimetria (TG) e Calorimetria Differenziale a scansione (DSC)

L'analisi termogravimetrica (TG) consente la determinazione della variazione di massa di un materiale in funzione della temperatura; questa tecnica fornisce informazioni circa la stabilità termica e la composizione del campione e di ogni altro composto intermedio che può formarsi. Tale metodologia si basa sulle variazioni di peso che i materiali subiscono in seguito ad un aumento controllato di temperatura, a causa delle reazioni di decomposizione ed eliminazione di prodotti gassosi. Infatti, l'aumento di temperatura provoca nel materiale trasformazioni chimico-fisiche accompagnate da assorbimento o cessione di energia e da una diminuzione o aumento di peso. Questa variazione di energia è definita entalpia (H), una funzione di stato che descrive le variazioni energetiche che avvengono in un sistema termodinamico in seguito a scambi di energia con l'ambiente esterno. Nelle trasformazioni che avvengono a pressione costante (P), il lavoro svolto dal sistema è di tipo meccanico, dunque la variazione di entalpia è numericamente uguale al calore scambiato con l'ambiente esterno. Se il sistema assorbe energia dall'ambiente esterno la reazione è endotermica, se invece è il sistema a cedere energia all'ambiente esterno la reazione è esotermica. L'apparecchiatura è costituita da un forno, ovvero un piccolo cilindro all'interno del quale sono posizionati due crogioli, uno per il campione e l'altro per l'inerte. Il forno e i

crogioli sono collegati ciascuno a delle termocoppie: quella del forno è collegata al programmatore che ne regola il riscaldamento, mentre quelle del campione e dell'inerte sono collegate in modo da monitorare la temperatura raggiunta. Le variazioni di peso del campione, al variare della temperatura del forno, nel quale sono inseriti i crogioli, sono registrate da una bilancia di precisione collegata ai crogioli. I dati ottenuti dall'analisi vengono registrati nella memoria di un calcolatore e sono rappresentati con delle curve dette termogravimetriche in cui sono registrate le variazioni di peso al crescere della temperatura con gradiente costante.

La calorimetria differenziale a scansione consente l'analisi delle transizioni termiche di fase di un campione sia in maniera qualitativa sia quantitativa. Infatti, il calorimetro differenziale a scansione poiché misura la quantità di energia assorbita o emessa da un campione in seguito ad un trattamento termico, permette di caratterizzare i materiali, prevedere il comportamento dei prodotti e ottimizzare le condizioni di processo. È tipico il suo utilizzo per misurare i punti di fusione, i punti di ebollizione, le transizioni vetrose, la purezza, la stabilità termica e le percentuali di cristallinità. Per questo rappresenta un valido aiuto per il riconoscimento di sostanze. Tale metodologia si basa sulla rilevazione delle variazioni di entalpia o calore specifico di un campione in funzione della temperatura. Infatti, misura la differenza di flusso di calore tra un campione e una sostanza di riferimento isoterma quando, questi sono sottoposti ad un programma controllato di riscaldamento, cioè sono sottoposti ad un aumento lineare di temperatura. Quello che accade nello specifico è che fornendo energia al campione, la sua entalpia aumenta come anche la sua temperatura dato che è legata al calore specifico del campione. Il calore specifico, a seconda del materiale cambia lentamente insieme alla temperatura in un particolare stato fisico, ma varia discontinuamente quando si verifica un passaggio di stato. L'aumento di temperatura fornisce energia al campione, e questo provoca l'innescio di processi chimici o fisici accompagnati dalle variazioni di entalpia. Attraverso un'analisi termica si rilevano proprio queste variazioni messe in relazione con il processo che sta avvenendo nel campione.

Sia per l'analisi termogravimetrica che per la calorimetria differenziale a scansione è stata utilizzata una bilancia termica Netzsch STA 449C.

3.6 Spettrofotometria infrarossa (IR)

Quasi tutte le molecole hanno uno spettro d'assorbimento caratteristico nella zona IR. La lunghezza d'onda delle bande d'assorbimento dipende dai legami presenti nella molecola e sono caratteristici di ogni sostanza o gruppo di sostanze simili. Gli spettri di assorbimento IR forniscono informazioni sui gruppi funzionali ed i *finger prints* delle molecole. In questo modo, l'identificazione di un composto si realizza per mezzo di uno spettro nel quale si visualizza la posizione, la forma e l'intensità relativa delle bande, successivamente si confronteranno gli spettri ottenuti con quelli dei materiali di riferimento conosciuti. La spettroscopia IR si basa sull'interazione tra la radiazione elettromagnetica dell'IR ed i sistemi molecolari. Stimolando una molecola, cioè i suoi livelli energetici, con radiazione IR, si provocano salti quantici di energia vibrazionale (λ fra 3 e 25 μm) e rotazionale (λ fra 25 e 200 μm), variando così i suoi movimenti rispettivamente di vibrazione e di rotazione. L'energia vibrazionale è in relazione principalmente, con i movimenti di stiramento, cioè variazione della distanza fra gli atomi e di deformazione, ossia variazioni degli angoli di legame, torsioni. Quando si manda un raggio di radiazione IR attraverso un campione, il raggio lo attraversa, il campione assorbe radiazione in funzione della lunghezza d'onda e l'intensità della luce trasmessa verrà diminuita. L'assorbimento della luce a diversi numeri d'onda corrisponde allo stimolo dei livelli energetici della molecola, con stati quantici energetici vibrazionali oppure rotazionali. Raccogliendo ed analizzano in uno spettrofotometro la luce trasmessa, si ottiene uno spettro costituito da bande d'assorbimento caratteristiche del tipo di sostanza esaminata.

Lo strumento utilizzato è uno spettrofotometro a trasformata di Fourier che si basa sul principio che una sorgente emette una radiazione IR, la cui intensità viene attenuata nel passaggio attraverso il campione alle frequenze corrispondenti all'eccitazione degli stati vibrazionali della molecola. La radiazione residua viene registrata da un rilevatore e trasformata in uno spettro IR, ovvero un grafico nel quale essa viene correlata al numero d'onda (o frequenza). La sorgente di radiazione infrarossa è costituita da un tubo

ceramico che, riscaldato elettricamente, emette radiazioni nella regione del MIR (middle infrared da 4000 a 200 cm^{-1}), nella quale ricadono la maggior parte delle transizioni vibrazionali delle molecole e quindi dei modi molecolari dei solidi.

Lo spettrofotometro IR in trasformata di Fourier presenta un interferometro, in questo dispositivo la radiazione proveniente dalla sorgente incide su uno specchio semitrasparente (*beamsplitter*) che ne trasmette il 50% ad uno specchio fisso, mentre la restante parte viene riflessa verso uno specchio mobile, compiendo in tal modo percorsi di lunghezza variabile in funzione dello spostamento dello specchio. Le radiazioni provenienti dai due bracci dell'interferometro vengono rinviati al *beamsplitter*, il quale ricongiunge i due raggi e li invia al rivelatore; avendo essi compiuto un diverso cammino ottico, si creano delle interferenze costruttive o distruttive che generano un segnale, l'interferogramma, che contiene le informazioni spettrali (frequenza e intensità) riguardanti la sorgente. Eseguendo il procedimento matematico dalla trasformata di Fourier, si converte l'interferogramma in un tradizionale spettro IR: si passa in tal modo da un segnale d'intensità in funzione del tempo ad uno spettro che rappresenta la variazione dell'intensità del segnale in funzione del numero d'onda della radiazione. Gli spettrofotometri FT-IR sono monoraggio, la tecnica FT-IR rende infatti inutile la suddivisione del fascio in raggio campione e di riferimento. Il campione e il riferimento sono allocati su una slitta che li porta nel cammino ottico uno dopo l'altro; dal confronto tra gli spettri, ricavati dai rispettivi interferogrammi, viene elaborato lo spettro IR della sostanza in esame. L'esecuzione di tale analisi genera uno spettro che può essere registrato in trasmittanza o in assorbanza: la prima è il rapporto tra l'intensità della radiazione trasmessa dal campione e l'intensità della radiazione incidente sul campione, la seconda è definita come il logaritmo decimale dell'inverso della trasmittanza. Nel caso in cui si lavora in ATR, si raccoglie, in modo equivalente, lo spettro della luce riflessa dal campione. Lo spettro presenta una sequenza di bande di assorbimento, ciascuna delle quale corrisponde ad una frequenza assorbita; la posizione della banda, definita dal numero d'onda, dipende dalla forza del legame e dalla massa ridotta del gruppo o della molecola vibrante, l'intensità è legata alla variazione del momento di dipolo e la larghezza e la forma della banda sono condizionati dall'entità

dell'interazione del gruppo con il suo intorno. Nello spettro infrarosso, in genere registrato nel range compreso tra 4000 a 200 cm^{-1} , si distinguono tre zone principali: zona dei gruppi funzionali (da 4000 a 1300 cm^{-1}) che comprende le bande d'assorbimento dovute agli stiramenti dei legami con l'idrogeno, ai legami doppi e tripli; la zona delle impronte digitali o "*finger printing*" (da 1300 a 650 cm^{-1}) che è la porzione di spettro dove non è possibile trovare due composti che abbiano lo stesso spettro, poiché in questa zona si registrano gli assorbimenti dovuti alle vibrazioni totali di tutta la molecola (vibrazioni di scheletro) e pertanto caratteristiche di ogni molecola; l'ultima zona (da 650 a 200 cm^{-1}) è detta zona del lontano IR e comprende i legami di atomi pesanti, deformazioni di gruppi privi d'idrogeno e vibrazioni di scheletro.

Per eseguire le analisi è stata utilizzata direttamente la polvere macinata, ed è stato utilizzato uno spettrofotometro "Perkin Elmer Spectrum 100".

3.7 Colorimetria

L'analisi colorimetrica è necessaria ogni qual volta si vuole dare una comunicazione precisa del colore, in quanto permette di riuscire a determinare la colorazione di un oggetto, di un materiale, in modo indipendente dalla percezione soggettiva. Il colore rappresenta un criterio diagnostico molto importante, infatti, può essere considerato espressione di diverse variabili come ad esempio la quantità di sostanza organica presente, la natura dei minerali presenti, l'ossidazione e la riduzione del ferro e la porosità.

La colorimetria è una disciplina che definisce e misura in modo oggettivo il colore apparente di sorgenti luminose e oggetti illuminati, esprimendo in modo univoco i dati misurati sotto forma di coordinate definite spazi cromatici. È noto che uno stesso colore osservato da più persone può essere interpretato e chiamato in modo differente a causa della variazione delle condizioni quali sorgenti luminose diverse, osservatori diversi, dimensioni diverse e così via. L'unico modo per stabilire con precisione il colore di un oggetto è la misurazione dello stesso con un colorimetro o uno

spettrofotometro, strumenti in grado di rilevare anche le più piccole variazioni di colore che l'occhio umano non riesce a distinguere. La percezione del colore è dovuta all'interazione della luce con la materia. La luce è un fenomeno ondulatorio di natura elettromagnetica ed è costituito da varie lunghezze d'onda che formano lo spettro elettromagnetico diviso in diversi intervalli, tra i quali ricadono le onde della radiazione del visibile, compreso tra 400 e 750 nm; l'occhio umano percepisce solo questa porzione dello spettro, che è in grado di stimolare la retina e di dare la visione del colore. I parametri che consentono di caratterizzare univocamente il colore in considerazione del tipo di luce incidente sono:

- tono cromatico o tinta, legato alla lunghezza d'onda dominante, individua il colore con cui viene visto un oggetto (rosso, giallo, blu, ecc.);

- saturazione o croma, vivacità del colore, ne definisce la purezza, cioè la sua distanza dal colore grigio di uguale luminosità; quindi se la saturazione di una tinta è intensa il colore risulta molto vivo se invece è debole il colore tenderà ad essere meno vivo e di conseguenza acromatico.

- luminosità, intensità della sensazione, che determina il grado di luminosità di un colore ossia la sua posizione tra i due estremi bianco e nero.

Questi tre parametri sono riuniti in modo da creare un solido tridimensionale, in cui la tinta è rappresentata sul cerchio esterno del solido, la saturazione è disposta sul raggio orizzontale, mentre la luminosità è distribuita sull'asse centrale. Inizialmente, lo spazio colorimetrico più utilizzato, era quello basato sui valori di tristimolo X, Y, Z, (Y_{xy}) che non teneva conto della luminosità. Per questo motivo la CIE (Commission Internationale pour l'Eclairage) ha introdotto lo spazio colorimetrico CIELAB ($L^*a^*b^*$), nel quale viene incluso il parametro della luminosità.

La misura del colore può essere eseguita per mezzo di uno spettrofotometro che consente di misurare le coordinate cromatiche e le componenti spettrali delle lunghezze d'onda del colore misurato. Lo spettrofotometro è composto da una sorgente di illuminazione composta da tre lampade allo Xe pulsate ad alta intensità e formate da una geometria di riflettanza pari a $d/8$, con illuminazione diffusa/oss.8°, e con misurazione contemporanea dei parametri SCI (rilevazione del colore con componente

speculare inclusa) e SCE (rilevazione del colore con componente speculare esclusa) Da un'area di misura della riflettanza, costituita da maschere intercambiabili che ricevono la radiazione luminosa emessa dall'oggetto di misura, rilevata da una sfera di integrazione ricoperta interamente da BaSO₄ e da un sistema di rivelazione composto da doppio array a fotoidi di silicio avente un reticolo olografico piatto che analizza la radiazione in un campo spettrale che riesce a misurare le lunghezze d'onda del visibile (360 – 740 nm), con una risoluzione di 10 nm. Successivamente all'acquisizione degli spettri i calcoli vengono eseguiti con appositi software.

In tale lavoro l'analisi colorimetrica è stata eseguita per mezzo di uno spettrofotometro "Konica Minolta CM 2600".

3.8 Porosimetria a mercurio

Il porosimetro a mercurio consente di eseguire prove di distribuzione di porosità su campioni solidi e/o polveri. Attraverso tale analisi si ottengono molteplici parametri tra cui: volume poroso totale, area dei pori, curva di intrusione/estrusione, diametro medio dei pori, densità apparente o di "bulk", densità di scheletro (assimilabile alla densità reale), porosità espressa in percentuale, grafici di distribuzione del volume dei pori, grafici di distribuzione delle dimensioni delle particelle nel caso di campioni allo stato di polvere. Inoltre si aggiungono molte informazioni, ad esempio relative alla permeabilità, la tortuosità, il fattore di tortuosità, l'indice frattale dei pori, il grado di interconnettività dei pori all'interno della matrice solida.

La tecnica si basa sulla legge della capillarità che governa la penetrazione di un liquido in pori di piccole dimensioni quando si applica su di esso una pressione gradualmente crescente. In funzione della quantità di volume del liquido che riesce ad entrare all'interno del campione, è possibile risalire al volume e alla dimensione della porosità aperta del campione. Tale metodologia si applica in un intervallo di diametro dei pori compreso tra 900 e 0,003 micron (cinque ordini di grandezza). Il liquido

utilizzato per eseguire la prova è il mercurio in ragione della capacità dello stesso di non bagnare la maggior parte dei materiali con i quali è in contatto.

Affinché possa "vedere" la struttura interna di un solido o di una polvere, il mercurio deve essere spinto all'interno di questa mediante l'applicazione di una pressione.

L'analisi della porosimetria a mercurio prevede l'introduzione di un campione all'interno di una cella di misura (penetrometro), il degasaggio del campione, il riempimento del penetrometro con mercurio per caduta gravitazionale e l'applicazione di una pressione (Fig. 3.2).

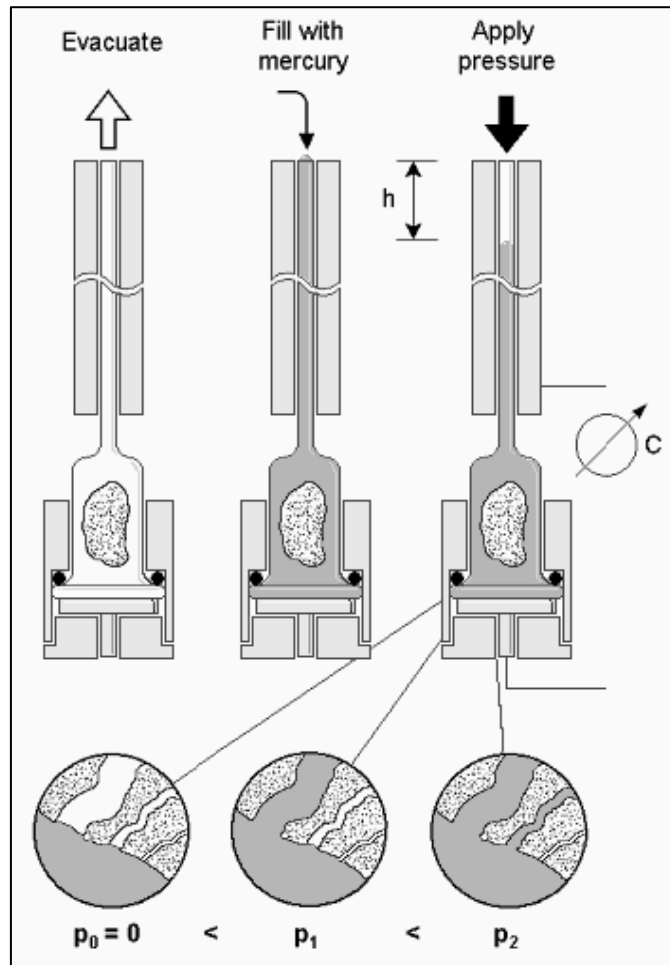


Fig. 3.2 Schema del principio di funzionamento del porosimetro a mercurio. Licciulli, 2005 mod.

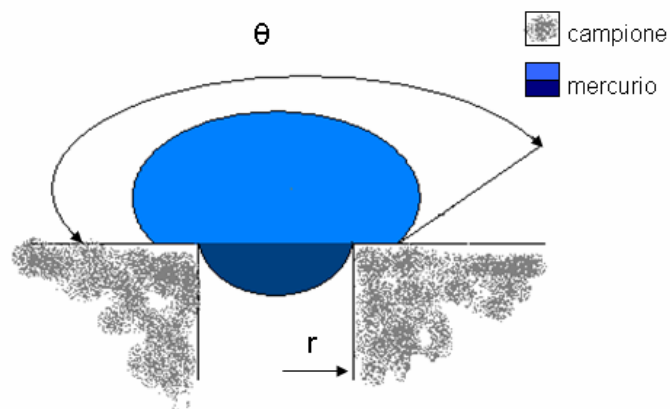


Fig. 3.3 Contatto tra mercurio e poro. Webb & Orr, 1997 mod.

Nella fase iniziale dell'analisi, il campione subirà la sola pressione idrostatica dovuta all'altezza della colonnina di mercurio. L'intervallo di porosità determinabile viene definito, tra le altre cose, dall'altezza della colonnina di mercurio e dalla massima pressione raggiungibile dallo strumento. L'altezza della colonnina di mercurio fissa il valore del diametro massimo dei pori che è possibile stimare, mentre la pressione massima raggiungibile dallo strumento fissa il diametro più piccolo.

In presenza di porosità del campione, l'applicazione di una pressione sulla colonnina di mercurio provoca la diminuzione dell'altezza della stessa (intrusione di mercurio); il rilevamento del volume di mercurio intruso alla pressione generata avviene con un principio capacitivo. In sostanza, viene creato un condensatore di cui un'armatura è costituita da un film metallico depositato sul capillare del penetrometro, l'altra è rappresentata dal mercurio che è anche il dielettrico.

Grazie a questo principio particolare, il dielettrico sarà perfettamente solidale con il condensatore. La variazione dell'altezza della colonnina di mercurio comporta una variazione della capacità del condensatore che, mediante un opportuno fattore di conversione, porta al volume di mercurio intruso. In conclusione, aumentando la pressione applicata sul mercurio a passi il mercurio penetrerà via via nei pori di diametro sempre più piccolo; potendo determinare la variazione di capacità del condensatore, si potrà ricavare una curva di distribuzione di porosità specifica per ogni campione (fig. 3.5)

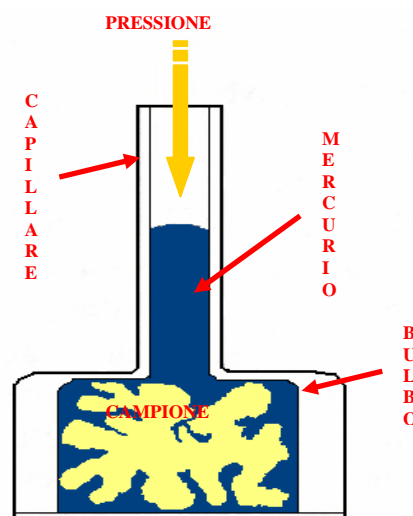


Fig. 3.4 Penetrometro con campione poroso dopo l'applicazione della pressione sul mercurio. Webb & Orr, 1997 mod.

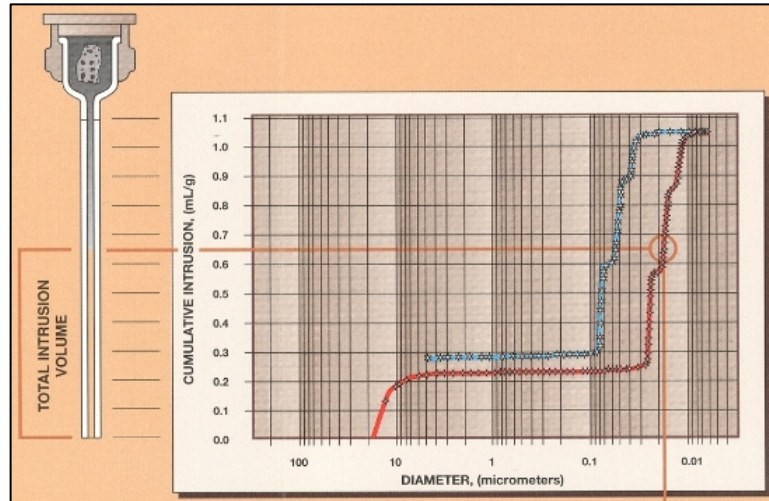


Fig. 3.5 Curva di distribuzione della porosità da www.micromeritics.it.

La tecnica della porosimetria a mercurio è governata da una legge semplice nella sua forma, ma non certo nei parametri di cui è composta. Tale legge, detta equazione di Washburn in omaggio al suo scopritore, definisce una relazione di reciprocità inversa tra la pressione e l'ampiezza dei pori. L'equazione di Washburn nella sua forma più semplificata può essere scritta nel seguente modo:

$$D = 4 \gamma \cos \theta / P$$

dove:

- D è il diametro dei pori;
- γ è la tensione superficiale del mercurio;
- θ è l'angolo di contatto tra il mercurio e il campione con il quale è in contatto.

Questa equazione dimostra che per i pori con diametro di circa 360 μ m il mercurio riuscirà a penetrare applicando una pressione di 0.50 psia considerando una tensione superficiale del mercurio pari a 485 dyne/cm a 20 °C e un angolo di contatto pari a 130 °C. L'assunzione dei pori di forma cilindrica è una semplificazione ma è la migliore rappresentazione.

Gli elementi essenziali di un porosimetro a mercurio sono:

- un penetrometro ossia un contenitore di vetro costituito da un capillare e da un bulbo; attraverso il capillare il mercurio raggiunge il campione che è posizionato nel bulbo del penetrometro, il capillare è rivestito da un film metallico. È possibile scegliere tra un'ampia gamma di penetrometri suddivisi in base allo svolgimento della prova, che può avvenire su polveri e su campioni solidi, e in base alle caratteristiche volumetriche, in modo che la tipologia scelta risulti adatta alle caratteristiche porosimetriche del campione in esame.
- un sistema di pompaggio necessario ad evacuare il penetrometro ed i pori del campione, prima di iniziare l'analisi, e ad intrudere ed estrarre il mercurio dai pori.
- stazioni di analisi di bassa pressione e di alta pressione che si utilizzano, in genere, in sequenza; esistono strumenti con più porte d'analisi che permettono quindi analizzare più campioni contemporaneamente;
- un computer per la gestione dell'analisi e per l'elaborazione e visualizzazione dei risultati.

Per eseguire l'analisi è necessario porre il campione da analizzare in forno alla temperatura di 50 °C, al fine di eliminare totalmente i gas presenti all'interno del campione stesso.

I dati porosimetrici riportati in tale lavoro sono stati ottenuti attraverso l'impiego del porosimetro "Micromeretics Autopore IV", mentre l'elaborazione dei dati è stata eseguita con il software "WIN 9500".

L'ANALISI STATISTICA DEI DATI

4.1 Introduzione alla geostatistica

La Geostatistica è una branca della statistica spaziale nella quale si studiano campi aleatori a parametro continuo.

La Geostatistica nacque grazie all'apporto di vari contributi provenienti dalle più svariate discipline: matematica, statistica, ingegneria mineraria e geologia. La necessità della formazione di una disciplina di questo tipo era dovuta ad esigenze di forte impatto; per esempio, le stime degli standard di produzione nelle miniere di diamanti in Sudafrica (intorno agli anni '80) e la valutazione dell'impatto di alcuni inquinanti sull'equilibrio ambientale.

Si iniziò a parlare di Geostatistica in ambito minerario, quando, all'inizio degli anni '60, sorsero problemi inerenti la stima della percentuale di metallo nobile contenuto all'interno delle pepite. Tali problemi furono risolti grazie all'apporto di un ingegnere minerario, Richard Krige, ed un matematico francese dell'Ecole des Mines de Paris, George Matheron. Egli si dedicò a problematiche di questo tipo nel corso dei suoi viaggi in Algeria e Sudafrica. Tornato in Francia, Matheron fondò il Centre de Morphologie Mathématique e il Centre de Geostatistique a Fontainebleau, al sud di Parigi. Vari sono i settori interessati nell'applicazione di metodologie proprie della geostatistica:

- Scienze ambientali: Fuentes e Smith (2001) per la concentrazione di SO₂, Niu (1996), Carrol et al. (1997) per l'ozono, Kolenikov et al. (2002) per i particolati sospesi; De Iaco et al. (2001) per gli indici generali di contaminazione atmosferica.

- Meteorologia: Sampson e Guttorp (1992) per le radiazioni solari; Cressie e Huang (1999) per la velocità del vento; Bengtsson e Nychka (2001) per la previsione del clima.
- Idrogeologia: Samper e Carrera (1990) per l'idrogeologia sotterranea.
- Altri campi, come quello epidemiologico, analisi di immagini, controllo delle operazioni militari.

La statistica spaziale include una vasta gamma di metodi e modelli finalizzati all'analisi di dati riferiti al territorio, più in generale, spazialmente distribuiti (Cressie, 1993). Nell'ambito della statistica spaziale la geostatistica si riferisce ai metodi e modelli applicati a dati campionati discretamente in una regione dello spazio, i quali siano misure dirette di valori di un fenomeno spaziale continuo nei punti di campionamento o statisticamente correlati (Diggle & Ribeiro, 2007). Tali metodi geostatistici studiano la variabilità spaziale dei parametri che descrivono i fenomeni, attraverso la loro modellizzazione al fine di caratterizzare e stimare i fenomeni stessi (Raspa, 2004).

I dati utilizzati nelle scienze mostrano solitamente una correlazione spaziale più o meno accentuata.

L'approccio geostatistico si basa sulla definizione della variabile come variabile aleatoria; il suo valore misurato è considerato come una possibile realizzazione di una certa funzione aleatoria in un determinato punto. Ognuna di queste realizzazioni è una variabile aleatoria e l'insieme di tali variabili aleatorie, valutate sull'intero dominio spaziale, è definita come la funzione aleatoria generante.

I fenomeni che avvengono nel mondo reale sono molto complessi, questo ci costringe a semplificare i processi al fine di descriverli e raggiungere delle conclusioni. I modelli sono i modi di descrivere la realtà semplificandola ed il modo con cui ogni dato viene elaborato ed interpretato riveste un ruolo molto importante nella modellizzazione. Essi forniscono gli strumenti necessari per la comprensione dei fenomeni permettendo di descrivere e rappresentare i processi in un sistema. Attraverso i modelli è possibile ottenere la stima di un valore in un punto sconosciuto, questo consente di analizzare la realtà, fare delle previsioni, capire le relazioni tra dati contigui nonché evidenziare strutture e correlazioni nascoste. Il vantaggio della modellizzazione

geostatistica è costituito dal fatto che essa tiene in considerazione di alcune componenti solitamente non considerate nella statistica classica, come il trend spaziale e la correlazione nello spazio, separando le relazioni di macroscala da quelle di microscala.

Una parte fondamentale dello studio geostatistico è la caratterizzazione (spaziale, temporale o spazio-temporale) del fenomeno, che consiste nell'evidenziarne la variabilità, specificandone la tipologia, in relazione ad eventuale anisotropie e diverse scale di variabilità (Raspa, 2000).

Nel campo della ricerca scientifica si ha la possibilità di disporre di un elevato numero di dati a volte non tutti controllabili con la precisione desiderata, di molti non si conosce esattamente la rilevanza per il problema in esame e quanto rumore sperimentale mascheri e confonda i veri effetti delle variabili considerate. Inoltre nella maggior parte dei casi, non sono note le correlazioni tra le variabili ed i loro effetti sinergici, cioè quegli effetti dovuti al ruolo combinato di due o più variabili, effetti che non si manifestano considerando separatamente una variabile alla volta. I metodi chemiometrici cercano di separare il contenuto di informazione utile da quanto altro è contenuto nei dati ossia la presenza di rumore sperimentale, di informazioni ridondanti. Utilizzare tutte le informazioni disponibili e ottimizzare le procedure per lo sviluppo di nuove strategie, minimizzando i tempi ed i costi e massimizzando la qualità dei risultati è l'unico modo per affrontare concretamente un problema, la chemometria nasce proprio dal tentativo di rispondere a queste esigenze. I metodi chemiometrici vengono utilizzati per l'esplorazione dei dati, cioè per aprire una finestra sulla complessità al fine di gettare luce sulla struttura dei dati, sulle relazioni e correlazioni tra essi esistenti, sulla congruità, sulla rilevanza e sulla ridondanza con cui il problema è stato descritto. I dati reali si presentano comunemente come un insieme olistico in cui informazione utile e secondaria, rumore e ridondanza sono intrinsecamente mescolati, separare le diverse sorgenti ed i diversi effetti è uno degli obiettivi dell'esplorazione dei dati (Todeschini, 1998).

Una delle principali applicazioni della chemometria è l'analisi multivariata dei dati.

L'analisi statistica multivariata comprende un corpo di metodologie statistiche che permettono di analizzare simultaneamente misurazioni riguardanti diverse caratteristiche (variabili qualitative o quantitative) di un insieme di individui in esame. Gli obiettivi principali delle metodologie di analisi multivariata sono riassumibili nella sintesi delle osservazioni ovvero nella semplificazione della loro struttura (riduzione del numero delle variabili), nell'ordinamento e nel raggruppamento (classificazione) di osservazioni, nello studio delle interdipendenze tra le variabili, nella formulazione e verifica di ipotesi operative.

Le diverse tecniche di analisi multivariata possono essere distinte a seconda che facciano o meno riferimento ad un modello distributivo assunto per le osservazioni e alla base degli sviluppi inferenziali. In questo senso le tecniche collegate allo studio della dipendenza (modello lineare generale, modelli lineari generalizzati) si contrappongono ad un insieme di metodologie giustificate prevalentemente da argomenti logico-intuitivi note sotto il nome di metodi di analisi dei dati. Sono questi dei metodi esplorativi (Fabbris, 1991) ovvero di statistica descrittiva multidimensionale (Lebart, Morineau, Fenelon, 1982). Un tale approccio porta a procedure di analisi euristiche, ovvero di carattere intuitivo-analogico, i cui risultati devono essere controllati e convalidati in un secondo tempo (logica del trovare), e si contrappone all'approccio confermativo per il quale la verifica della sussistenza di assunzioni effettuate prima ancora della rilevazione dei dati, viene condotta sulla base di metodi statistico inferenziali (logica del giustificare). La scelta di uno dei due approcci dipende sia dagli obiettivi del ricercatore che dalle informazioni disponibili riguardo alla distribuzione delle variabili in esame. In genere i metodi modellistico-inferenziali vengono maggiormente utilizzati nel campo scientifico (Pollice, 2002). Le tecniche statistiche multivariate sono utilizzate quando una determinata analisi deve tenere conto di più variabili simultaneamente. Per tale motivo l'applicazione di tali tecniche trova ampio spazio qualora si voglia studiare una notevole quantità di oggetti o fenomeni caratterizzati da numerose variabili che operano contemporaneamente nel tempo e nello spazio.

4.2 Metodi di classificazione

I metodi di classificazione sono metodi che hanno l'obiettivo di costruire, sulla base di un certo numero di variabili indipendenti (descrittori) un modello capace di individuare la classe di appartenenza di ciascun oggetto. Con i metodi di classificazione si cerca una relazione tra le variabili indipendenti ed una risposta qualitativa (una classe). Affinché i metodi di classificazione siano applicabili è necessario che le classi siano preventivamente definite e che ciascun oggetto sia assegnato ad una delle classi definite. Tra i metodi di classificazione è possibile distinguere i metodi modellanti e non modellanti. I primi generano un modello con il quale sono definibili anche i confini di ciascuna classe, ossia le dimensioni di uno spazio che racchiude gli oggetti di ciascuna classe. Esistono vari metodi di classificazione tra i quali sono noti la Fuzzy classification methods, K-NN methods ecc. In questo lavoro di tesi è stata utilizzata l'analisi discriminante che ha un fondamento statistico pienamente studiato e ormai consolidato.

4.2.1 Analisi discriminante

L'analisi discriminante è una tecnica descrittiva il cui utilizzo è legato alla suddivisione del campione in gruppi. Questa avviene in due fasi: una di addestramento, che usa una variabile che indica il gruppo di appartenenza e una di analisi in cui la funzione precedentemente costruita viene applicata anche ai soggetti che prima non erano stati considerati. L'analisi discriminante è appunto uno strumento molto utile per individuare le variabili che permettono di discriminare tra differenti gruppi e per classificare i casi in gruppi differenti. Essa considera i fenomeni nella loro interezza, tenendo quindi conto delle diverse caratteristiche che meglio servono a descrivere i fenomeni stessi. La possibilità di analizzare più variabili contemporaneamente non significa che ad un alto numero di variabili corrisponda un'analisi migliore, se alle variabili di interesse vengono aggiunte altre di scarso significato si genera una diluizione dell'informazione rendendo più difficile l'analisi. L'idea di base sottostante

all'analisi discriminante è quella di determinare se i gruppi differiscono rispetto alla media di ogni variabile e quindi usare tali variabili per predire l'appartenenza di nuovi casi a ai gruppi. Si tratta quindi di minimizzare la variabilità degli elementi all'interno dei gruppi e di massimizzarla tra i gruppi.

Le principali assunzioni del modello sono l'indipendenza delle variabili tra di loro e la loro distribuzione normale: l'indipendenza delle variabili è una caratteristica necessaria. Per indipendenza si intende che una variabile non è una combinazione lineare di nessuna delle altre o per meglio dire sono a due a due ortogonali. Ogni variabile corrisponde ad un asse di uno spazio n dimensionale e ogni caso è individuato dalla combinazione lineare delle proprie distanze da ciascun asse. Disponendo di un sistema di assi ortogonali, la distanza euclidea corrisponde all'ipotenusa di un triangolo rettangolo, i cui cateti sono quindi le differenze tra i valori delle due variabili. Quanto detto vale solo se gli assi (variabili) sono ortogonali. In termini di variabili, la condizione di ortogonalità corrisponde all'indipendenza delle variabili. Quanto più due variabili sono correlate, tanto più il loro spazio vettoriale si chiude con un angolo sempre più stretto.

Un altro degli obiettivi per cui è applicata l'analisi discriminante è quello della classificazione dei casi non utilizzati per la creazione del modello statistico. Una volta completato il modello e derivate le funzioni discriminanti, è possibile utilizzare le funzioni di classificazione per determinare a quale gruppo appartiene con maggiore probabilità ogni caso. Se consideriamo il caso più semplice di due gruppi definiti ciascuno da due variabili, x_1 e x_2 , si può cercare la combinazione lineare delle variabili x_1 e x_2 tale che i due gruppi siano il più possibile distinti. Tale combinazione lineare è chiamata "funzione discriminante" e può essere scritta, generalmente in due modi diversi

$$T - \bar{T} = K_1(X_1 - \bar{X}_1) + K_2(X_2 - \bar{X}_2) + \dots + K_p(X_p - \bar{X}_p) \quad (1)$$

oppure

$$t = k_1x_1 + k_2x_2 + \dots + k_px_p \quad (2)$$

Nella formula 2 t e x_i sono espressi come deviazione dalla media. I coefficienti k_i sono chiamati “pesi discriminanti” e le variabili da x_1 a x_p sono le variabili discriminanti. Se p è uguale a 2 la funzione discriminante può essere semplificata nella forma:

$$t = k_1 x_1 + k_2 x_2 \quad (3)$$

Tale formula può essere riscritta utilizzando la notazione matriciale seguente:

$$t = X \cdot K \quad (4)$$

Nel caso di due gruppi la funzione discriminante è soltanto una. In generale il numero delle funzioni discriminanti è pari a $g - 1$, dove g è il numero dei gruppi definiti a priori.

I metodi di classificazione largamente usati sono: l’analisi discriminante lineare (LDA) e l’analisi discriminante quadratica (QDA) che sono metodi Bayesiani, quindi classificano gli oggetti in base alla seguente regola:

un oggetto x_i viene classificato nella classe g se

$$p(g / x_i) > p(k / x_i) \quad \text{per tutti } k \neq g \text{ e } k = 1, \dots, G \quad (5)$$

dove $p(g / x_i)$ è la probabilità a posteriori che l’oggetto x_i appartenga alla classe g , mentre G è il numero totale di classi. Questa probabilità viene calcolata dalla regola di Bayes:

$$p(g / x_i) = \frac{p_g f(x_i / g)}{\sum_k p_k f(x_i / g)} \quad (6)$$

dove p_g è la probabilità a priori della classe g e $f(x_i / g)$ è la densità di probabilità che una classe g contenga l’oggetto x_i . La densità di probabilità è generalmente ignota e deve essere stimata dagli oggetti del *training set*.

Utilizzando la regola di Bayes l'equazione (5) può essere espressa come:

$$f(x_i / g)P_g > f(x_i / k)P_k \quad \text{per tutti } k \neq g \text{ e } k = 1, \dots, G \quad (7)$$

Di fatto uno oggetto x_i viene classificato nella classe g se è minima l'espressione

$$D_g(x_i) = (X_1 - \bar{X}_g)^T S_g^{-1} (X_1 - \bar{X}_g) + \ln|S_g| - 2 \ln P_g \quad (8)$$

dove:

$D_g(x_i)$ è detto *discriminant score*;

S_g^{-1} è l'inversa della matrice di covarianza della classe g ;

\bar{X}_g è il corrispondente centroide di classe;

la quantità $(X_1 - \bar{X}_g)^T S_g^{-1} (X_1 - \bar{X}_g)$ è il quadrato di una distanza chiamata distanza di Mahalanobis.

Gli elementi della matrice di covarianza sono così definiti:

$$s_{jkg}^2 = \frac{\sum (x_{ijg} - \bar{x}_{kg})^2}{n_g - 1} \quad i = 1, \dots, n_g \quad (9)$$

dove s_{jkg}^2 indica l'elemento della matrice di covarianza relativo alle variabili j e k , calcolato da tutti gli n_g appartenenti alla classe g .

L'ipotesi fondamentale che sottende questo approccio alla classificazione è che le variabili siano distribuite normalmente. Infatti l'equazione (8) è ottenuta dall'equazione (7) sostituendo l'equazione di una distribuzione normale multivariata (10) al posto della densità di probabilità, facendone il logaritmo naturale, eliminando un termine costante e moltiplicandolo per -2.

$$f(x_i / g) = 1/(2\pi)^{p/2} |S_g|^{-1/2} \exp (1/2 (X_1 - \bar{X}_g)^T S_g^{-1} (X_1 - \bar{X}_g)) \dots \dots \dots (10)$$

L'analisi discriminante fornisce buoni risultati anche in presenza di scostamenti non piccoli dalle condizioni di normalità.

Se si può assumere che le matrici di covarianza di classe siano uguali (o simili) per tutte e classi (ossia provengono dalla stessa popolazione), si calcola un'unica matrice di covarianza comune (*pooled covariance matrix*, S_p):

$$S_p = \frac{\sum (n_g - 1)S_g}{n - G}$$

In questo caso, i valori dei *discriminant scores* seguono un andamento lineare: ciò significa che la separazione tra le classi è lineare, cioè è definita da una retta, da un piano o da un iperpiano (analisi discriminante lineare).

Se le matrici di covarianza sono tra loro diverse S_g , $g=1, \dots, G$. In questo secondo caso si tratterà dell'analisi discriminante quadratica in quanto le ipersuperfici che separano le classi sono quadratiche.

Entrambi i metodi di analisi discriminante sono invarianti alla scalatura dei dati; ciò significa che i risultati non cambiano adottando tipi di scalature diverse o utilizzando direttamente i dati originali (Todeschini, 1998).

RISULTATI DELLE ANALISI

5.1 Le analisi effettuate

Come si evince dal capitolo relativo al campionamento sono stati prelevati nelle cinque cave in totale 55 campioni, mentre nel Parco Archeologico di Sibari sono stati prelevati 10 campioni. Su tutti i campioni sono state eseguite l'analisi chimica in fluorescenza a raggi X, l'analisi diffrattometrica, l'analisi termica, l'analisi spettrofotometrica IR, l'analisi colorimetrica e la calcimetria, mentre l'analisi porosimetrica è stata eseguita soltanto sui campioni delle cave. Di seguito si riportano i risultati ottenuti per le varie analisi.

5.1.2 Risultati delle analisi chimiche in fluorescenza X

Le analisi chimiche, riportate nelle tabelle seguenti, sono state realizzate con uno spettrometro "Bruker S8 Tiger", in dotazione presso i laboratori del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi della Calabria. Nelle tabelle seguenti si riporta la distribuzione degli elementi maggiori e degli elementi in tracce. Per la descrizione della metodologia analitica si rimanda al capitolo terzo.

Campione	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P.C.
fms	61.57	0.37	11.50	3.52	0.05	2.51	7.58	1.83	1.48	0.04	9.54
fm1	0.66	0.02	0.23	0.08	0.01	1.99	3.05	-	0.03	0.05	43.89
fm2	0.39	0.03	0.18	0.06	0.01	1.86	53.51	0.03	0.03	0.02	43.92
fm3	0.59	0.04	0.23	0.07	0.01	1.82	53.29	-	0.03	0.02	43.89
fm4	0.80	0.04	0.29	0.12	0.01	1.84	53.02	-	0.05	0.04	43.78
fm5	0.97	0.04	0.43	0.23	0.01	1.87	52.60	-	0.08	0.02	43.74
fm6	0.39	0.03	0.19	0.08	0.01	2.02	53.23	-	0.02	0.03	44.01
fm7	1.01	0.04	0.58	0.23	0.01	1.27	52.67	-	0.05	0.02	44.12
fm8	0.52	0.03	0.20	0.10	0.01	1.89	53.12	-	0.02	0.03	44.08
fm10	0.75	0.04	0.33	0.12	0.01	6.30	47.94	-	0.04	0.03	44.45
fm11	0.56	0.03	0.19	0.06	0.01	2.11	53.02	-	0.03	0.03	43.96
a0	9.82	0.09	1.58	1.28	0.07	2.19	44.13	0.04	0.23	0.05	40.52
a1	10.92	0.11	1.82	1.44	0.06	3.75	46.69	0.06	0.24	0.04	34.87
a2	8.23	0.12	2.43	1.47	0.05	2.10	44.55	0.05	0.36	0.06	40.59
a3	3.61	0.06	0.57	0.41	0.06	1.88	52.67	-	0.08	0.07	40.59
a4	5.20	0.08	1.33	1.01	0.05	1.89	48.06	0.02	0.21	0.08	42.05
a5	8.15	0.10	1.85	1.58	0.06	1.86	45.34	0.02	0.27	0.08	40.67
a6	6.19	0.10	1.53	1.57	0.12	2.49	50.29	0.05	0.20	0.05	37.40
a7	6.80	0.08	1.51	1.54	0.14	2.82	47.36	0.04	0.22	0.06	39.42
a8	5.50	0.09	1.54	1.36	0.17	1.92	47.43	-	0.25	0.08	41.65
a9	53.80	0.12	3.65	2.42	0.10	1.65	19.94	0.38	0.76	0.04	17.14
a10	16.22	0.23	4.26	2.20	0.05	2.69	37.85	0.32	0.72	0.04	35.42
a11	36.51	0.29	7.43	2.63	0.06	2.01	25.80	1.16	1.53	0.07	22.51
c0	0.27	0.02	0.11	0.05	-	1.78	53.67	-	0.00	0.02	44.06
c1	0.39	0.04	0.20	0.10	0.01	1.73	53.53	-	0.02	0.02	43.96
c2	0.64	0.03	0.14	0.08	-	1.25	53.82	-	0.01	0.03	44.01
c3	0.86	0.05	0.42	0.15	0.01	1.41	53.15	-	0.05	0.03	43.88
c4	1.06	0.04	0.54	0.12	0.01	1.29	53.18	-	0.02	0.02	43.73
c5	1.48	0.04	0.86	0.22	0.01	1.22	52.24	-	0.10	0.02	43.81
c6	0.03	0.04	0.43	0.38	0.01	1.60	52.46	-	0.06	0.03	43.68
c7	0.13	0.02	0.05	0.02	0.01	1.72	53.93	-	-	0.02	44.10
c8	0.65	0.02	0.16	0.12	0.01	22.99	28.74	-	-	0.01	47.31
c9	0.47	0.03	0.24	0.24	0.06	1.72	52.87	-	0.02	0.02	44.33
c10	0.41	0.03	0.15	0.05	0.01	2.00	53.06	-	0.02	0.03	44.23
c11	3.55	0.06	1.09	0.64	0.01	1.72	50.04	0.02	0.23	0.02	42.60
ca1	0.53	0.01	0.05	0.01	0.01	25.40	26.41	-	-	0.01	47.58
ca2	1.56	0.01	0.10	0.03	0.01	24.04	27.19	-	0.01	-	47.05
ca3	1.71	0.01	0.08	0.03	0.01	24.69	26.43	-	-	-	47.03
ca4	1.68	0.01	0.05	0.01	-	25.27	25.87	-	-	0.01	47.11
ca5	3.37	0.02	0.10	0.03	0.01	23.93	26.06	-	-	-	46.49
ca6	2.37	0.02	0.12	0.04	0.01	24.28	26.26	-	0.01	-	46.89
ca7	1.33	0.01	0.10	0.06	0.01	24.87	26.36	-	0.01	0.01	47.25
ca8	0.95	0.02	0.10	0.02	0.01	23.02	28.82	-	-	0.00	47.06
ca9	0.48	0.01	0.04	0.01	-	26.08	25.68	-	-	0.00	47.71
ca10	0.52	0.02	0.10	0.04	-	23.19	29.07	-	0.01	0.01	47.05
s1	11.12	0.15	3.13	3.73	0.10	2.50	41.13	0.11	0.21	0.08	37.73
s2	31.34	0.29	6.93	2.95	0.07	2.17	27.41	0.26	1.17	0.05	27.36
s3	20.57	0.10	2.56	1.83	0.08	1.57	37.44	0.39	0.19	0.05	35.22
s4	21.12	0.09	3.31	3.67	0.07	2.42	34.69	0.23	0.14	0.03	34.24
s5	18.59	0.09	3.32	3.99	0.07	2.60	35.97	0.16	0.14	0.03	35.04
s6	19.57	0.08	2.47	3.03	0.08	2.07	37.32	0.16	0.10	0.03	35.09
s7	25.35	0.05	1.30	1.21	0.10	1.43	36.62	0.11	0.09	0.00	33.73
s8	12.78	0.03	0.57	0.53	0.10	1.23	45.45	0.05	0.07	0.02	39.18
s9	14.84	0.09	1.61	1.47	0.13	1.44	51.71	0.15	0.21	0.03	28.32
s10	35.03	0.59	12.66	5.05	0.07	2.71	19.10	0.82	2.21	0.06	21.68

Tabella 5.1 – Analisi chimiche degli elementi maggiori eseguite sui campioni delle cave (% in peso); tale e quale. fm: cava di Francavilla Marittima; a: cava di Timpone Arcomano; c: cava di Cerchiaro; cava di Cassano; s: cava di Spezzano Albanese.

Campione	Ni	Cr	V	La	Ce	Co	Ba	Nb	Y	Sr	Zr	S	Cl	Cu	Zn	As	Rb	Sn	Pb
fms	19.66	31	49	18	48	7.53	230	12	22	218	194	52	117	10.3	46.66	-	73	5	17
fm1	-	-	5	-	-	-	-	4	4	636	22	95	143	5.45	2.34	-	6	-	4
fm2	-	-	20	-	-	-	-	3	-	4242	22	163	143	6.62	5.02	4	-	-	0
fm3	-	-	21	-	-	-	-	3	-	6017	22	150	140	8.02	9.96	-	-	-	0
fm4	-	-	18	-	8	-	-	3	3	4839	22	168	143	7.54	4.76	4	-	-	0
fm5	-	-	27	-	-	-	-	3	-	8058	22	97	143	14.2	7.07	5	-	-	0
fm6	-	-	23	-	10	-	-	3	-	3947	22	122	150	9.13	3.28	-	-	-	1
fm7	0.92	-	15	-	-	-	-	4	2	293	22	109	136	3.26	5.02	-	8	-	9
fm8	0.27	-	23	-	-	-	-	3	-	5805	22	108	141	9.53	5.35	-	-	-	0
fm10	-	-	14	-	10	-	-	3	7	970	22	86	149	4.41	10.89	-	6	-	3
fm11	0.79	-	24	-	-	-	-	3	-	5050	22	186	145	8.42	4.1	-	-	-	1
a0	6.99	-	24	-	-	-	423	4	6	1555	22	415	194	11.67	124.9	5	11	-	26
a1	4.52	-	18	-	3	-	323	-	-	9175	22	13580	148	163.1	133.1	63	-	-	0
a2	7.65	-	33	-	1	-	555	4	8	2016	22	428	161	12.64	119.6	11	13	-	19
a3	0.18	-	8	-	7	-	108	4	5	1459	22	331	158	8.09	41.09	-	6	-	5
a4	1.73	-	19	-	10	-	-	4	10	589	22	252	164	7.63	132.2	4	11	-	17
a5	3.51	-	28	-	10	-	-	4	11	588	22	235	142	11.41	169.6	4	13	-	29
a6	-	-	24	-	9	-	204	-	-	10388	22	8594	137	138.8	145.4	54	-	-	0
a7	5.48	-	17	-	9	-	229	3	-	16652	22	3139	140	56.85	334.5	26	-	-	118
a8	7.09	-	29	-	-	-	621	4	9	684	22	361	152	11.03	93.1	7	13	-	15
a9	23.08	8	47	-	18	2.86	66	5	15	274	34	77	89	11.85	31.03	-	32	5	10
a10	22.51	-	69	-	20	-	32	6	20	606	48	170	133	8.8	40.21	6	25	-	9
a11	13.59	14	50	-	30	0.71	271	6	24	552	103	157	145	11.72	47.24	-	52	-	13
c0	-	-	20	-	-	-	-	3	2	935	22	97	144	7.19	-	-	5	-	5
c1	0.29	-	36	-	11	-	-	3	1	743	22	136	137	9.39	3.18	-	7	-	5
c2	-	-	12	-	-	-	-	3	3	503	22	87	139	3.3	9.37	-	6	-	4
c3	0.47	-	40	-	-	-	-	3	2	523	22	85	145	10.12	5.04	-	8	-	5
c4	-	-	18	-	-	-	-	3	2	423	22	118	147	1.28	1.98	-	7	5	8
c5	-	-	16	-	9	-	-	4	3	260	22	70	146	1.59	-	4	8	5	10
c6	-	-	23	-	-	-	-	4	2	539	22	139	151	1.53	1.23	-	8	-	8
c7	-	-	7	-	-	-	-	4	5	710	22	128	142	2.94	3.25	-	6	-	6
c8	0.74	-	3	-	-	-	-	4	5	223	22	78	188	0.13	11.32	-	7	6	6
c9	-	-	90	-	9	-	-	4	3	1143	22	200	148	8.27	-	-	6	-	7
c10	-	-	18	-	-	-	-	4	1	929	22	309	159	7.06	6.93	-	6	-	2
c11	4.43	-	53	-	7	-	-	4	5	637	22	309	183	5.64	11.55	-	11	-	4
ca1	-	-	8	-	-	-	-	5	3	168	22	73	205	0.43	2.59	-	7	7	6
ca2	-	-	38	-	3	-	100	5	2	250	22	79	145	2.15	11.54	-	7	-	7
ca3	-	-	31	-	7	-	-	4	2	231	22	76	162	1.86	11.37	-	7	-	5
ca4	-	-	13	-	-	-	-	4	3	161	22	72	213	-	0.99	-	6	-	7
ca5	0.13	-	18	-	0	-	213	4	5	238	22	92	174	0.64	8.98	-	7	7	6
ca6	-	-	21	-	3	-	62	5	4	238	22	80	144	1.93	10.97	-	7	-	4
ca7	-	-	22	-	2	-	77	4	4	234	22	79	142	1.89	14.64	-	6	-	6
ca8	0.52	-	18	-	-	-	409	4	3	329	22	111	147	3.04	4.73	-	7	6	5
ca9	-	-	5	-	-	-	-	4	6	160	22	74	197	1.54	-	-	7	8	6
ca10	0.45	-	5	-	-	-	-	4	4	243	22	93	209	-	4.95	-	7	6	7
s1	24.42	-	26	-	18	0.66	-	4	25	520	27	71	123	22.8	73.59	-	12	-	12
s2	35.18	10	63	-	29	-	60	8	25	502	59	57	102	20.82	54.13	-	48	6	14
s3	8.89	-	21	-	13	-	-	4	30	494	22	62	102	16.11	33.05	-	12	5	9
s4	26.98	-	24	-	17	2.02	-	4	32	431	22	60	97	43.13	100	-	10	-	13
s5	28.23	-	25	-	16	2.63	-	4	32	427	22	62	101	41.03	91.07	3	10	-	9
s6	22.58	-	18	-	19	1.43	-	5	31	469	22	59	102	32.73	67.47	-	9	-	10
s7	7.51	-	6	-	7	-	-	4	14	761	22	60	147	6.36	15.97	-	8	-	8
s8	1.7	-	5	-	8	-	-	4	9	1397	22	65	148	5.68	8.39	-	6	-	5
s9	1.23	-	14	-	13	-	-	4	17	596	22	71	119	10.21	20.41	-	11	-	10
s10	51.94	57	132	18	67	8.9	190	11	28	247	88	57	80	22.58	82.55	5	88	6	17

Tabella 5.2 – Analisi chimiche degli elementi in tracce eseguite sui campioni delle cave (ppm); campione tale e quale. fm: cava di Francavilla Marittima; a: cava di Timpone Arcomano; c: cava di Cerchiaro; cava di Cassano; s: cava di Spezzano Albanese.

Campione	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	P.C.
SIR1	6.86	0.08	1.41	1.05	0.05	5.73	42.04	0.37	0.23	0.10	42.07
SIR2	33.67	0.16	2.12	1.39	0.04	1.19	32.65	0.40	0.33	0.03	28.04
SIR3	13.26	0.12	1.80	0.94	0.11	1.49	44.54	0.31	0.24	0.07	37.11
SIR4	37.31	0.10	2.34	1.94	0.07	1.47	29.47	0.26	0.25	0.03	26.76
SIR5	5.55	0.06	1.01	0.70	0.06	3.01	49.92	0.03	0.17	0.12	39.36
SIR6	4.79	0.04	0.65	0.35	0.03	1.03	50.68	0.42	0.09	0.24	41.68
SIR8	54.10	0.10	4.89	1.44	0.07	1.15	19.05	1.55	0.67	0.08	16.90
SIR9	8.57	0.11	1.83	1.56	0.08	1.97	45.64	0.13	0.36	0.21	39.56
SIR10	3.18	0.06	0.72	0.52	0.18	2.06	49.88	0.02	0.15	0.12	43.12
SIR11	41.29	0.16	2.71	2.72	0.17	1.49	27.42	0.40	0.33	0.06	23.27

Tabella 5.3 – Analisi chimiche degli elementi maggiori eseguite sui campioni del Parco Archeologico di Sibari (% in peso); campione tale e quale.

Campione	Ni	Cr	V	La	Ce	Co	Ba	Nb	Y	Sr	Zr	S	Cl	Cu	Zn	As	Rb	Sn	Pb
SIR1	5.01	-	22	-	10	-	-	3	-	15245	22	11550	677	37.15	82.97	14	-	-	-
SIR2	5.57	-	20	-	23	-	13	5	25	1932	65	14	109	8.56	23.33	-	13	5	17
SIR3	0	-	12	-	14	-	-	4	23	973	22	32	142	9.64	21.52	-	12	-	13
SIR4	12.89	-	23	-	10	-	16	5	13	717	22	25	111	7.21	27.93	-	14	-	7
SIR5	1.25	-	13	-	11	-	-	3	-	11129	22	669	297	21.16	52.95	4	-	5	-
SIR6	2.78	-	6	-	6	-	82	-	-	17625	22	1222	351	46.52	13.55	15	-	-	-
SIR8	10.26	-	21	-	12	-	49	6	17	1072	22	37	116	6.29	20.91	5	29	6	21
SIR9	2.42	-	47	-	20	-	-	5	27	1334	22	124	141	17.39	23.34	16	14	-	36
SIR10	2.42	-	7	-	6	-	117	3	-	17959	22	140	286	47.13	30.1	12	-	-	-
SIR11	20.02	14	36	-	14	0.41	70	5	20	617	56	33	109	9.7	42.38	11	15	-	8

Tabella 5.4 – Analisi chimiche degli elementi in tracce eseguite sui campioni del Parco Archeologico di Sibari (ppm); campione tale e quale.

5.1.3 Risultati delle analisi diffrattometriche

Le analisi diffrattometriche sono state eseguite con un diffrattometro “D8 Advance”. Nelle tabelle sottostanti si riportano i risultati dell’analisi semiquantitativa, sia per i campioni delle cave che per quelli del Parco Archeologico di Sibari, eseguita con il software “EVA”. In appendice si riportano i diffrattogrammi.

Campione	Calcite	Dolomite	Quarzo	Gesso	K-feldspato	Plagioclasio	Miche	Min. argillosi	Celestina
fms	6.5	-	74.5	-	-	5.7	3.8	9.5	-
fm1	98	-	1	1	-	-	-	-	-
fm2	100	-	-	-	-	-	-	-	-
fm3	99.1	0.9	-	-	-	-	-	-	-
fm4	99	-	1	-	-	-	-	-	-
fm5	100	-	-	-	-	-	-	-	-
fm6	98.9	1.1	-	-	-	-	-	-	-
fm7	100	-	-	-	-	-	-	-	-
fm8	100	-	-	-	-	-	-	-	-
fm10	84.4	15.6	-	-	-	-	-	-	-
fm11	99.1	0.9	-	-	-	-	-	-	-
a0	98	-	1.5	-	0.5	-	-	-	-
a1	95.3	-	4.7	-	-	-	-	-	15.7
a2	96.1	-	3.3	-	0.6	-	-	-	-
a3	99.1	-	0.9	-	-	-	-	-	-
a4	44.6	-	31.3	-	-	24.1	-	-	-
a5	98	-	1.3	-	0.7	-	-	-	-
a6	99	-	-	-	-	1	-	-	-
a7	96.7	-	-	-	3.3	-	-	-	-
a8	99	-	-	-	1	-	-	-	-
a9	88.6	-	6.6	-	-	1.2	3.6	-	-
a10	93.5	-	1	-	-	4.5	1	-	-
a11	65.2	-	20	-	-	12.6	2.2	-	-
c0	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c2	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c3	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c4	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c5	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c6	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c7	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c8	8	92	-	-	-	-	-	-	-
c9	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c10	100	-	-	-	-	-	-	-	-
c11	98.7	-	1.3	-	-	-	-	-	-
ca1	1.1	98.9	-	-	-	-	-	-	-
ca2	1	99	-	-	-	-	-	-	-
ca3	1	99	-	-	-	-	-	-	-
ca4	0.7	99.3	-	-	-	-	-	-	-
ca5	1.4	98.6	-	-	-	-	-	-	-
ca6	0.8	99.2	-	-	-	-	-	-	-
ca7	1	99	-	-	-	-	-	-	-
ca8	5.3	94.7	-	-	-	-	-	-	-
ca9	1.1	98.9	-	-	-	-	-	-	-
ca10	6.3	93.3	0.4	-	-	-	-	-	-
s1	99	-	-	-	1	-	-	-	-
s2	87	-	10.5	-	-	-	1	1.5	-
s3	94.8	-	3.2	-	-	-	2	-	-
s4	91.6	-	4.6	-	1	-	2.8	-	-
s5	94.7	-	3.7	-	-	1.6	-	-	-
s6	95.6	-	3.4	-	-	1	-	-	-
s7	94	-	5	-	-	1	-	-	-
s8	98.6	-	1.4	-	-	-	-	-	-
s9	98.6	-	1.4	-	-	-	-	-	-
s10	71.1	-	7.4	-	-	5.5	16	-	-

Tabella 5.5 – Analisi diffrattometriche dei campioni delle cave. fm: cava di Francavilla Marittima; a: cava di Timpone Arcomano; c: cava di Cerchiara; cava di Cassano; s: cava di Spezzano Albanese.

Campione	Calcite	Dolomite	Aragonite	Quarzo	Gesso	K-feldspato	Plagioclasio	Miche	Min. argillosi	Celestina
SIR1	20.5	-	72.3	1.7	5.5	-	-	-	-	-
SIR2	84.8	-	-	13.5	-	-	-	1.7	-	-
SIR3	85.1	-	-	12.3	-	1	-	1.6	-	-
SIR4	87	-	-	11.3	-	1	-	0.7	-	-
SIR5	99.6	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
SIR6	1	-	96.8	2.2	-	-	-	-	-	-
SIR8	40.7	-	-	48.5	-	-	9.2	1.6	-	-
SIR9	98	-	-	1	-	-	1	-	-	-
SIR10	99.7	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-
SIR11	47.1	-	-	49.8	-	-	0.8	2.3	-	-

Tabella 5.6 – Analisi diffrattometriche dei campioni del Parco Archeologico di Sibari.

5.1.4 Risultati dell'analisi petrografica

L'analisi petrografica è stata eseguita al microscopio polarizzatore Axioskop 40 della Zeiss, di seguito si riporta la descrizione petrografica dei campioni.

5.1.4.1 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Francavilla Marittima

Nella cava di Francavilla Marittima sono stati prelevati 11 campioni e sono contraddistinti con le iniziali “**fm**” seguite da un numero progressivo. Il campionamento è stato eseguito su più livelli stratigrafici.

Il campione **fms** è stato prelevato nella parte più alta dell'affioramento; si tratta di una litoarenite a cemento micritico, la componente detritica è rappresentata da fenocristalli di quarzo, plagiocalsio, k-feldspato, tra i litici si riconoscono frammenti di quarzo policristallino sia con *fabric* tettonico che senza, frammenti di *slate*, di selce, tra i minerali argillosi è presente vermiculite.

Il campione **fm1** è un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, pervaso da microfratture e fratture cicatrizzate da sparite. Lungo le zone di fratture sono inoltre presenti minerali argillosi.

Il campione **fm2** presenta le stesse caratteristiche del campione fm1, si tratta quindi di un calcare a tessitura disomogenea prevalentemente micritico con porzioni costituite da grossi cristalli di sparite. Microscopicamente sono visibili una serie di fratture ricoperte di calcite. Lungo le zone di fratture sono inoltre presenti minerali argillosi.

Il campione **fm3** è un calcare micritico in cui non si riconosce alcun minerale della componente detritica, anche in questa sezione, seppur in quantità minore rispetto alle altre, sono presenti fratture e microfratture riempite di calcite; in alcune porzioni della sezione sono anche visibili resti di fossili.

Il campione **fm4** è un calcare a tessitura disomogenea prevalentemente micritico ma presenta anche delle fratture riempite di calcite, è caratterizzato inoltre da un elevato contenuto di bioclasti.

Il campione **fm5** è un calcare a tessitura disomogenea prevalentemente micritico con chiazze di cristalli di sparite. Microscopicamente sono visibili una serie di fratture ricoperte di calcite. Lungo le zone di fratture sono inoltre presenti minerali argillosi tra cui è possibile riconoscere la vermiculite.

Il campione **fm6** è un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, pervaso da microfratture e fratture cicatrizzate da sparite. Lungo le zone di frattura sono inoltre presenti minerali argillosi, la roccia è caratterizzata da un elevato contenuto di fossili.

Il campione **fm7** è simile al campione fm1 si tratta quindi di un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, intimamente pervaso da microfratture e fratture cicatrizzate da sparite. Lungo le zone di frattura sono inoltre presenti minerali argillosi, la roccia è caratterizzata da un elevato contenuto di bioclasti.

Il campione **fm8** è simile al campione precedente è un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, pervaso da microfratture cicatrizzate da sparite. Lungo le zone di frattura sono inoltre, presenti minerali argillosi, la roccia è caratterizzata da un elevato contenuto di bioclasti.

Il campione **fm10** è simile al campione fm8, è un calcare a tessitura disomogenea, prevalentemente micritico, pervaso da microfratture cicatrizzate da sparite. Sono presenti nelle zone di frattura vene di minerali argillosi, microscopicamente è inoltre riscontrabile un elevato contenuto di bioclasti.

Il campione **fm11** è simile al campione precedente, si tratta di un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, ma in alcune porzioni è presente sparite. Lungo le zone di frattura sono inoltre presenti minerali argillosi, la roccia è caratterizzata da un elevato contenuto di fossili.

5.1.4.2 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Timpone Arcomano

Nella cava di Timpone Arcomano sono stati campionati 12 campioni e sono contraddistinti con l'iniziale "a" seguita da un numero progressivo. Il campionamento è stato eseguito su più livelli stratigrafici; per ogni campione è stata eseguita l'analisi al microscopio polarizzatore e di seguito si riporta la descrizione.

I campioni contrassegnati con la sigla **a1-a2-a3-a5-a6-a7-a8** presentano microscopicamente caratteristiche identiche ossia sono calcari micritici in cui non è possibile riconoscere la componente detritica, in queste sezioni sono presenti minerali di origine evaporitica.

Il campione **a4** è una calcarenite la cui componente interstiziale è data da micrite, mentre la componente detritica è rappresentata da quarzo e plagioclasio.

Il campione **a9** è un microconglomerato mediamente addensato, con sorting medio, i granuli hanno una spigolosità variabile da subarrotondata ad arrotondata, con sfericità bassa. La componente interstiziale è micrite mentre la componente detritica è costituita da quarzo policristallino con *fabric* tettonico, selce, fenocristalli di ortoclasio, frammenti di calcare micritico con bioclasti, frammenti di cloritoscisto e ossidi di ferro.

Il campione **a10** è una biocalcarenite costituita da grossi biocalsti, da cristalli di quarzo, miche quali biotite e muscovite; si riconosce anche clorite, plagioclasio, quarzo policristallino (con e senza *fabric* tettonico); la componente interstiziale è data da micrite.

Il campione **a11** è una calcarenite costituita da biocalsti, cristalli di quarzo, miche (biotite, muscovite), clorite plagioclasio, quarzo policristallino con *fabric* tettonico e senza. La componente interstiziale è data da micrite, inoltre il campione si presenta pervaso da fratture riempite da calcite.

5.1.4.3 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Cerchiara

Nella cava di Cerchiara sono stati prelevati 12 campioni e sono contraddistinti con l'iniziale "c" seguita da un numero progressivo. Il campionamento è stato eseguito su più livelli stratigrafici; per ogni campione è stata eseguita l'analisi al microscopio polarizzatore. Di seguito si riporta la descrizione. È importante sottolineare che i campioni della cava di Cerchira sono, sia microscopicamente che macroscopicamente, molto simili ai campioni di Francavilla Marittima.

Il campione **c0** è un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, e pervaso da microfratture e fratture cicatrizzate da sparite, ricco di bioclasti.

Il campione **c1** è un calcare a tessitura disomogenea, prevalentemente micritica, ricco di microfratture riempite da sparite. Lungo le zone di frattura sono presenti minerali argillosi.

Il campione **c2** è un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, pervaso da microfratture cicatrizzate da sparite; inoltre è elevato il contenuto di bioclasti.

Il campione **c3** è molto simile al campione precedente si differenzia solo per l'assenza di bioclasti.

Il campione **c4** è identico al campione c1; si tratta, pertanto, di un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, anch'esso pervaso da microfratture e fratture cicatrizzate da sparite. Lungo le zone di frattura sono presenti minerali argillosi.

Il campione **c5** è un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, pervaso da microfratture cicatrizzate da sparite. Lungo le fratture sono presenti minerali argillosi.

Il campione **c6** è simile al campione **c5** si tratta quindi di un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, con diffuse microfratture e frattura cicatrizzate da sparite. Lungo le zone di frattura sono inoltre presenti minerali argillosi.

Il campione **c7** è un calcare a tessitura eterogenea, per la maggior parte micritico, con frequenti microfratture riempite da sparite. Ai bordi delle fratture sono abbondanti i minerali argillosi.

Il campione **c8** è una dolomia a tessitura siltosa in cui non è possibile distinguere la componente detritica; il campione è pervaso da fratture riempite da calcite.

Il campione **c9** è un calcare a tessitura eterogenea, in prevalenza micritico, ma è anche fortemente pervaso da microfratture e fratture riempite da sparite; ai bordi delle fratture sono presenti minerali argillosi.

Il campione **c10** è un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, pervaso da microfratture e numerose fratture cicatrizzate da sparite; inoltre è elevato il contenuto di bioclasti.

Il campione **c11** è un calcare a tessitura eterogenea, prevalentemente micritico, penetrato da microfratture e fratture cicatrizzate da sparite. Lungo le zone di frattura sono inoltre presenti minerali argillosi.

5.1.4.4 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Cassano

Nella cava di Cassano sono stati prelevati 10 campioni contraddistinti con la sigla “**ca**”, a causa della forte omogeneità macroscopica dei campioni è stata eseguita una sola sezione sottile. Dall’analisi petrografia è possibile stabilire che il campione di Cassano è una dolomia a tessitura siltosa simile al campione **c8** della cava di Cerchiaro; presenta fratture e microfratture riempite da calcite. In alcune porzioni sono osservabili minerali argillosi.

5.1.4.5 Descrizione petrografica dei campioni della cava di Spezzano Albanese

Nella cava di Spezzano sono stati prelevati 10 campioni contraddistinti con la sigla “s” seguita da un numero progressivo. Il campionamento è stato eseguito a quote differenti.

Il campione **s1** è un calcare micritico pervaso da numerose microfratture riempite da calcite; sono distinguibili quarzo, plagioclasio, ossidi di ferro e minerali argillosi.

Il campione **s2** è un calcare micritico foliato ricco di fratture e microfratture riempite da cristalli di calcite; lungo le foliazioni spesso sono presenti minerali argillosi.

Il campione **s3** è un calcare eterogeneo. Una porzione è caratterizzata esclusivamente dalla presenza di micrite, mentre un'altra porzione è caratterizzata oltre che dalla micrite anche da fenocristalli di quarzo e miche.

Il campione **s4** è un calcare micritico foliato ricco di fratture e microfratture riempite da cristalli di calcite; lungo le foliazioni spesso sono presenti minerali argillosi.

Il campione **s5** è simile al campione precedente si tratta di un calcare micritico foliato, ricco di fratture e microfratture riempite da cristalli di calcite; lungo le foliazioni spesso sono presenti minerali argillosi.

Il campione **s6** è un calcare disomogeneo. Una porzione è un calcare micritico ricco di fratture e microfratture riempite da calcite, mentre un'altra porzione è costituita da sparite. Lungo il bordo della sezione è presente clorite e biotite cloritizzata.

Il campione **s7** è un calcare disomogeneo prevalentemente micritico in una porzione non è distinguibile alcun minerale, mentre in una piccola porzione oltre alla micrite è possibile individuare minerali di quarzo e plagioclasio. Il campione si presenta pervaso da microfratture e fratture riempite da calcite.

Il campione **s8** è un calcare micritico ricco di bioclasti. È possibile individuare anche la presenza di quarzo e di clorite. Anche in questa sezione sono presenti numerose fratture e microfratture riempite da calcite.

Il campione **s9** è identico al campione s1, si tratta di un calcare micritico pervaso da numerose fratture e microfratture riempite da calcite; tra la componente detritica è possibile individuare la presenza di quarzo.

Il campione **s10** è un calcare micritico in cui non è possibile distinguere i minerali della componente detritica; il campione si presenta ricco di fratture e microfratture riempite da calcite.

5.1.5 Risultati della calcimetria

Le analisi calcimetriche sono state eseguite con un calcimetro De Astis, al fine di determinare il contenuto di calcite, di seguito si riportano le tabelle relative ai risultati ottenuti.

Campione	Contenuto di CaCO ₃ (%)
fms	13.1
fm1	68.1
fm2	84.9
fm3	84.9
fm4	84.9
fm5	85.8
fm6	83
fm7	85.8
fm8	84.9
fm10	84
fm11	73.7
a0	80.2
a1	79.3
a2	85.8
a3	79.3
a4	65.3
a5	66.2
a6	80.2
a7	76.5
a8	82.1
a9	37.3
a10	79.3
a11	50.4
c0	85.8
c1	85.8
c2	84.9
c3	79.3
c4	86.8
c5	87.7
c6	88.6
c7	86.8
c8	84.9
c9	62.5
c10	74.6
c11	86.8
s1	82.1
s2	60.6
s3	80.2
s4	73.7
s5	78.4
s6	79.3
s7	74.6
s8	78.4
s9	84
s10	43.8

Tab. 5.7 Calcimetria eseguita sui campioni delle cave.
fm: cava di Francavilla Marittima; a: cava di Timpone Arcomano; c: cava di Cerchiara; cava di Cassano; s: cava di Spezzano Albanese.

Campione	Contenuto di CaCO ₃ (%)
SIR1	86.3
SIR2	65.9
SIR3	83.5
SIR4	52.9
SIR5	83.5
SIR6	82.6
SIR8	37.1
SIR9	83.5
SIR10	83.5
SIR11	53.8

Tab. 5.8 Calcimetria eseguita sui campioni del Parco Archeologico di Sibari.

5.1.6 Risultati delle analisi termogravimetriche

Le analisi termogravimetriche sono state eseguite presso i laboratori del Dipartimento di Scienze della Terra, attraverso una bilancia termica Netzsch “Sta 449 C” nelle tabelle seguenti si riportano le perdite in peso in percentuale, registrate alle varie temperature (°C), mentre in appendice si riportano i termogrammi. I range di temperatura considerati sono: 20-110 °C in cui si individua l’acqua di assorbimento; 110-250 °C in cui si individua la presenza di solfati (gesso); 250-555 °C in cui si ha la trasformazione da ossidi di ferro in idrossidi; 555-950 °C in cui si ha trasformazione dei carbonati.

Campione	Perdite di peso (%) (20-110 °C)	Perdite di peso (%) (110-250 °C)	Perdite di peso (%) (250-555 °C)	Perdite di peso (%) (555-950 °C)	Perdite di peso (%) (20-950 °C)
fms	0.52	0.36	1.31	7.48	9.54
fm1	0.06	0.08	0.16	43.6	43.89
fm2	0.06	0.09	0.16	43.61	43.92
fm3	0.1	0.11	0.23	43.47	43.89
fm4	0.12	0.15	0.25	43.28	43.78
fm5	0.09	0.11	0.3	43.26	43.74
fm6	0.08	0.11	0.24	43.58	44.01
fm7	0.08	0.12	0.3	43.62	44.12
fm8	0.12	0.15	0.27	43.55	44.08
fm10	0.1	0.14	0.33	43.89	44.45
fm11	0.09	0.1	0.22	43.56	43.96
a0	0.93	0.46	1.61	37.72	34.87
a1	0.52	0.36	0.91	33.14	34.87
a2	0.43	0.25	0.81	39.15	40.59
a3	0.15	0.12	0.47	42.14	40.59
a4	0.25	0.2	0.77	40.85	42.05
a5	0.32	0.33	0.91	39.12	40.67
a6	0.26	0.25	0.78	36.12	37.4
a7	0.32	0.31	0.75	38.05	39.42
a8	0.18	0.19	0.89	40.4	41.65
a9	0.07	0.11	0.64	16.29	17.14
a10	0.23	0.22	0.9	34.07	35.42
a11	0.36	0.24	0.95	21	22.51
c0	0.11	0.14	0.21	43.62	44.06
c1	0.08	0.09	0.19	43.62	43.96
c2	0.1	0.11	0.2	43.65	44.01
c3	0.11	0.15	0.28	43.36	43.88
c4	0.08	0.1	0.16	43.41	43.73
c5	0.2	0.21	0.51	42.96	43.81
c6	0.12	0.14	0.32	43.12	43.68
c7	0.09	0.11	0.22	43.69	44.1
c8	0.13	0.2	1.13	45.85	47.31
c9	0.13	0.2	1.13	45.85	44.33
c10	0.25	0.26	0.43	43.34	44.23
c11	0.13	0.14	0.36	41.99	42.6
ca1	0.06	0.12	0.81	46.57	47.58
ca2	0.05	0.1	0.69	46.18	47.05
ca3	0.11	0.15	1.04	45.72	47.03
ca4	0.06	0.09	0.8	45.52	47.11
ca5	0.06	0.09	0.8	45.52	46.49
ca6	0.11	0.15	0.94	45.68	46.89
ca7	0.07	0.13	0.85	46.19	47.25
ca8	0.01	0.09	0.66	46.24	47.06
ca9	0.08	0.13	1	46.49	47.41
ca10	0.07	0.13	0.95	45.88	47.05
s1	0.21	0.3	1.12	36.1	37.73
s2	0.36	0.26	1.27	25.55	27.36
s3	0.12	0.13	0.59	34.38	35.22
s4	0.22	0.22	1.01	32.8	34.24
s5	0.2	0.22	1.07	33.54	35.04
s6	0.11	0.17	0.8	33.98	35.09
s7	0.14	0.18	0.59	32.82	33.73
s8	0	0.06	0.22	38.84	39.18
s9	0.04	0.09	0.31	37.85	38.32
s10	0.44	0.34	1.63	19.33	21.68

Tabella 5.9– Analisi termogravimetrica eseguita sui campioni delle cave. fm: cava di Francavilla Marittima; a: cava di Timpone Arcomano; c: cava di Cerchiara; cava di Cassano; s: cava di Spezzano Albanese.

Campione	Perdite di peso (%) (20-110 °C)	Perdite di peso (%) (110-250 °C)	Perdite di peso (%) (250-555 °C)	Perdite di peso (%) (555-950 °C)	Perdite di peso (%) (20-950 °C)
SIR1	0.83	1.31	2.77	35.13	39.87
SIR2	0.16	0.13	0.45	27.43	28.1
SIR3	0.12	0.09	0.29	37.31	37.74
SIR4	0.21	0.17	0.69	25.82	26.82
SIR5	0.44	0.28	1.12	40.09	41.8
SIR6	0.25	0.18	1.33	39.69	41.38
SIR8	0.2	0.09	0.5	15.79	16.51
SIR9	0.44	0.34	1.26	38.34	40.27
SIR10	0.42	0.3	1.14	41.27	43.02
SIR11	0.24	0.21	0.95	22.3	23.63

Tabella 5.10 – Analisi termogravimetrica eseguita sui campioni del Parco Archeologico di Sibari.

5.1.7 Risultati delle analisi termiche differenziali a scansione

Le analisi termiche differenziali a scansione sono state eseguite presso i laboratori del Dipartimento di Scienze della Terra, attraverso una bilancia termica Netzsch Sta 449 C. nelle tabelle seguenti si riportano i picchi individuati, mentre in appendice si riportano i termogrammi.

Campione	Picchi DSC (°C)					
fms	60.8 (endo)	400.2 (endo)	572.7 (endo)	750.1 (endo)	915.7 (eso)	-
fm1	832.6 (endo)	-	-	-	-	-
fm2	829.9 (endo)	-	-	-	-	-
fm3	862.9 (endo)	-	-	-	-	-
fm4	859.7 (endo)	-	-	-	-	-
fm5	856.4 (endo)	-	-	-	-	-
fm6	835.1 (endo)	-	-	-	-	-
fm7	829 (endo)	-	-	-	-	-
fm8	860.4 (endo)	-	-	-	-	-
fm10	829.1 (endo)	-	-	-	-	-
fm11	845.9 (endo)	-	-	-	-	-
a0	67.3 (endo)	702.7 (endo)	720.7 (endo)	776.6 (endo)	814.4 (endo)	884.8 (endo)
a1	72.3 (endo)	476.6 (eso)	692.2 (endo)	724 (eso)	820 (endo)	822.1 (endo)
a2	828.1 (endo)	-	-	-	-	-
a3	833.3 (endo)	875.8 (eso)	-	-	-	-
a4	779.9 (endo)	831.8 (endo)	890.8 (endo)	-	-	-
a5	833.6 (endo)	880.6 (endo)	-	-	-	-
a6	823.9 (endo)	-	-	-	-	-
a7	465.1 (eso)	815.6 (endo)	-	-	-	-
a8	329.2 (eso)	815.9 (endo)	817.1 (endo)	-	-	-
a9	573 (endo)	797.2 (endo)	895.2 (eso)	-	-	-
a10	794.1 (endo)	824.6 (endo)	-	-	-	-
a11	61.6 (endo)	572.7 (endo)	796.4 (endo)	889.5 (eso)	-	-
c0	836.6 (endo)	-	-	-	-	-
c1	841.1 (endo)	-	-	-	-	-
c2	828.6 (endo)	-	-	-	-	-
c3	829.1 (endo)	-	-	-	-	-
c4	834.6 (endo)	-	-	-	-	-
c5	827.6 (endo)	-	-	-	-	-
c6	826.6 (endo)	-	-	-	-	-
c7	835.3 (endo)	-	-	-	-	-
c8	763.3 (endo)	773.2 (endo)	813.5 (endo)	819 (endo)	-	-
c9	852.1 (endo)	-	-	-	-	-
c10	849.9 (endo)	-	-	-	-	-
c11	460.3 (eso)	848.6 (endo)	-	-	-	-
ca1	757.6 (endo)	779.8 (endo)	817.4 (eso)	849.4 (endo)	850.1 (endo)	-
ca2	751 (endo)	760 (eso)	813.6 (endo)	842.6 (endo)	-	-
ca3	750.8 (endo)	759.4 (endo)	773.2 (eso)	823.8 (endo)	-	-
ca4	745.3 (endo)	753 (eso)	805.3 (endo)	-	-	-
ca5	745.3 (endo)	753 (eso)	805.3 (endo)	-	-	-
ca6	737 (endo)	760.7 (eso)	823.9 (endo)	834.2 (endo)	-	-
ca7	726.5 (endo)	740 (endo)	758.7 (eso)	807.6 (endo)	-	-
ca8	742.9 (endo)	752.8 (endo)	770 (eso)	814.8 (endo)	-	-
ca9	768.4 (endo)	779.8 (endo)	821.8 (endo)	837.4 (endo)	838.4 (eso)	-
ca10	756.2 (endo)	800.3 (endo)	816.9 (endo)	822.2 (endo)	824.5 (endo)	828.5 (endo)
s1	823.8 (endo)	-	-	-	-	-
s2	47.8 (endo)	517.4 (endo)	798.8 (endo)	-	-	-
s3	828.1 (endo)	891.6 (eso)	-	-	-	-
s4	825.3 (endo)	896.3 (eso)	-	-	-	-
s5	485.3 (endo)	812.3 (endo)	897.5 (eso)	-	-	-
s6	817.3 (endo)	896.8 (eso)	-	-	-	-
s7	573.5 (endo)	834.3 (endo)	894.6 (eso)	-	-	-
s8	825.3 (endo)	-	-	-	-	-
s9	832.1 (endo)	-	-	-	-	-
s10	789.3 (endo)	909.7 (eso)	-	-	-	-

Tabella 5.11 – Analisi termica differenziale a scansione eseguita sui campioni delle cave (endo=picco endotermico) (eso=picco esotermico). fm: cava di Francavilla Marittima; a: cava di Timpone Arcomano; c: cava di Cerchiaro; cava di Cassano; s: cava di Spezzano Albanese.

Campione	Picchi DSC (°C)				
SIR1	126.4 (endo)	691.2 (eso)	778.8 (endo)	798.6 (endo)	816.3 (endo)
SIR2	573 (endo)	807.6 (endo)	-	-	-
SIR3	832.4 (endo)	-	-	-	-
SIR4	574.2 (endo)	823.9 (endo)	879.5 (eso)	-	-
SIR5	63.4 (endo)	653.9 (endo)	832.4 (endo)	862.9 (eso)	869.6 (endo)
SIR6	65.9 (endo)	832.4 (eso)	680.7 (eso)	835.4 (endo)	-
SIR8	55.5 (endo)	571.7 (endo)	696 (eso)	797.4 (endo)	890.7 (eso)
SIR9	60.5 (endo)	324.2 (eso)	838.7 (endo)	-	-
SIR10	57.8 (endo)	328.6 (eso)	716.9 (eso)	841.4 (endo)	-
SIR11	57 (endo)	322.9 (eso)	572.3 (endo)	803.6 (endo)	894.5 (eso)

Tabella 5.12 – Analisi termica differenziale a scansione eseguita sui campioni del Parco Archeologico di Sibari. Endo= picco endotermico; eso= picco esotermico.

5.1.8 Risultati della spettrofotometria IR dei campione delle cave

Le analisi allo spettrofotometro IR in trasformata di Fourier sono state eseguite presso i laboratori del Dipartimento di Scienze delle Terra, attraverso lo strumento Perkin Elmer "Spectrum 100". Di seguito si riportano gli spettri ottenuti per ogni campione con l'indicazione dei picchi individuati.

Nello spettro del campione fms sono distinguibili i picchi indicativi della presenza di silicati, con banda caratteristica centrata a 990 cm^{-1} e di calcite con banda caratteristica centrata a 1400 cm^{-1} , 880 cm^{-1} e 700 cm^{-1} (Fig. 5.1).

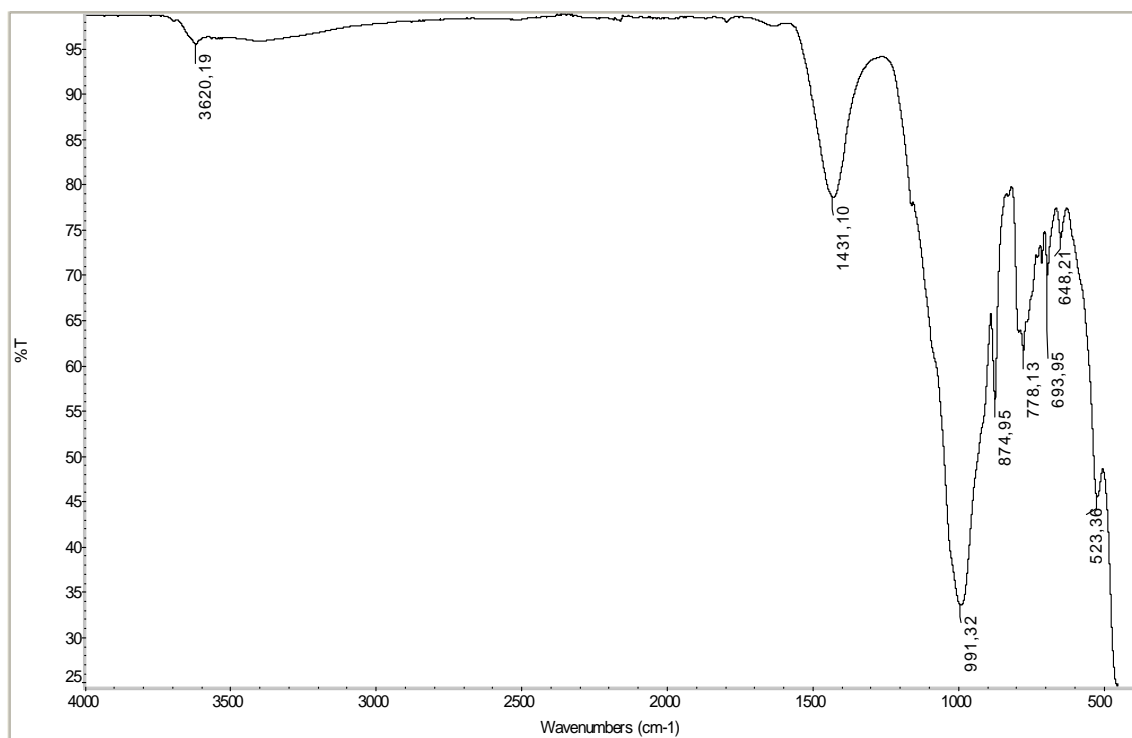


Fig. 5.1 Spettro Ir del campione fms.

Dallo spettro Ir del campione fm1 è possibile individuare la presenza dominante di calcite, con banda caratteristica centrata a 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.2).

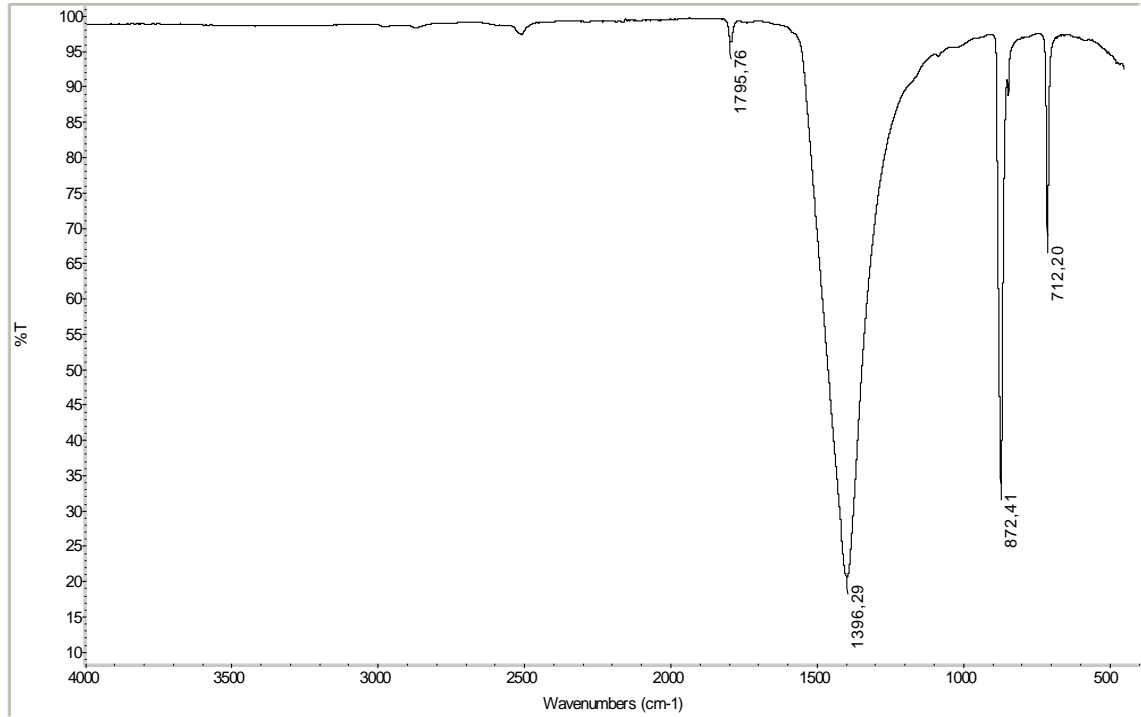


Fig. 5.2 Spettro Ir del campione fm1.

Nello spettro Ir del campione fm2 si distingue la calcite con banda caratteristica centrata a 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.3).

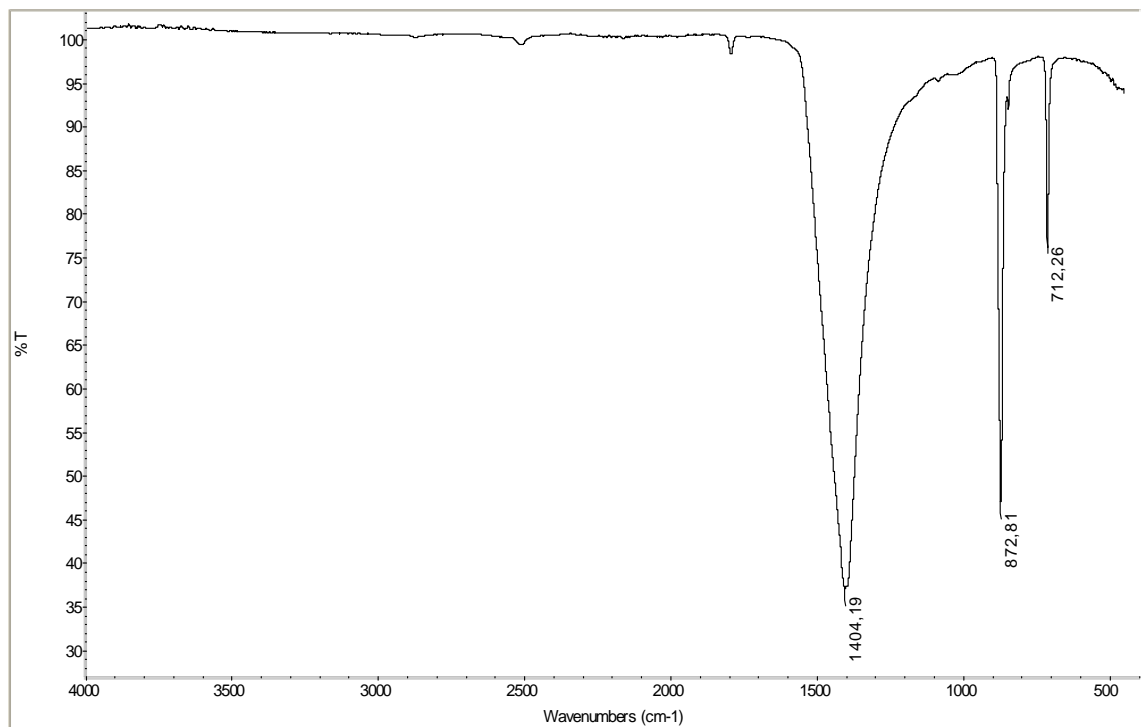


Fig. 5.3 Spettro Ir del campione fm2.

Nello spettro Ir del campione fm3 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.4).

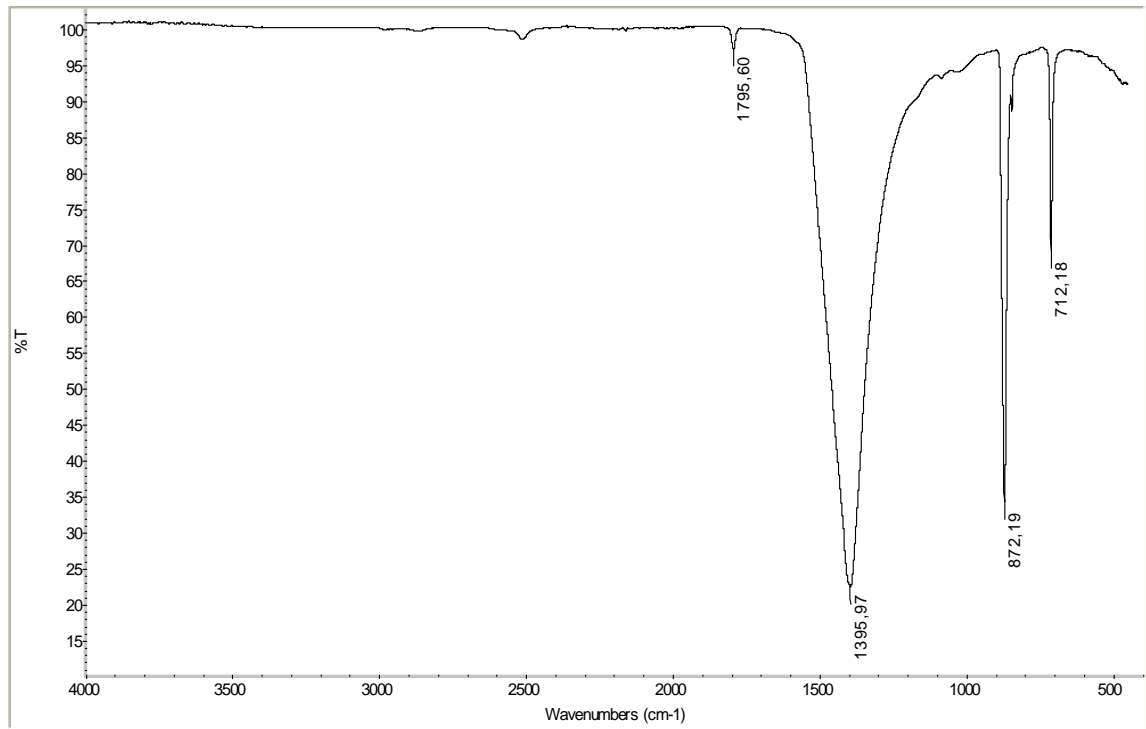


Fig. 5.4 Spettro Ir del campione fm3.

Nello spettro Ir del campione fm4 si distingue la presenza dominante di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.5).

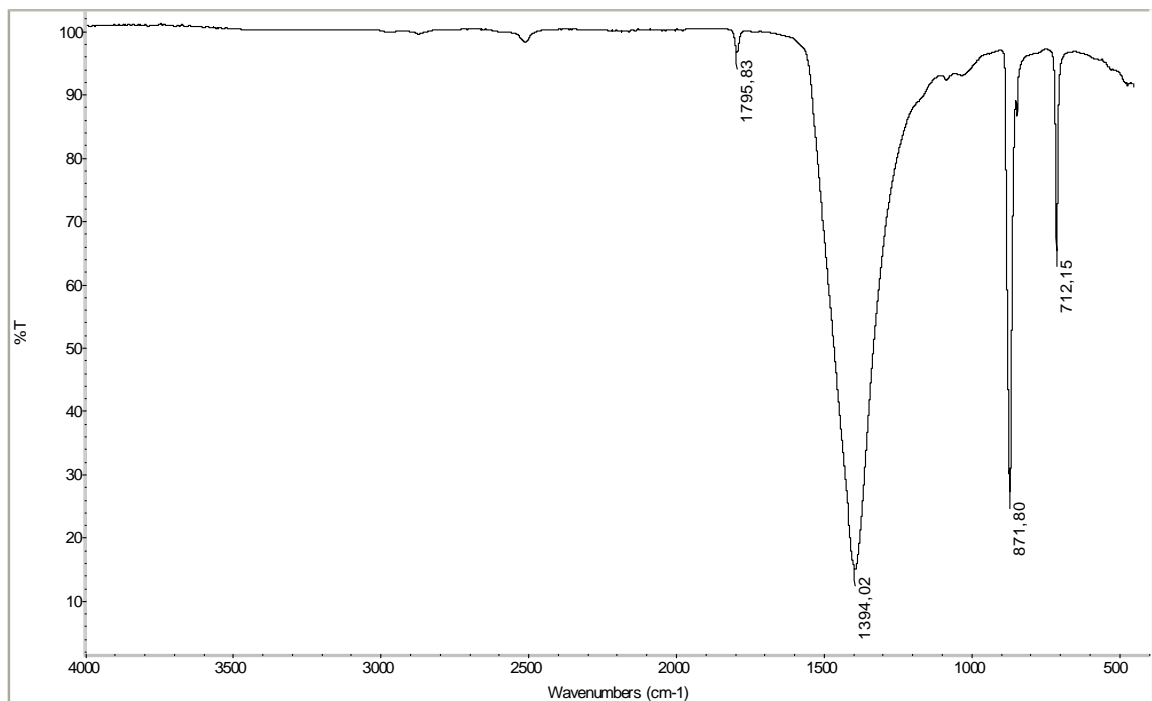


Fig. 5.5 Spettro Ir del campione fm4.

Nello spettro Ir del campione fm5 si distingue la calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 870 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.6).

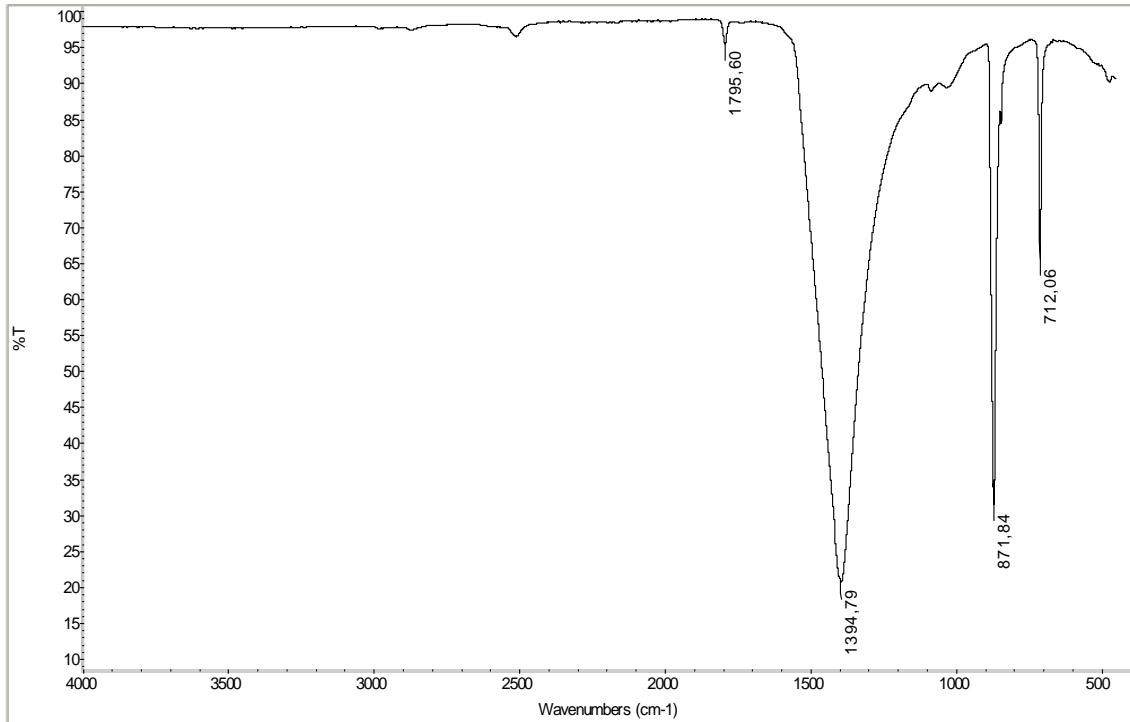


Fig. 5.6 Spettro Ir del campione fm5.

Nello spettro Ir del campione fm6 è possibile individuare la presenza dominante di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.7).

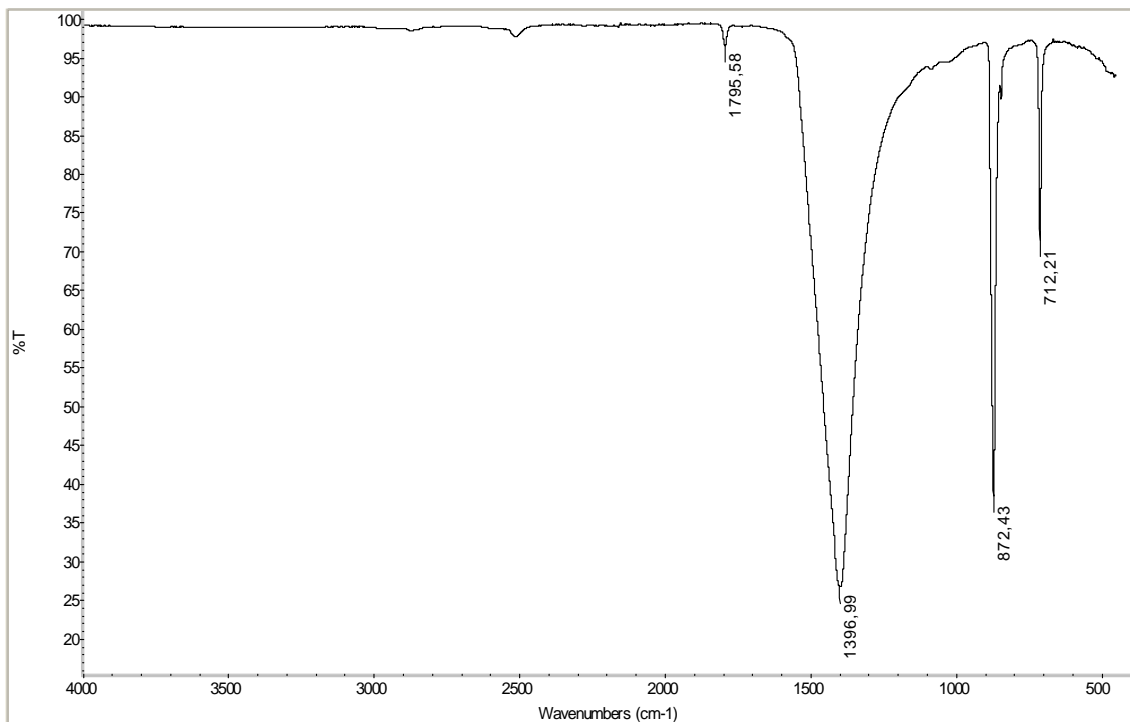


Fig. 5.7 Spettro Ir del campione fm6.

Nello spettro Ir del campione fm7 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.8).

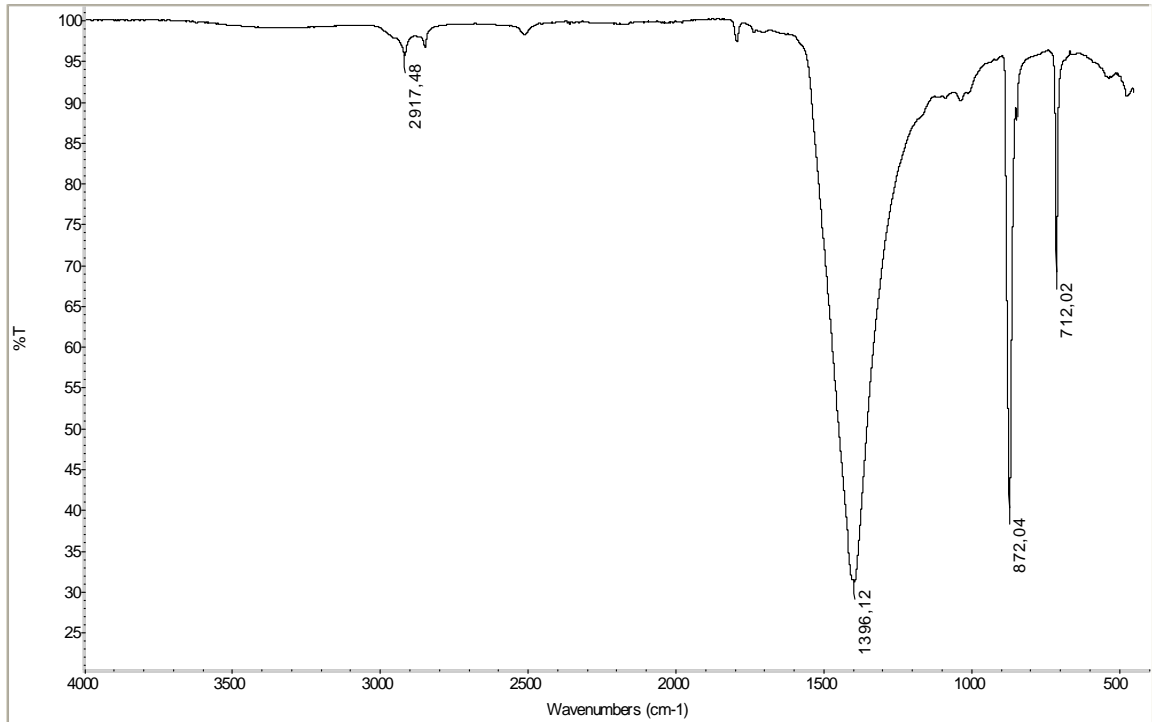


Fig. 5.8 Spettro Ir del campione fm7.

Nello spettro Ir del campione fm8 si riscontra la presenza dominante di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.9).

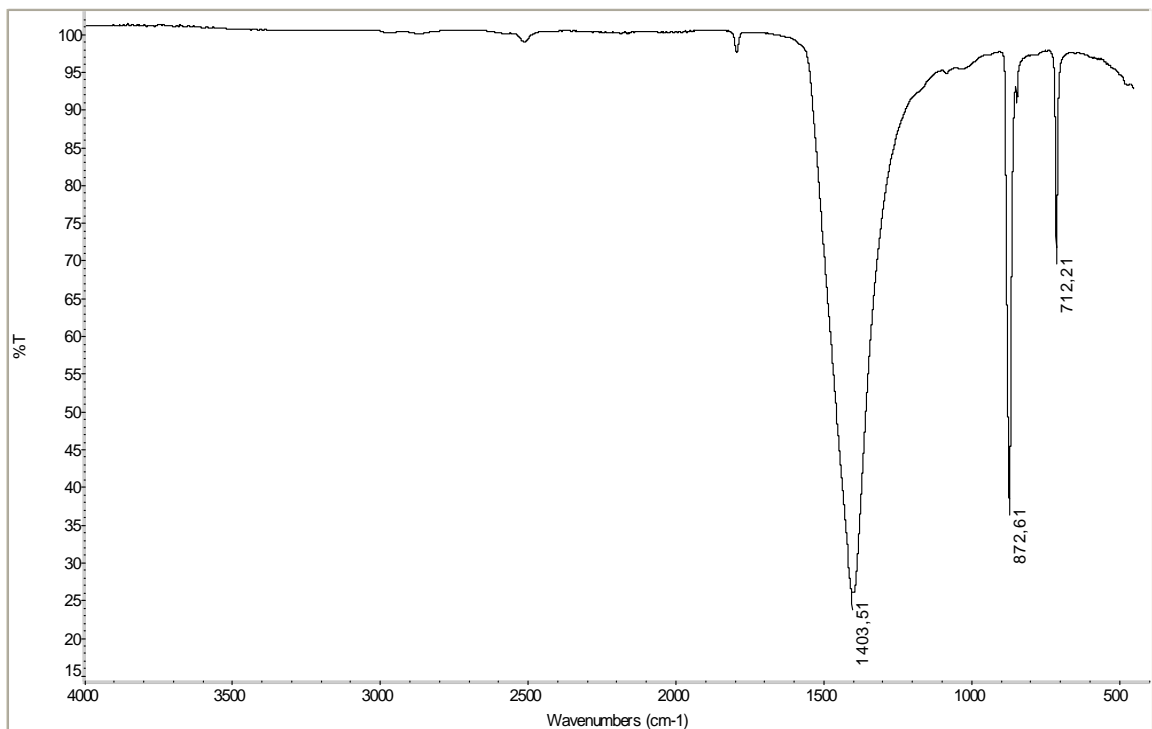


Fig. 5.9 Spettro Ir del campione fm8.

Nello spettro Ir del campione fm10 è riscontrabile la presenza prevalente di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.10).

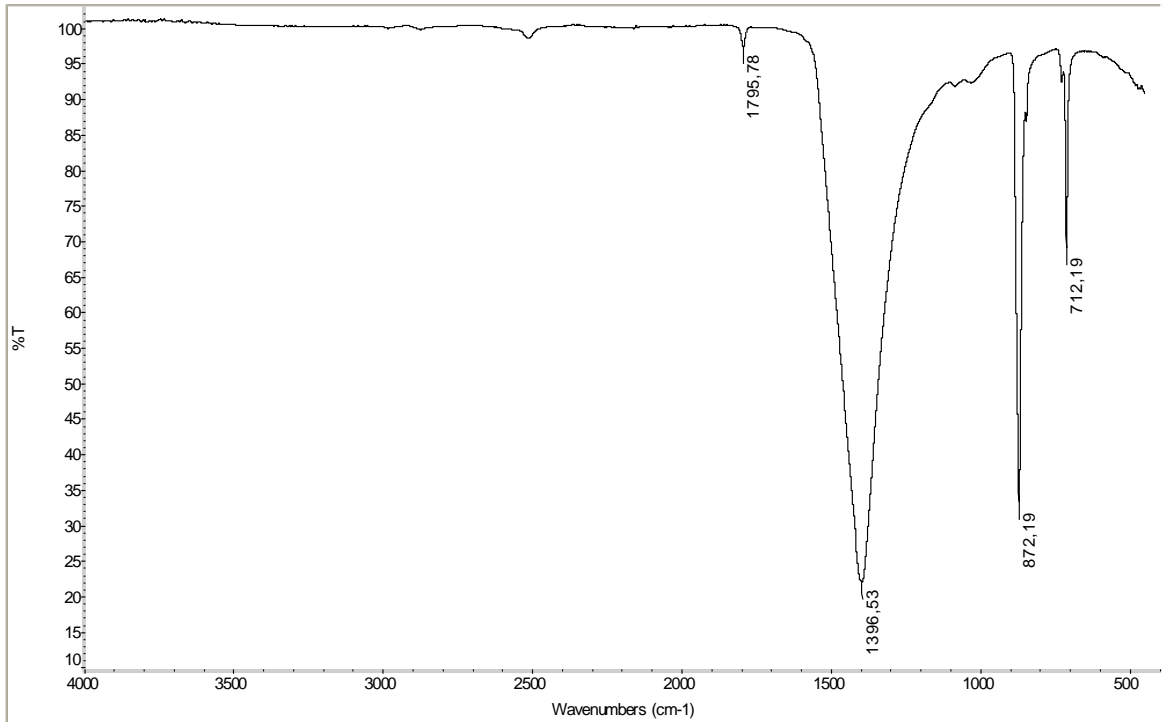


Fig. 5.10 Spettro Ir del campione fm10.

Nello spettro Ir del campione fm11 è riscontrabile la presenza prevalente di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.11).

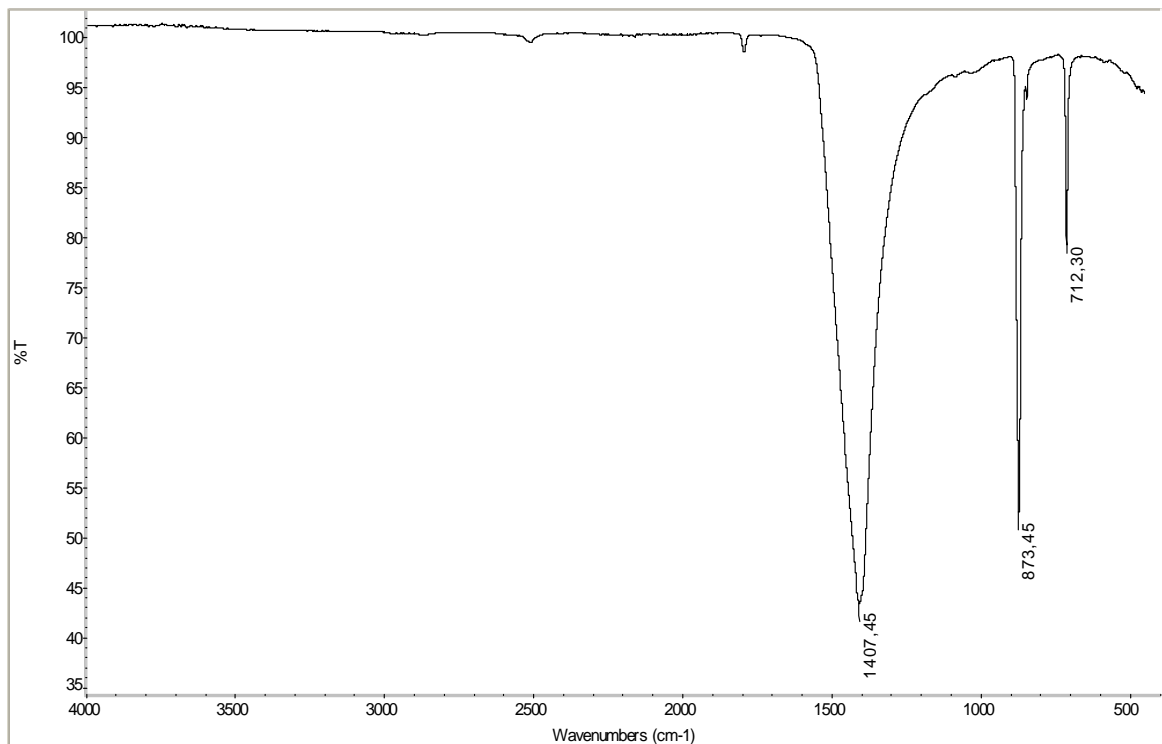


Fig. 5.11 Spettro Ir del campione fm11.

Nello spettro Ir del campione a1 è possibile individuare la presenza e di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1000 cm^{-1} e 800 cm^{-1} (Fig. 5.12).

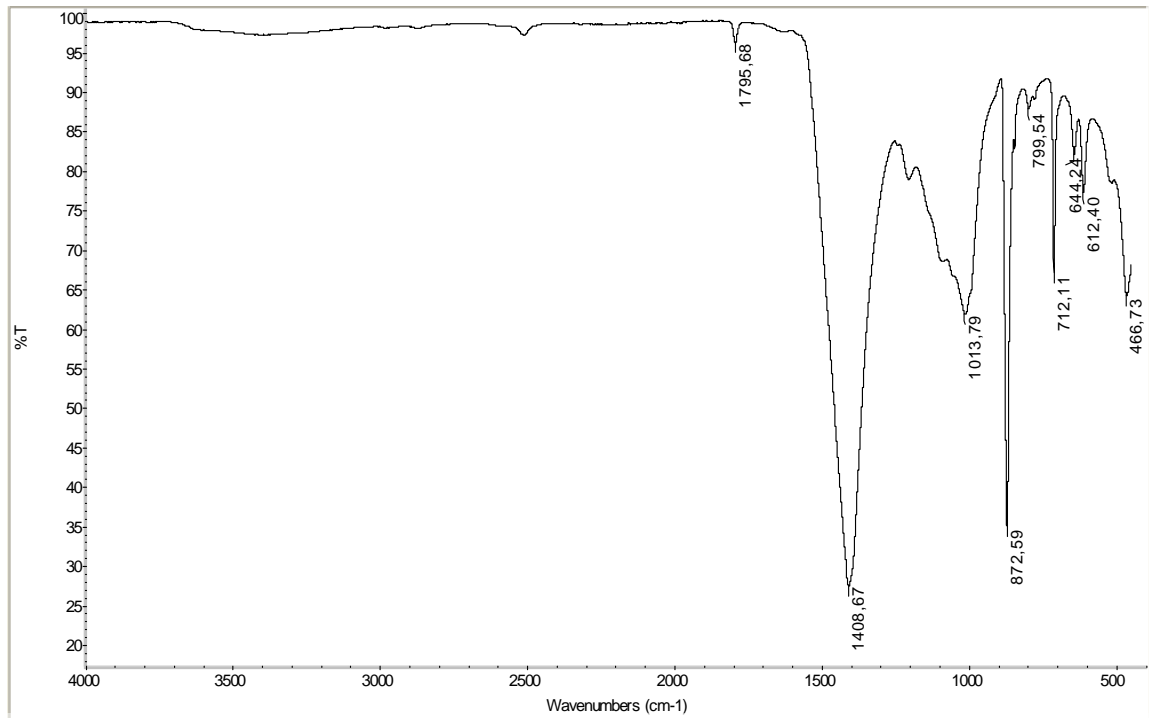


Fig. 5.12 Spettro Ir del campione a1.

Nello spettro Ir del campione a2 è riscontrabile la presenza di calcite con banda caratteristica a 1415 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1019 cm^{-1} (Fig. 5.13).

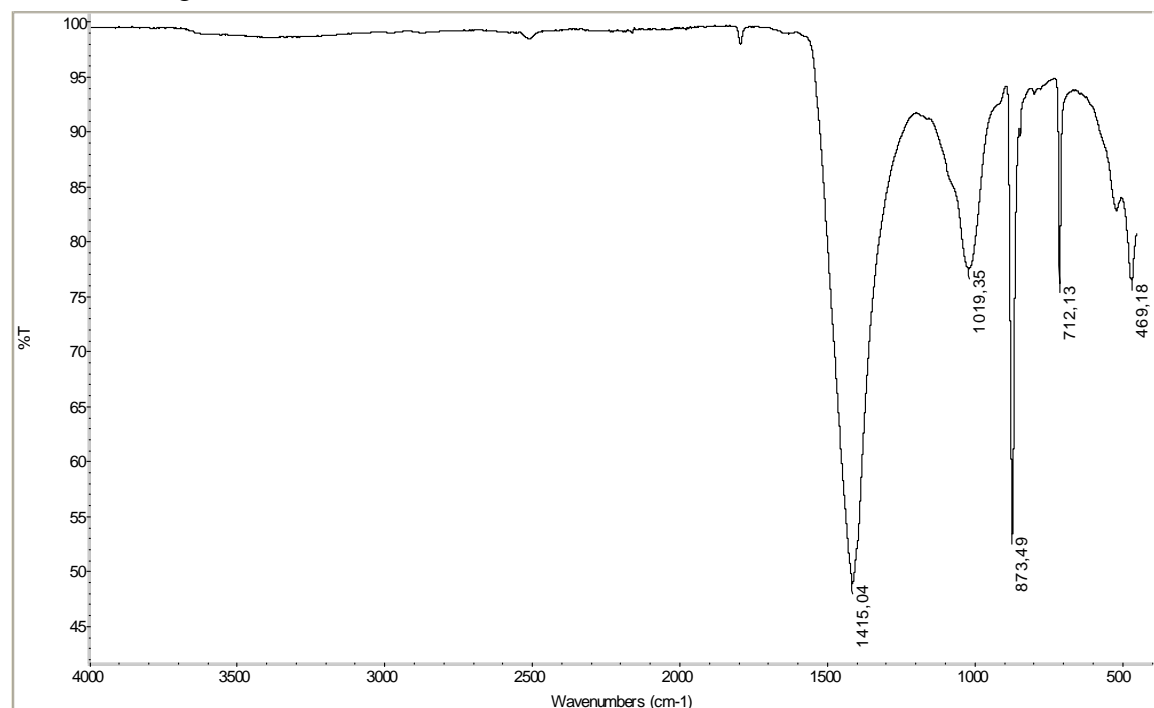


Fig. 5.13 Spettro Ir del campione a2.

Nello spettro Ir del campione a3 è possibile riconoscere la presenza dominante di calcite con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.14).

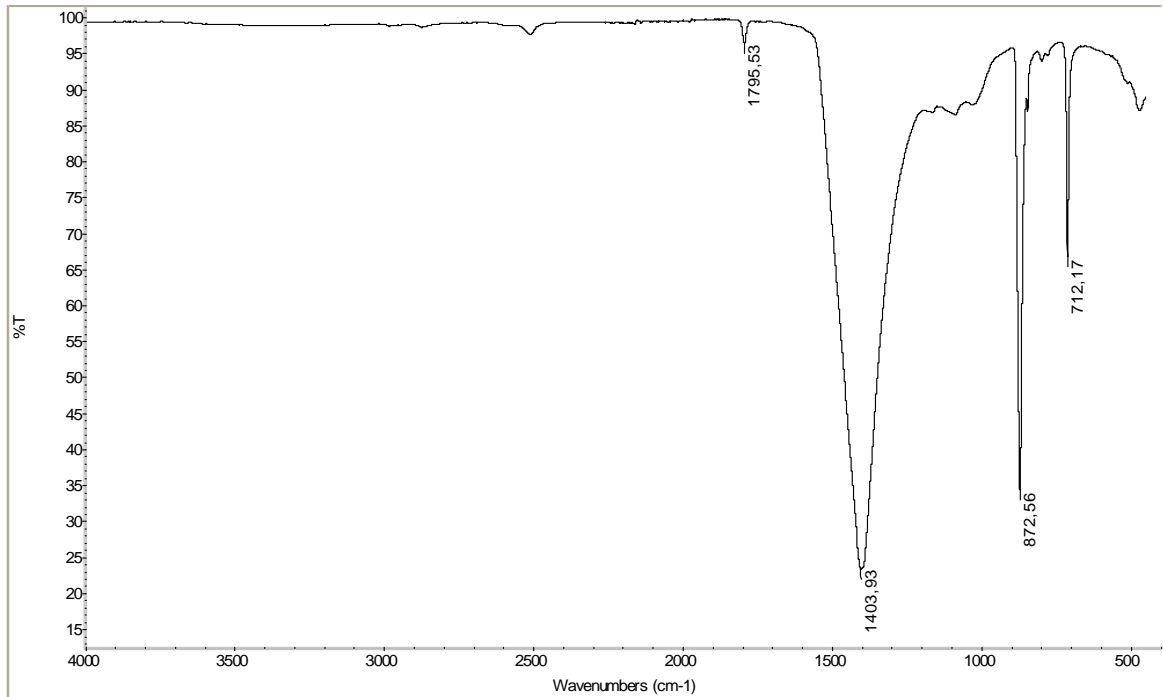


Fig. 5.14 Spettro Ir del campione a3.

Nello spettro Ir del campione a4 è possibile distinguere la presenza di calcite, con banda caratteristica a 1400 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} , di silicati, con banda caratteristica a 1028 cm^{-1} (Fig. 5.15).

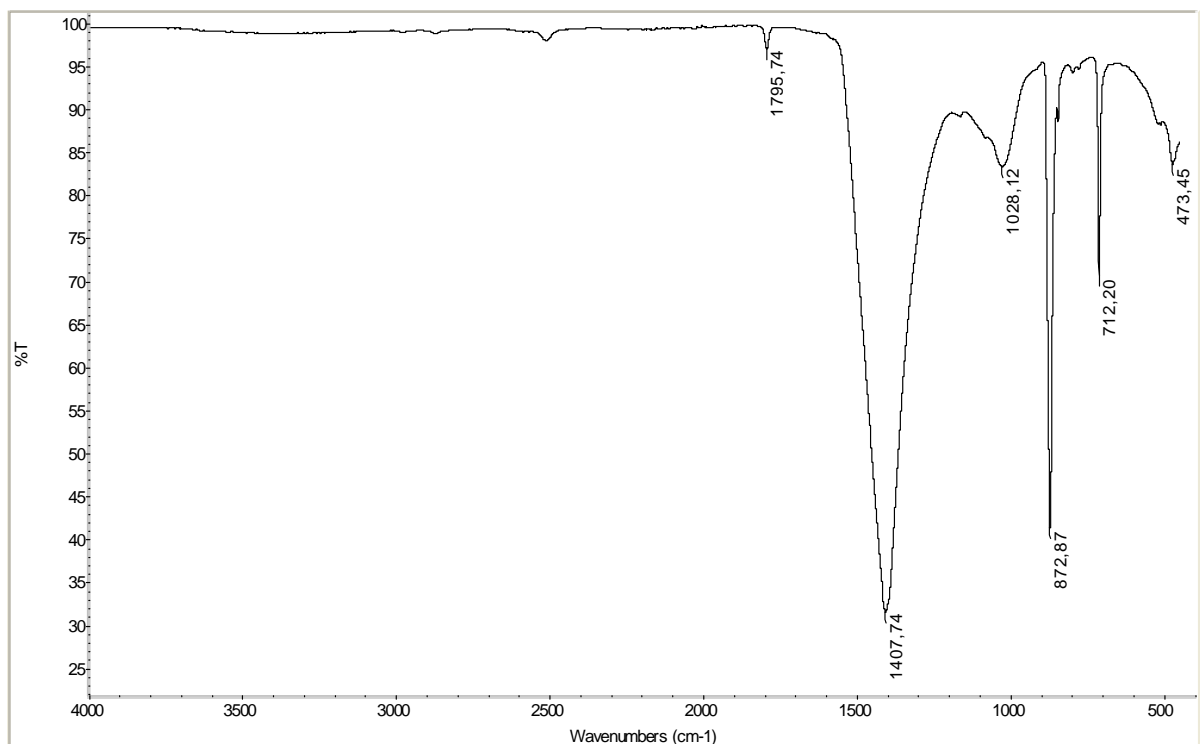


Fig. 5.15 Spettro Ir del campione a4.

Nello spettro Ir del campione a5 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1394 cm^{-1} , 871 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1028 cm^{-1} e 799 cm^{-1} (Fig. 5.16).

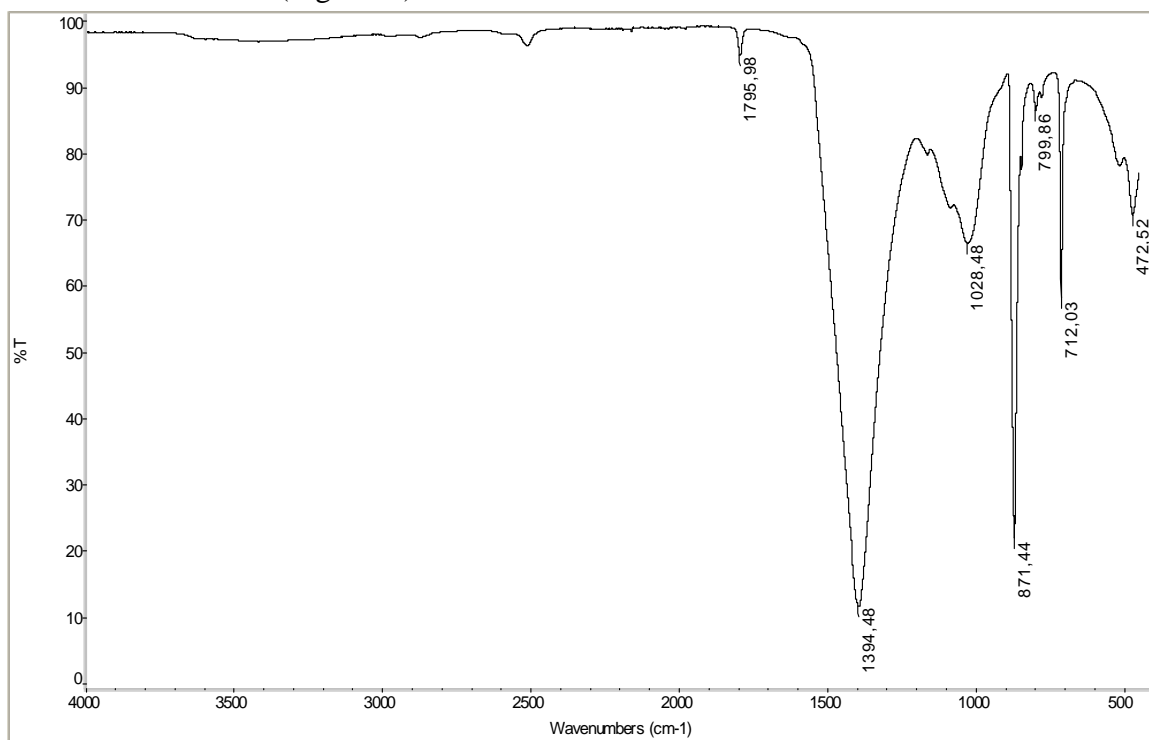


Fig. 5.16 Spettro Ir del campione a5.

Nello spettro Ir del campione a6 si riconosce la presenza di calcite con banda caratteristica a 1393 cm^{-1} , 871 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1093 cm^{-1} (Fig. 5.17).

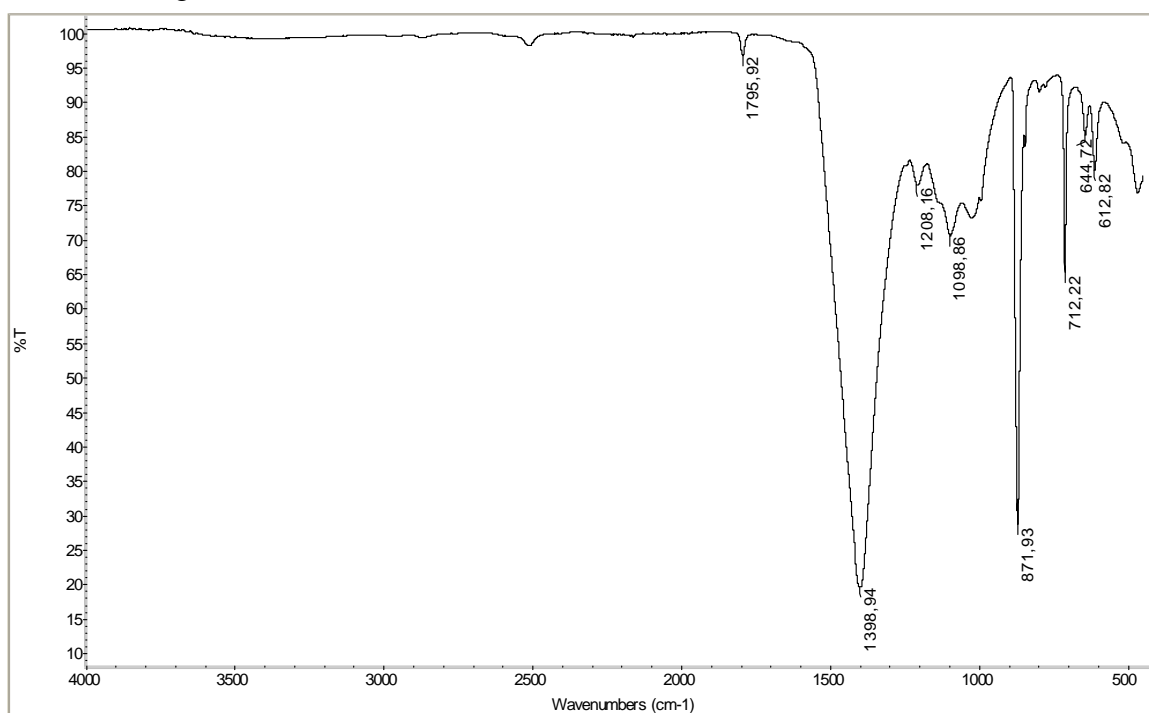


Fig. 5.17 Spettro Ir del campione a6.

Nello spettro Ir del campione a7 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1414 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1023 cm^{-1} (Fig. 5.18).

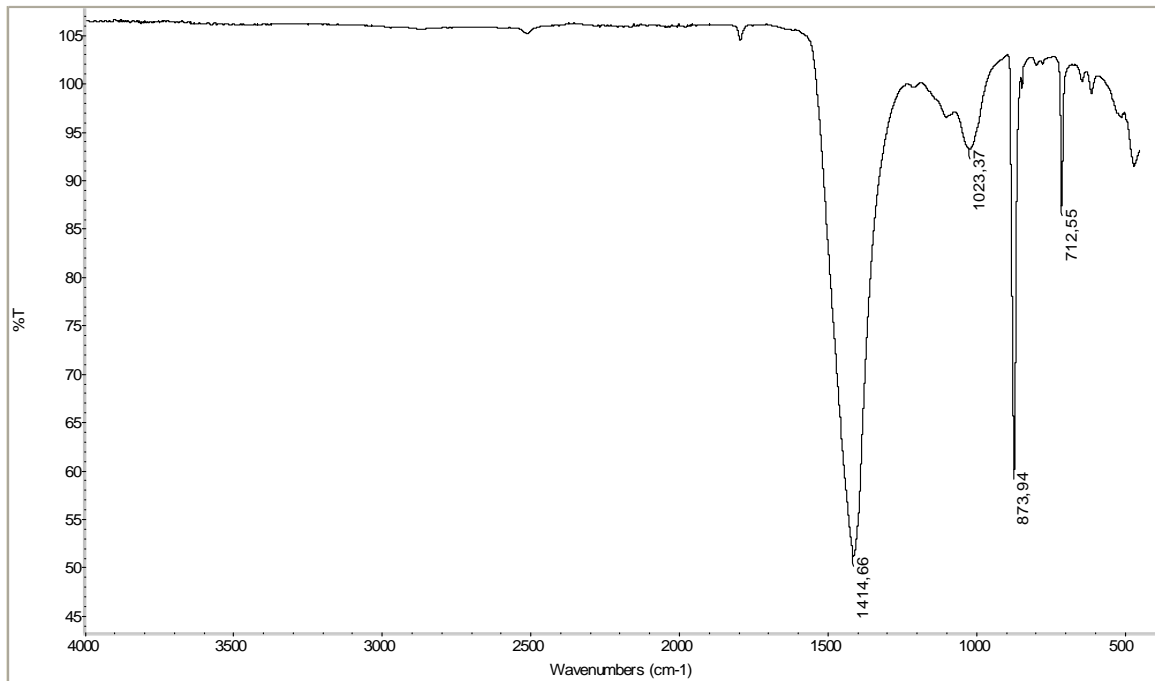


Fig. 5.18 Spettro Ir del campione a7.

Nello spettro Ir del campione a8 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1404 cm^{-1} , 871 cm^{-1} e 711 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1019 cm^{-1} (Fig. 5.19).

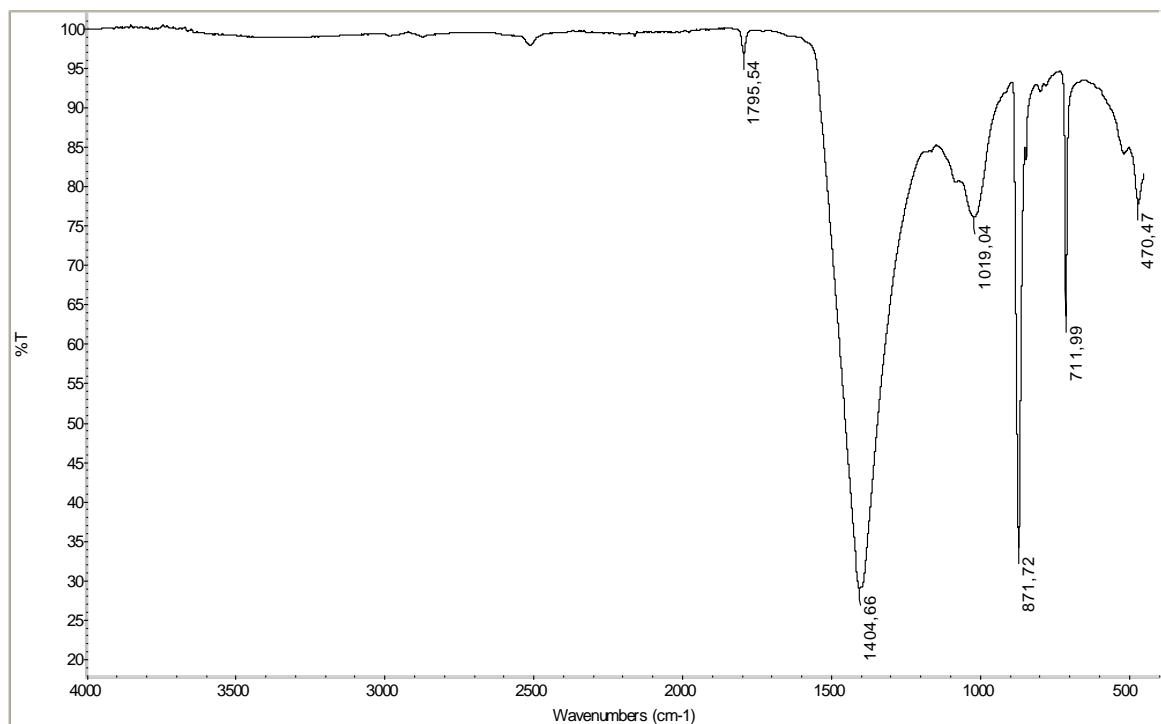


Fig. 5.19 Spettro Ir del campione a8.

Nello spettro Ir del campione a9 si riconosce la presenza di calcite con banda caratteristica a 1417 cm^{-1} , 874 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1087 cm^{-1} 797 cm^{-1} (Fig. 5.20).

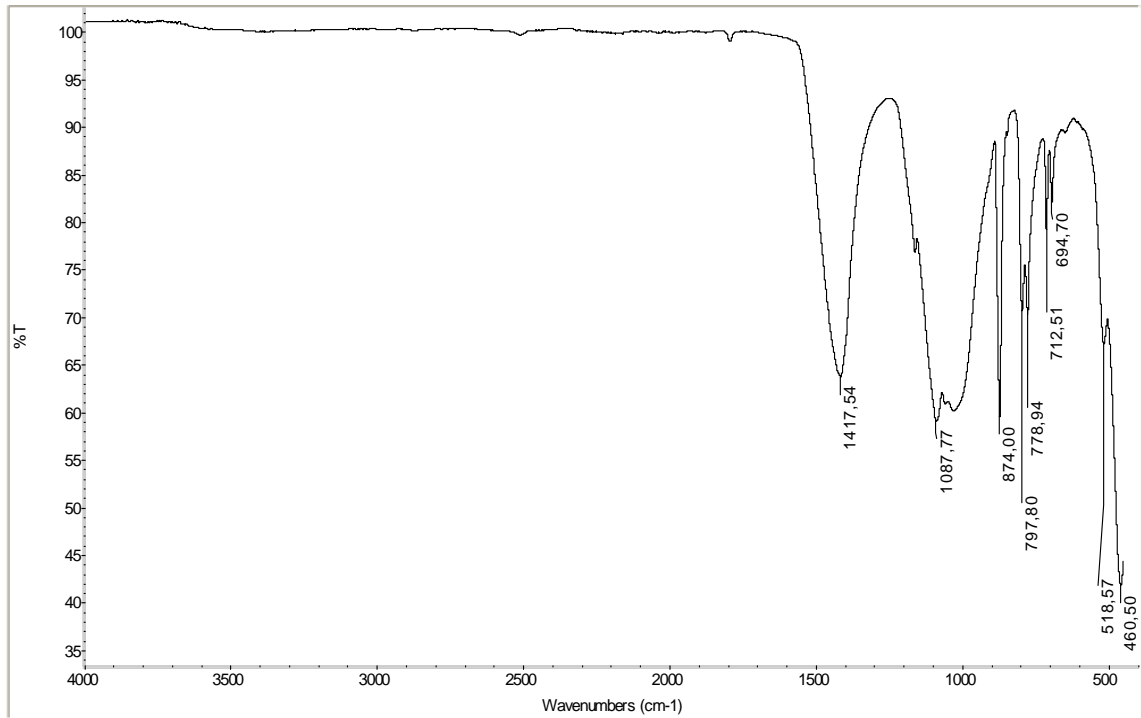


Fig. 5.20 Spettro Ir del campione a9.

Nello spettro Ir del campione a10 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1405 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1011 cm^{-1} e 798 cm^{-1} (Fig. 5.21).

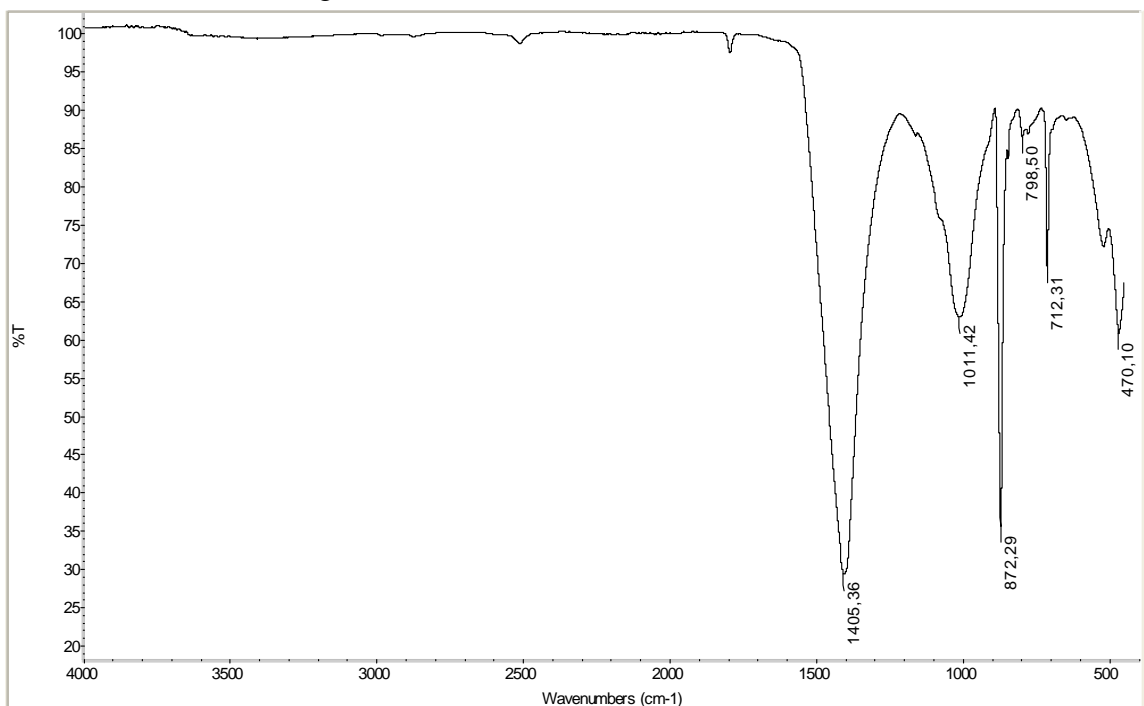


Fig. 5.21 Spettro Ir del campione a10.

Nello spettro Ir del campione a11 si distingue la calcite con banda caratteristica a 1416 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1001 cm^{-1} (Fig. 5.22).

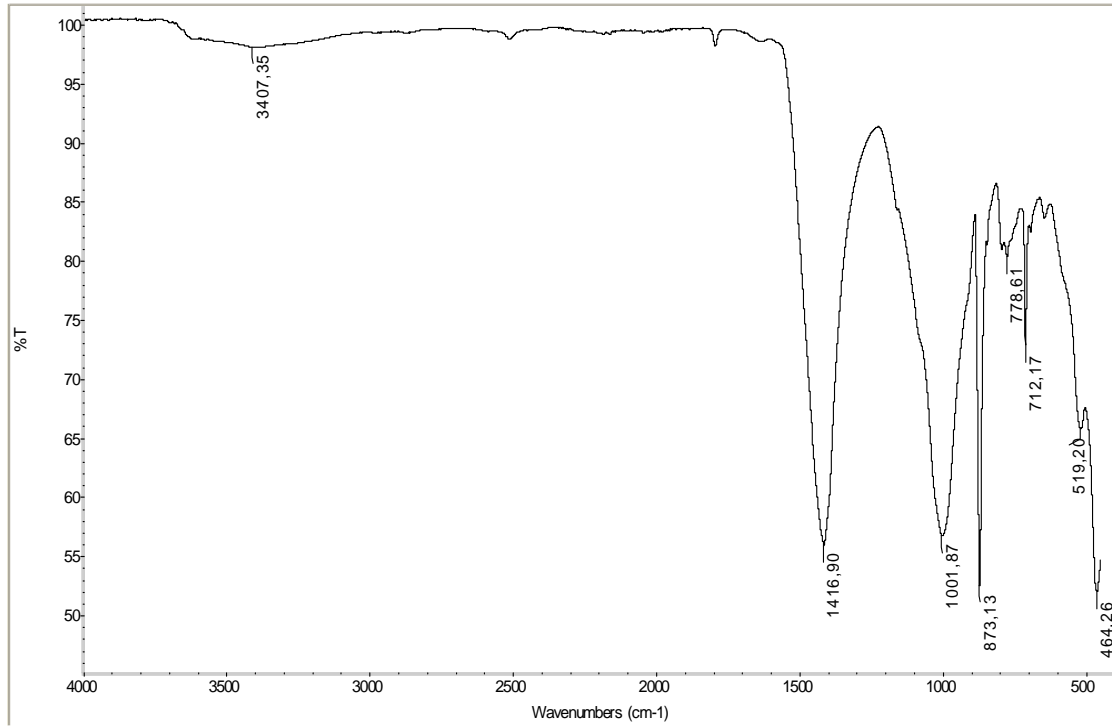


Fig. 5.22 Spettro Ir del campione a11.

Nello spettro Ir del campione c0 si individua la presenza dominante di calcite, con banda caratteristica a 1396 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.23).

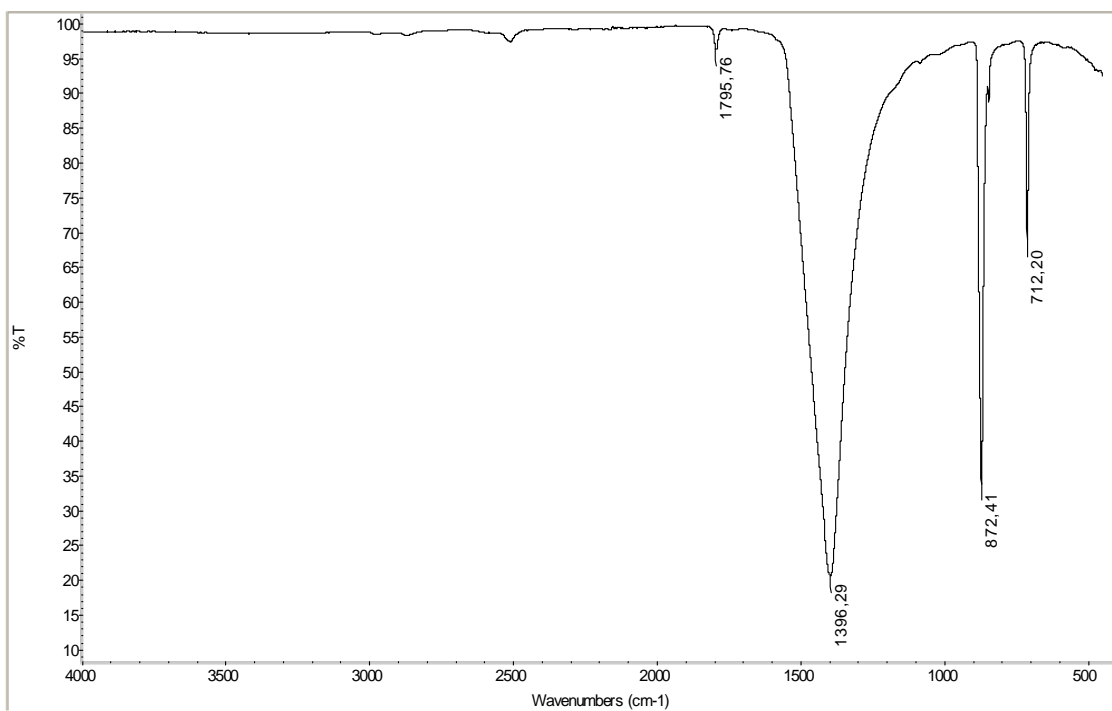


Fig. 5.23 Spettro Ir del campione c0.

Nello spettro Ir del campione c1 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1396 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.24).

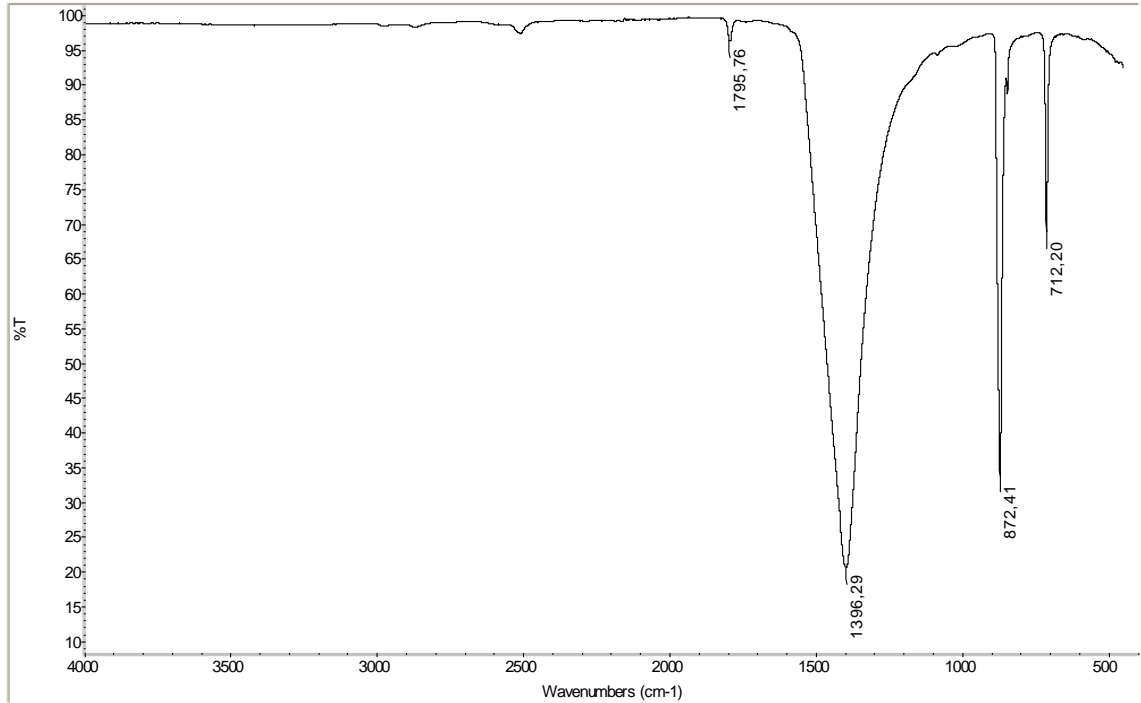


Fig. 5.24 Spettro Ir del campione c1.

Nello spettro Ir del campione c2 è distinguibile la calcite con banda caratteristica a 1403 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.25).

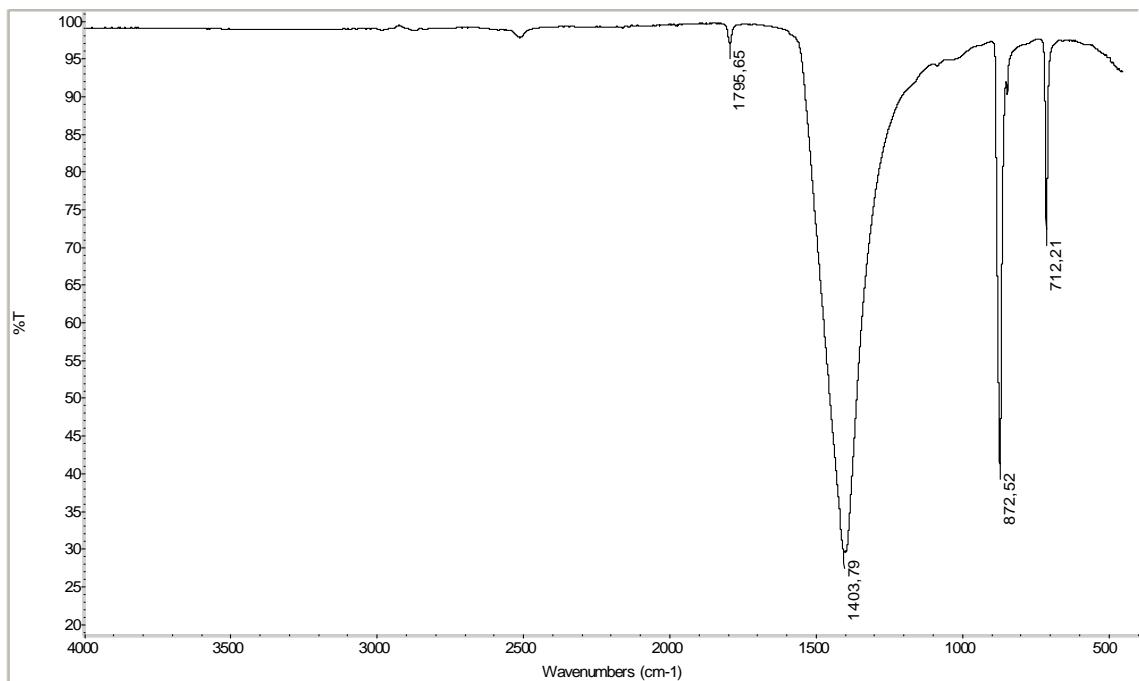


Fig. 5.25 Spettro Ir del campione c2.

Nello spettro Ir del campione c3 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1395 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.26).

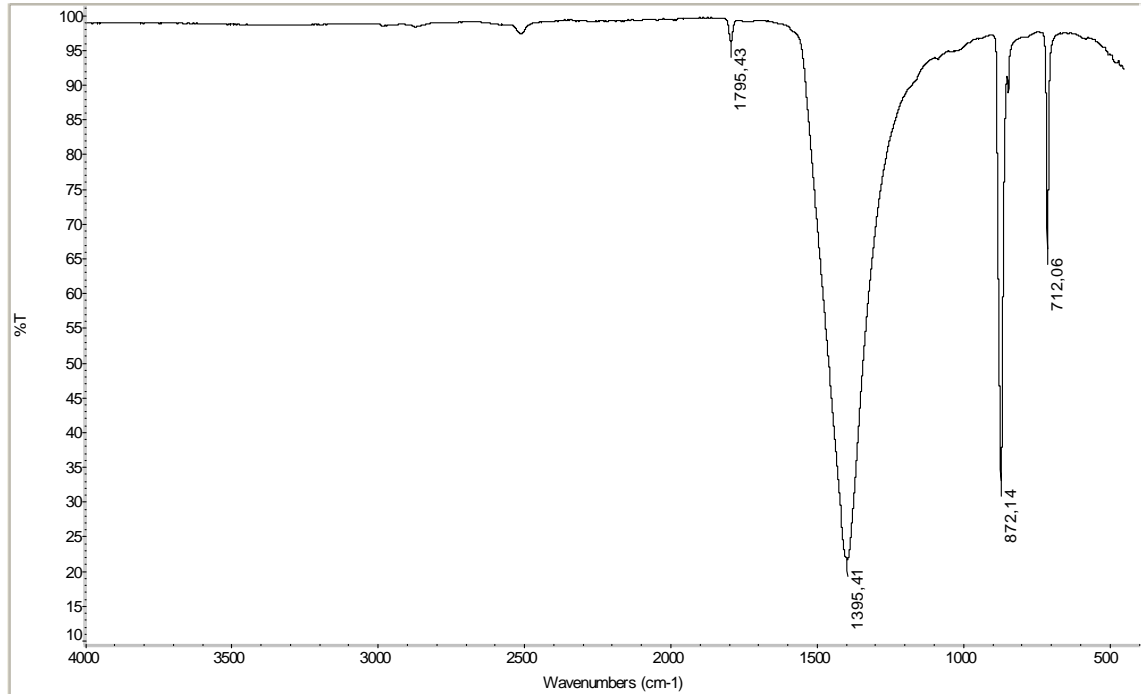


Fig. 5.26 Spettro Ir del campione c3.

Nello spettro Ir del campione c4 si riscontra la presenza di calcite con banda caratteristica a 1394 cm^{-1} , 871 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.27).

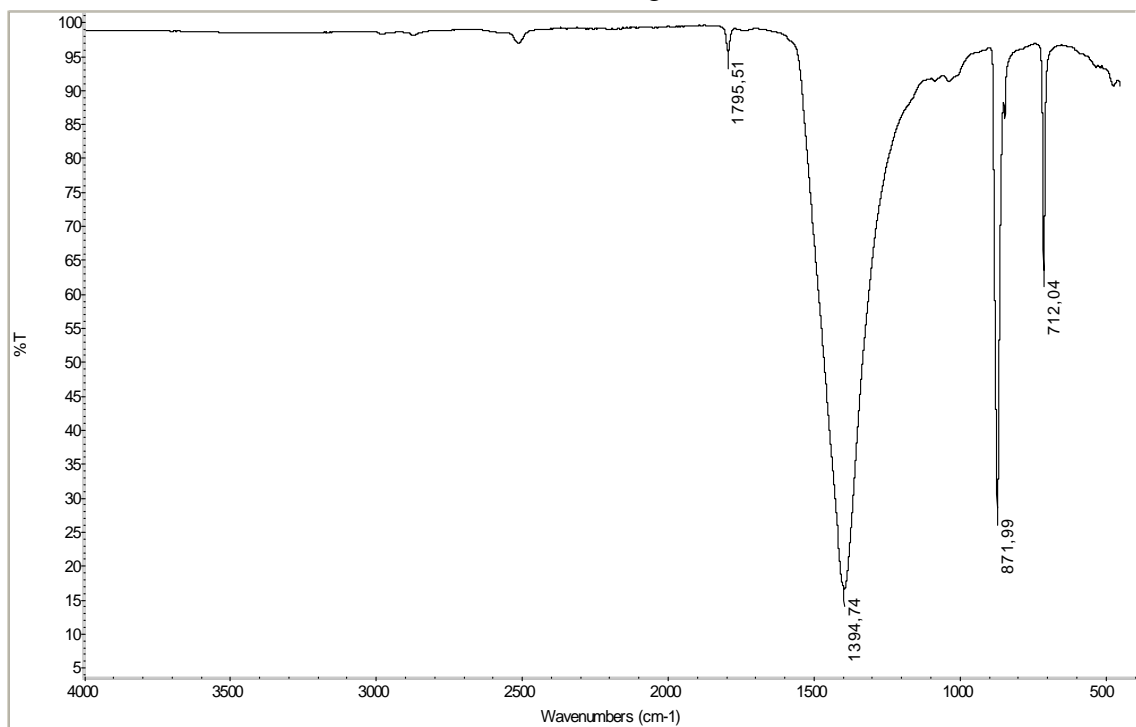


Fig. 5.27 Spettro Ir del campione c4.

Nello spettro Ir del campione c5 è possibile individuare la presenza di calcite con banda caratteristica a 1393 cm^{-1} , 871 cm^{-1} e 711 cm^{-1} (Fig. 5.28).

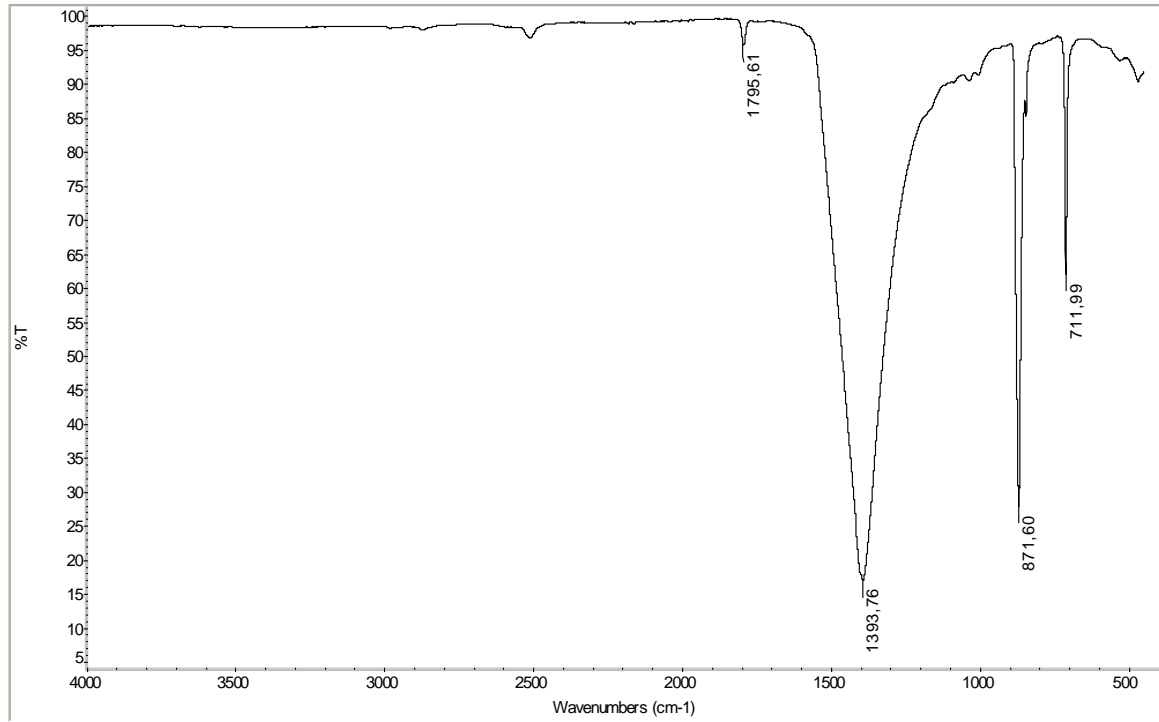


Fig. 5.28 Spettro Ir del campione c5.

Nello spettro Ir del campione c6 si distingue la calcite con banda caratteristica a 1394 cm^{-1} , 871 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1036 cm^{-1} (Fig. 5.29).

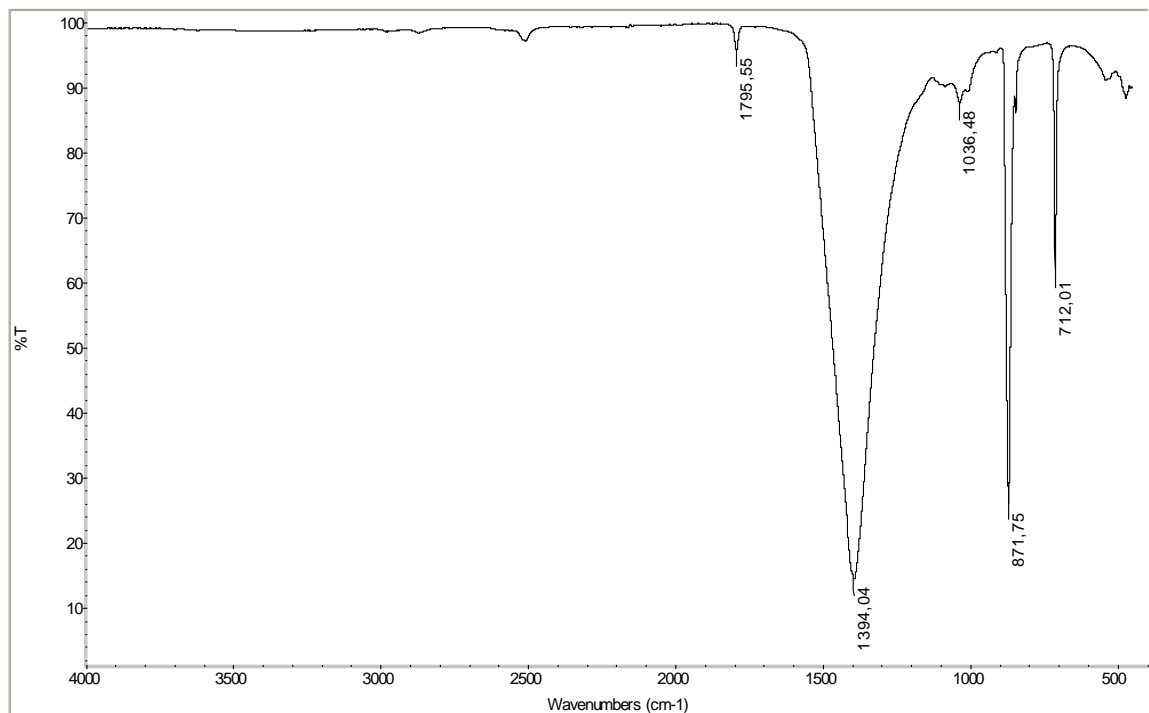


Fig. 5.29 Spettro Ir del campione c6.

Nello spettro Ir del campione c7 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1394 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.30).

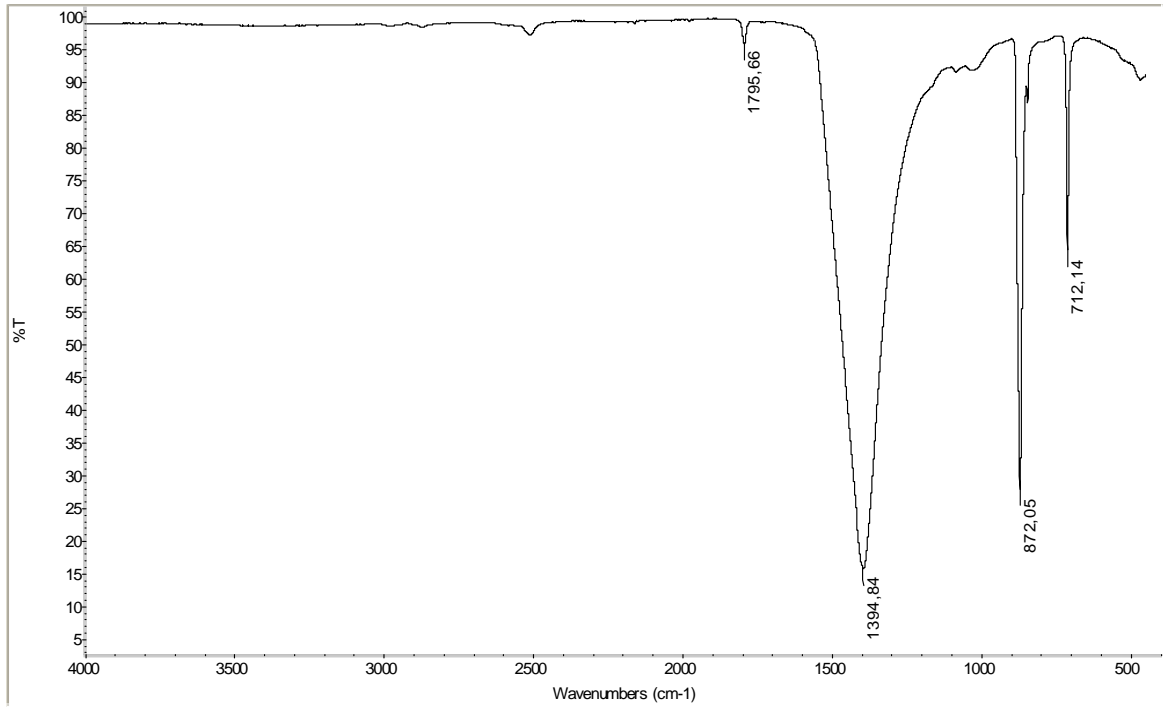


Fig. 5.30 Spettro Ir del campione c7.

Nello spettro Ir del campione c8 è possibile distinguere la dolomite con banda caratteristica a 1416 cm^{-1} , 875 cm^{-1} e 726 cm^{-1} (Fig. 5.31).

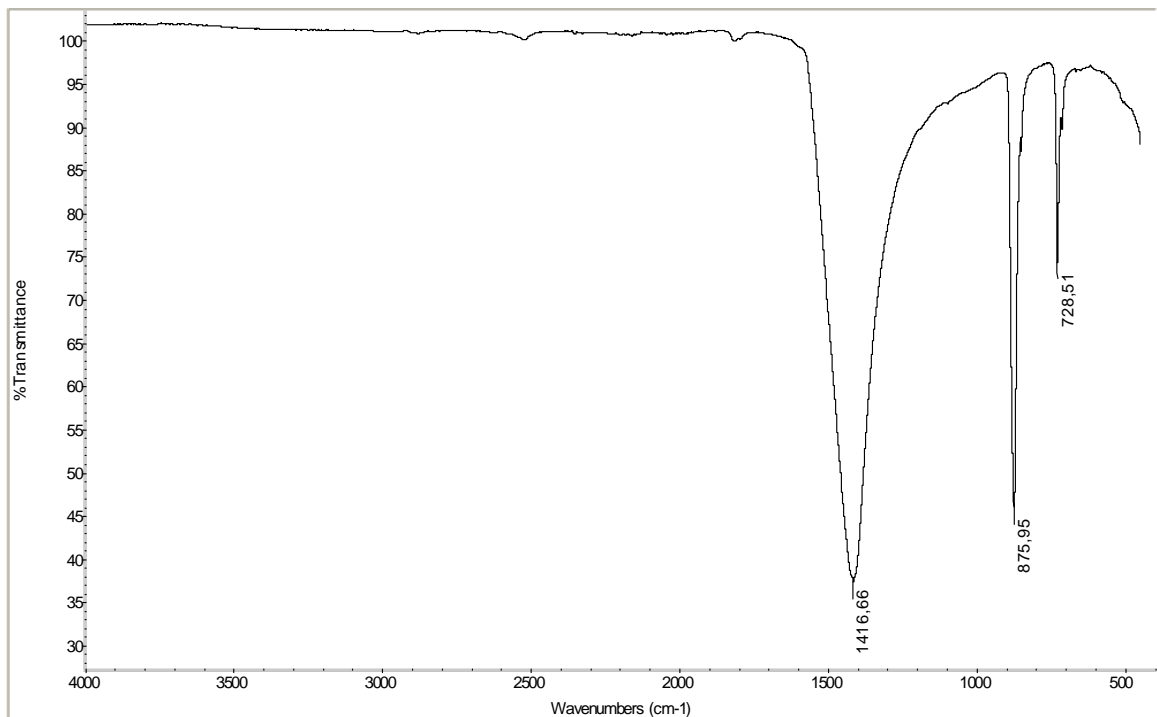


Fig. 5.31 Spettro Ir del campione c8.

Nello spettro Ir del campione c9 si individua la presenza dominante di calcite con banda caratteristica a 1416 cm^{-1} , 875 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.32).

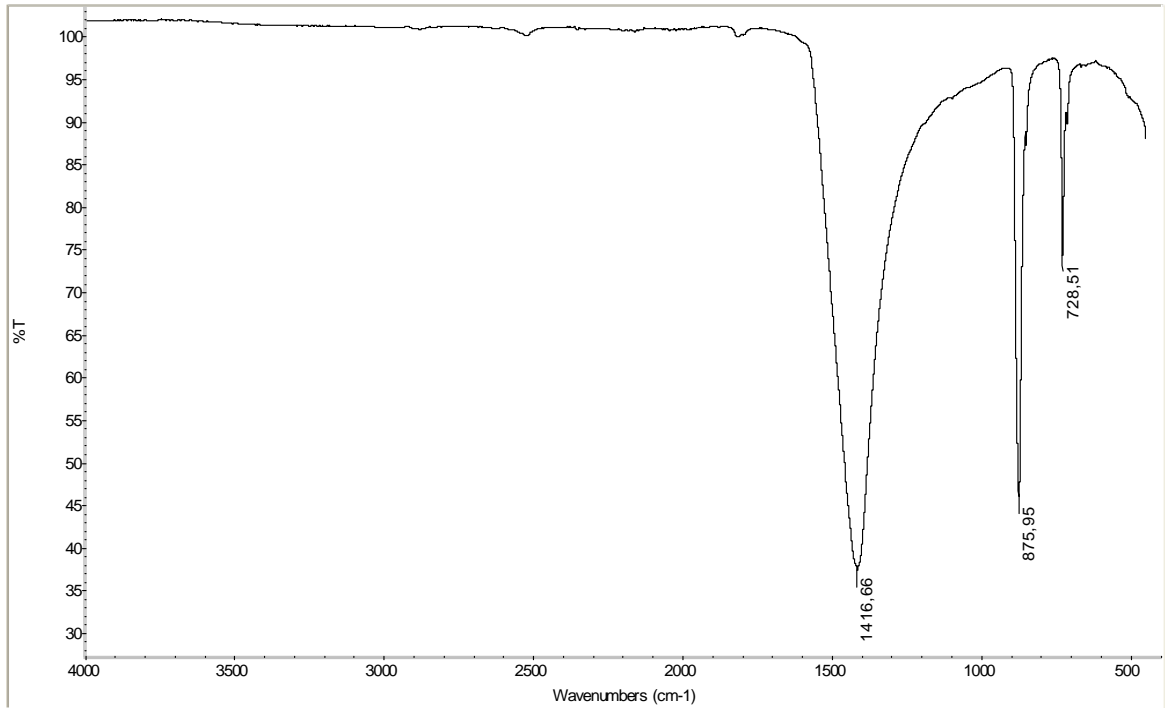


Fig. 5.32 Spettro Ir del campione c9.

Nello spettro Ir del campione c10 si riconosce la presenza dominante di calcite con banda caratteristica a 1404 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.33).

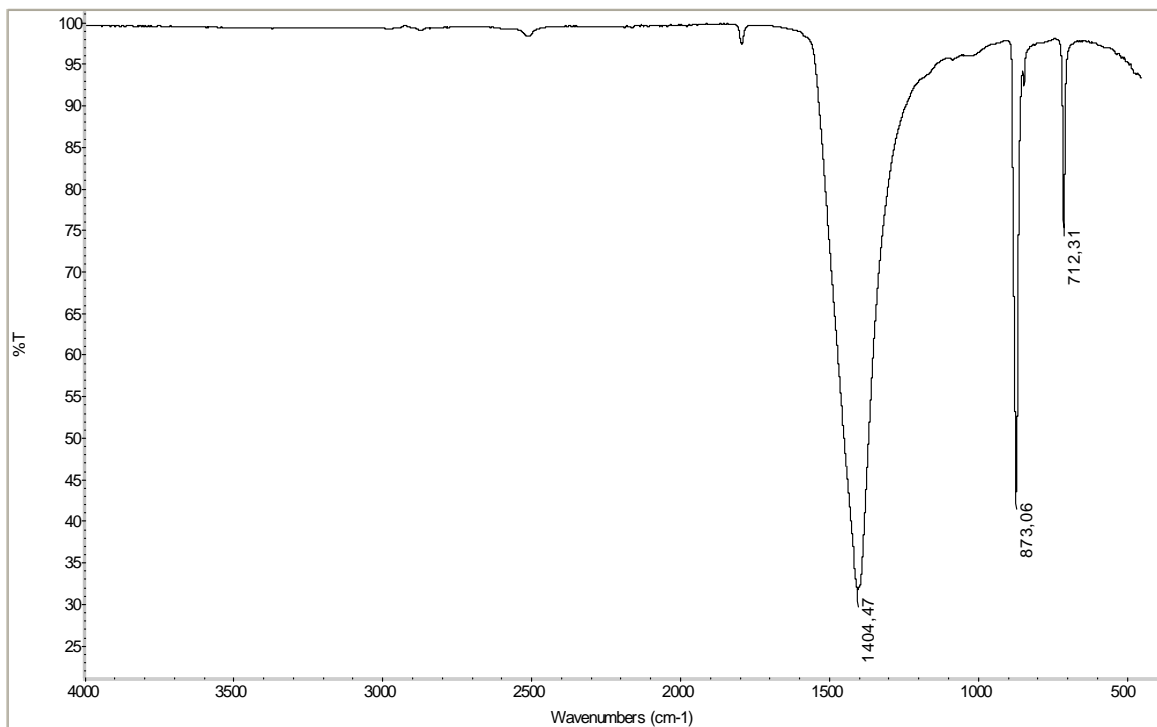


Fig. 5.33 Spettro Ir del campione c10.

Nello spettro Ir del campione c11 si distingue la calcite con banda caratteristica a 1394, cm^{-1} 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.34).

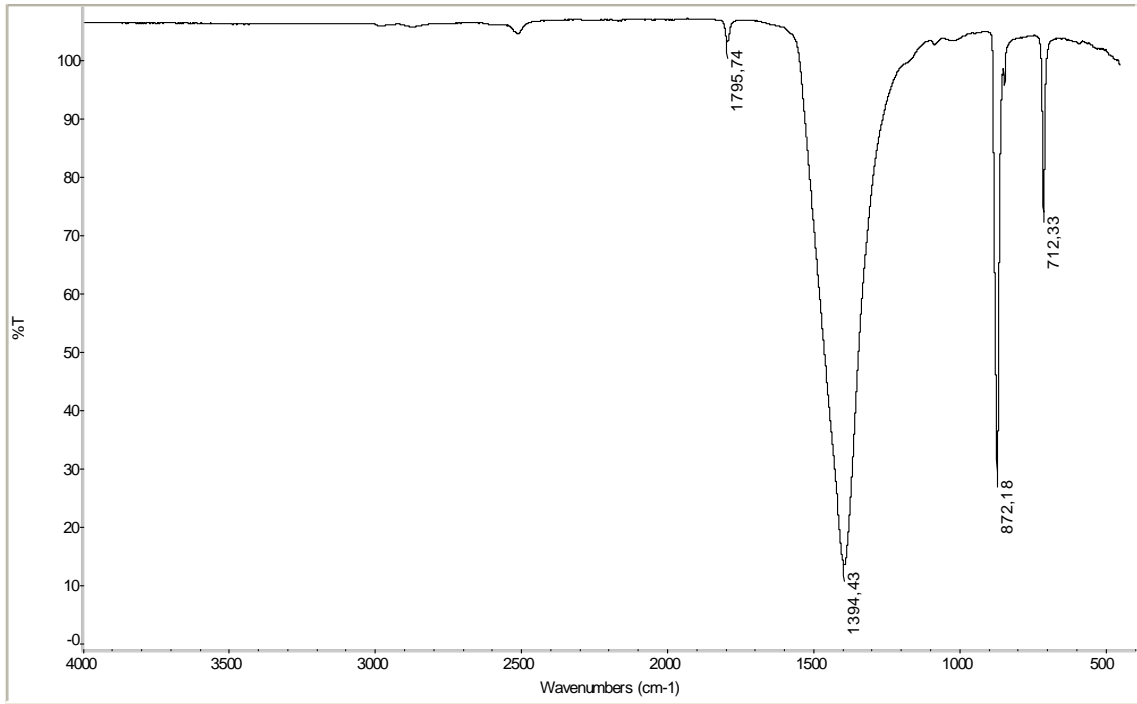


Fig. 5.34 Spettro Ir del campione c11.

Nello spettro Ir del campione ca1 si individua la presenza di dolomite con banda caratteristica a 1426 cm^{-1} , 877 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.35).

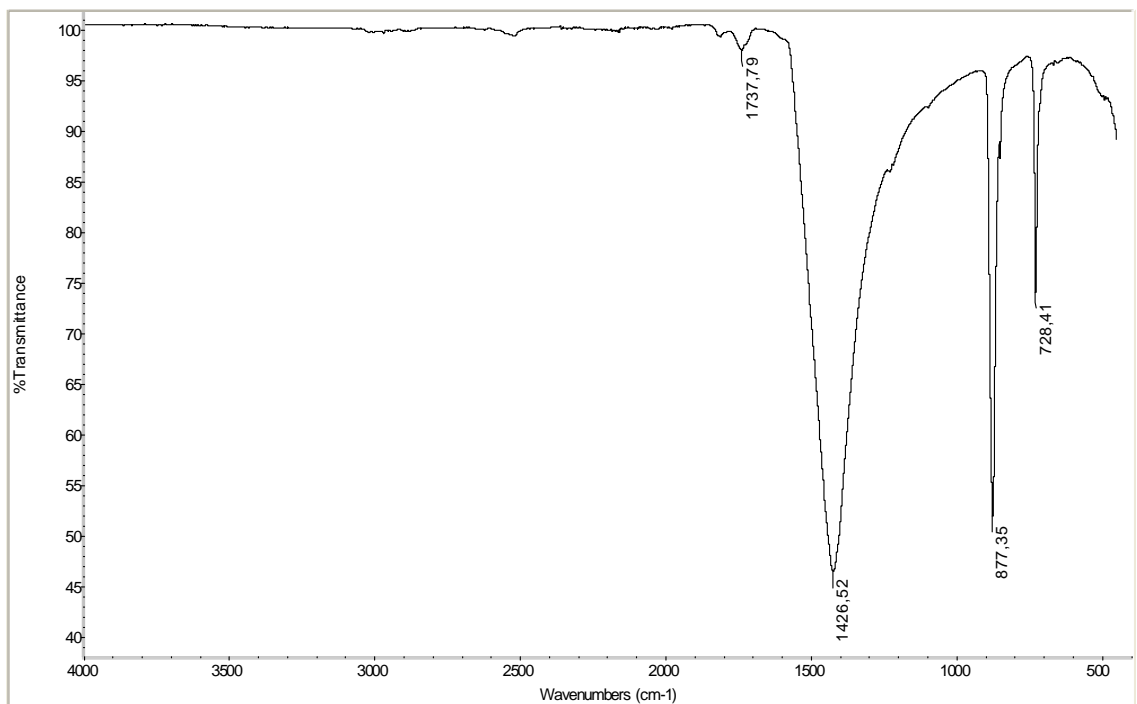


Fig. 5.35 Spettro Ir del campione ca1.

Nello spettro Ir del campione ca2 è possibile individuare la presenza di dolomite con banda caratteristica a 1426 cm^{-1} , 877 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.36).

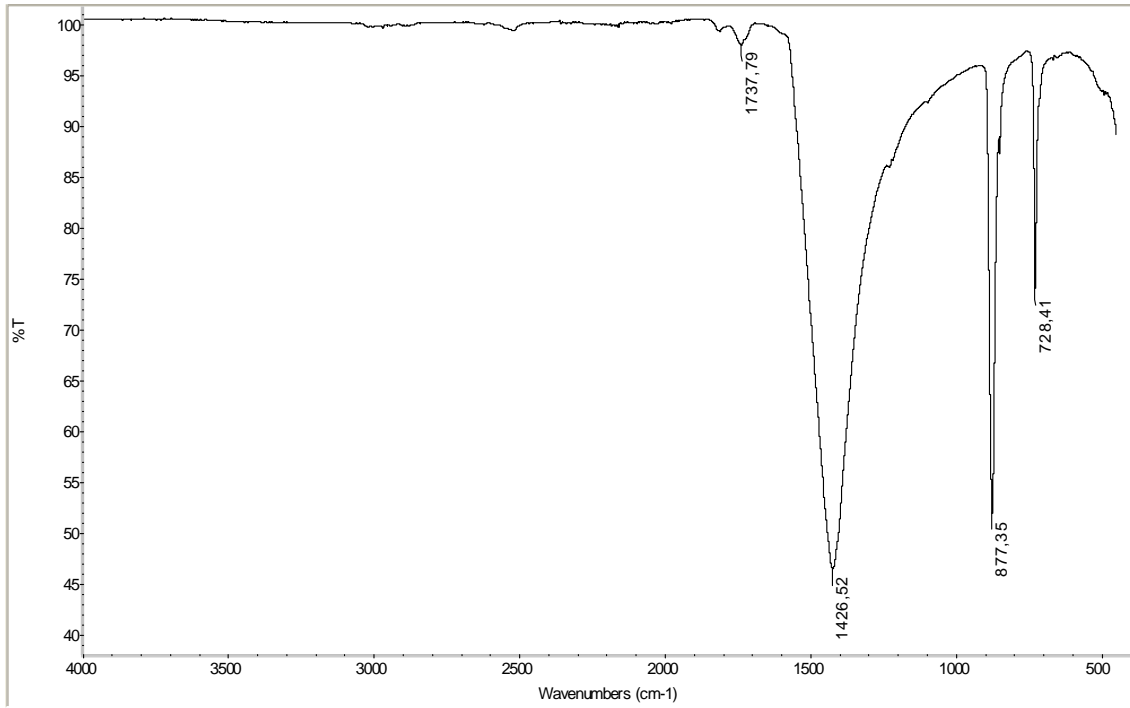


Fig. 5.36 Spettro Ir del campione ca2.

Nello spettro Ir del campione ca3 si individua la presenza di dolomite con banda caratteristica a 1417 cm^{-1} , 876 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.37).

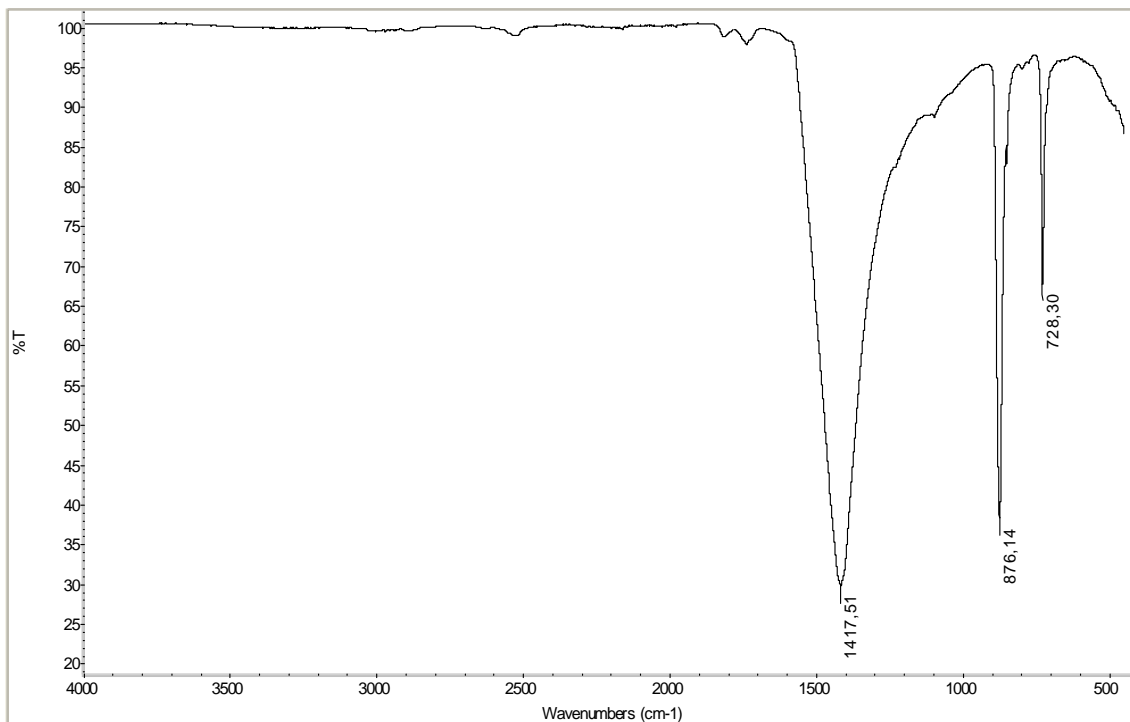


Fig. 5.37 Spettro Ir del campione ca3.

Nello spettro Ir del campione ca4 è possibile riconoscere la dolomite con banda caratteristica a 1423 cm^{-1} , 877 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.38).

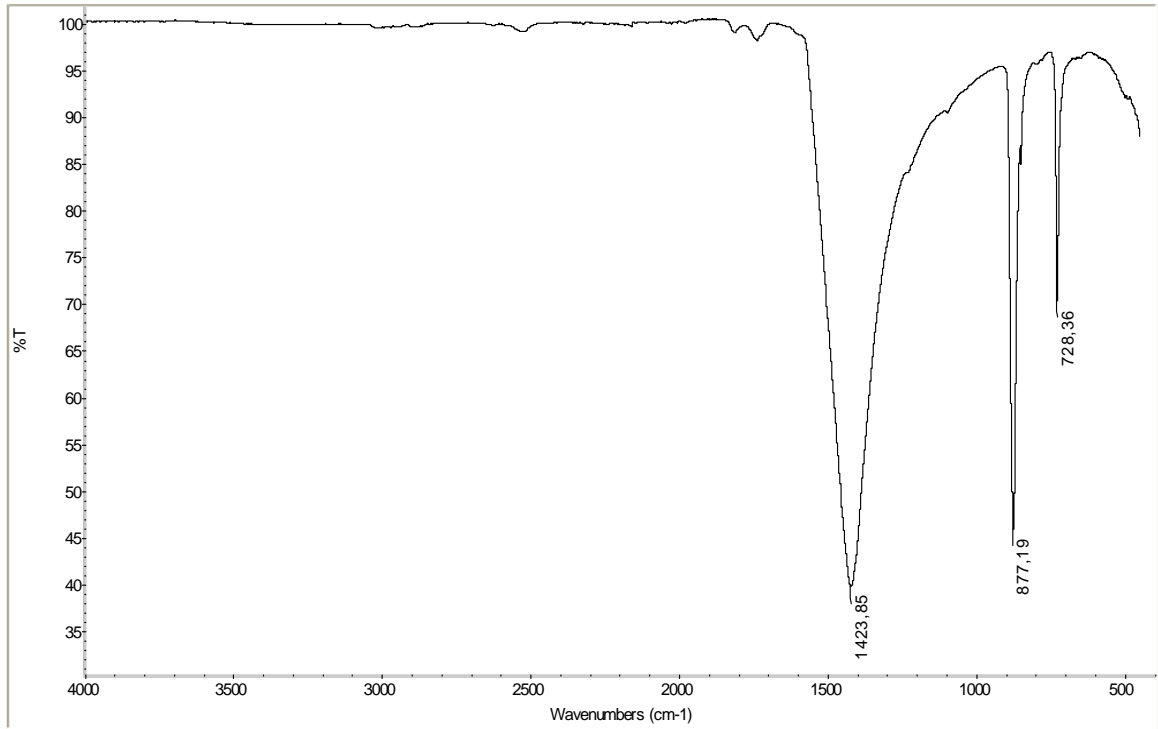


Fig. 5.38 Spettro Ir del campione ca4.

Nello spettro Ir del campione ca5 è possibile individuare la presenza di dolomite con banda caratteristica a 1423 cm^{-1} , 876 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.39).

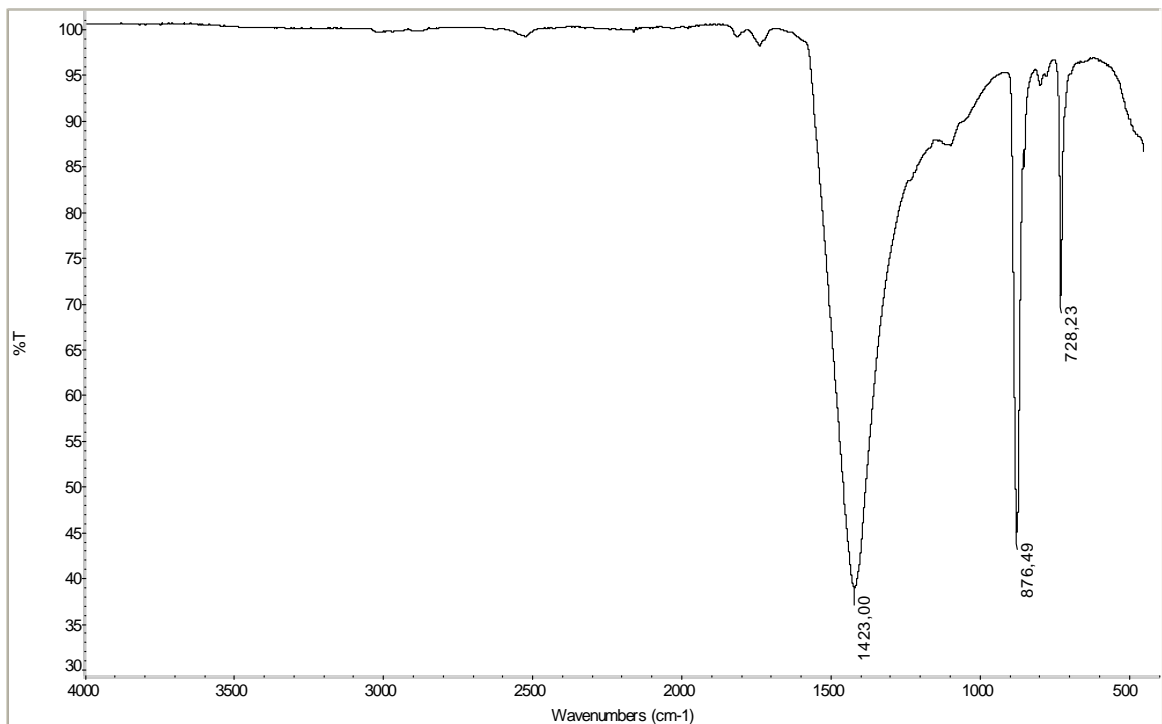


Fig. 5.39 Spettro Ir del campione ca5.

Dallo spettro Ir del campione ca6 risulta la presenza di dolomite con banda caratteristica a 1416 cm^{-1} , 875 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.40)

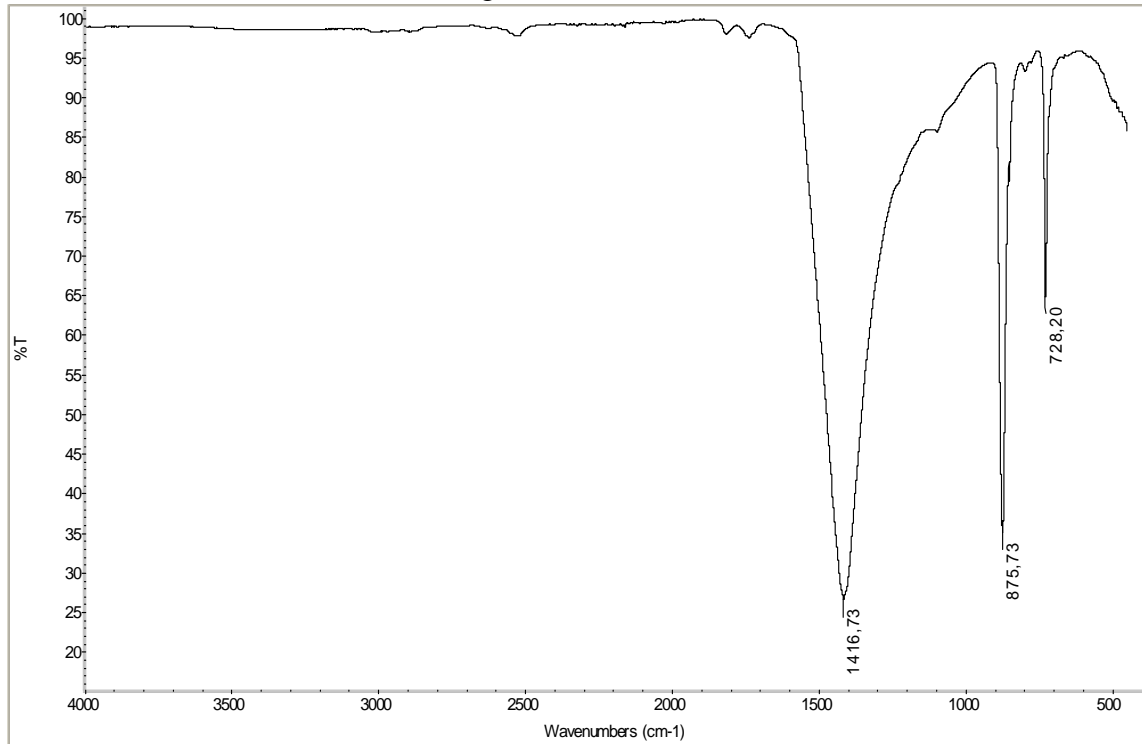


Fig. 5.40 Spettro Ir del campione ca6.

Nello spettro Ir del campione ca7 si individua la presenza di dolomite, con banda caratteristica a 1414 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} , secondariamente sono presenti silicati con banda caratteristica a 1023 cm^{-1} (Fig. 5.41).

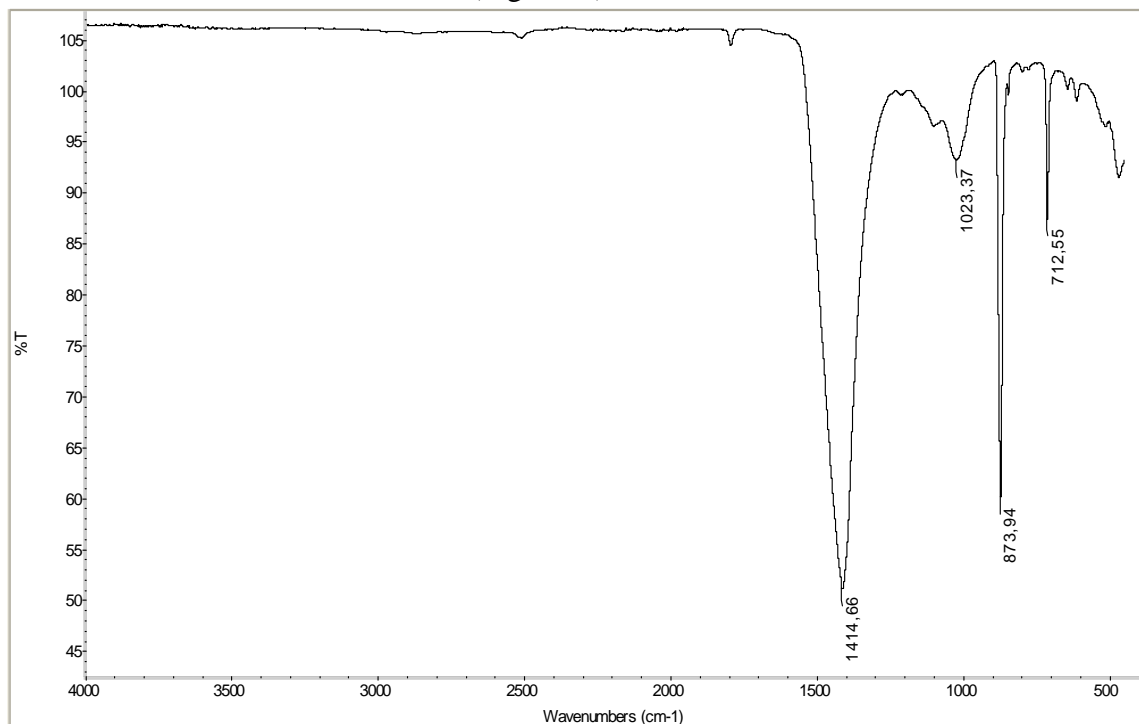


Fig. 5.41 Spettro Ir del campione ca7.

Dallo spettro Ir del campione ca8 risulta la presenza di dolomite, con banda caratteristica a 1416 cm^{-1} , 875 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.42).

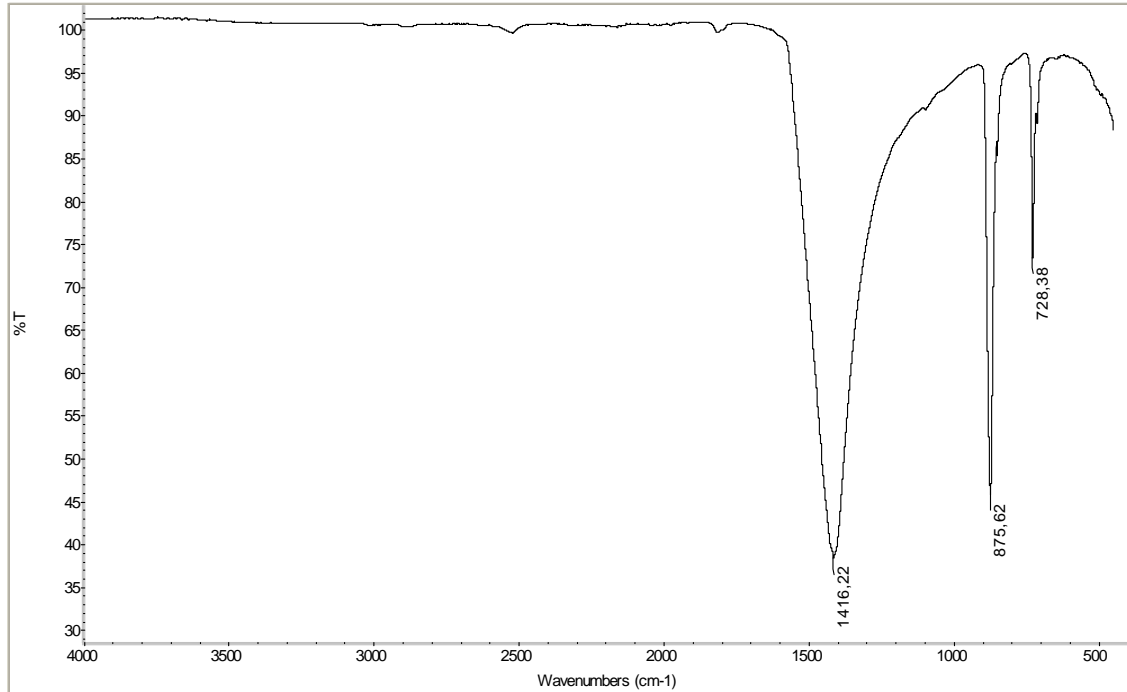


Fig. 5.42 Spettro Ir del campione ca8.

Nello spettro Ir del campione ca9 si individua la presenza di dolomite, con banda caratteristica a 1416 cm^{-1} , 875 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.43).

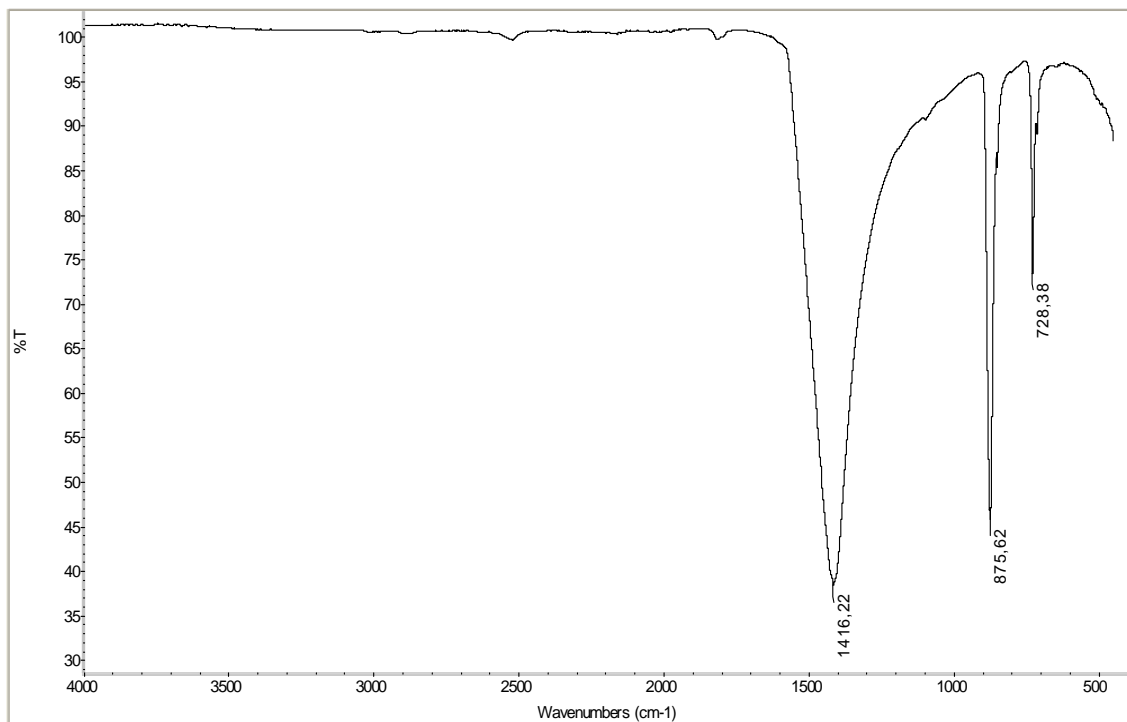


Fig. 5.43 Spettro Ir del campione ca9.

Nello spettro Ir del campione ca10 si individua la presenza di dolomite, con banda caratteristica a 1416 cm^{-1} , 875 cm^{-1} e 728 cm^{-1} (Fig. 5.44).

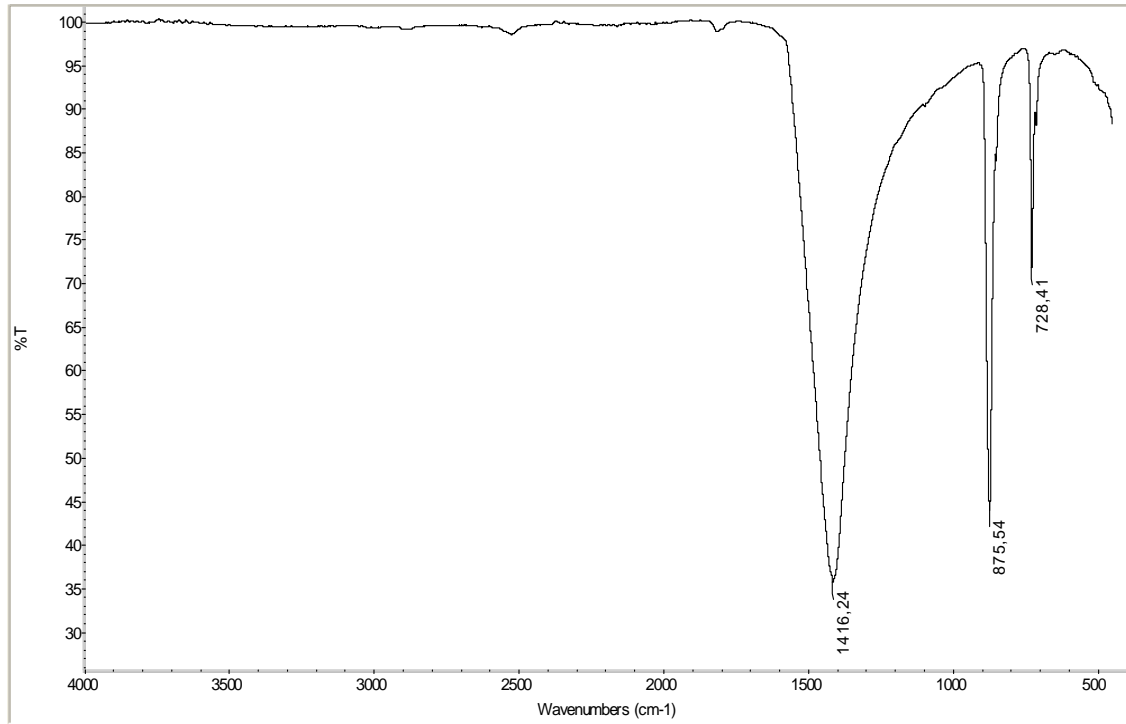


Fig. 5.44 Spettro Ir del campione ca10.

Nello spettro Ir del campione s1 si riconosce la calcite, con banda caratteristica a 1407 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1005 cm^{-1} (Fig. 5.45).

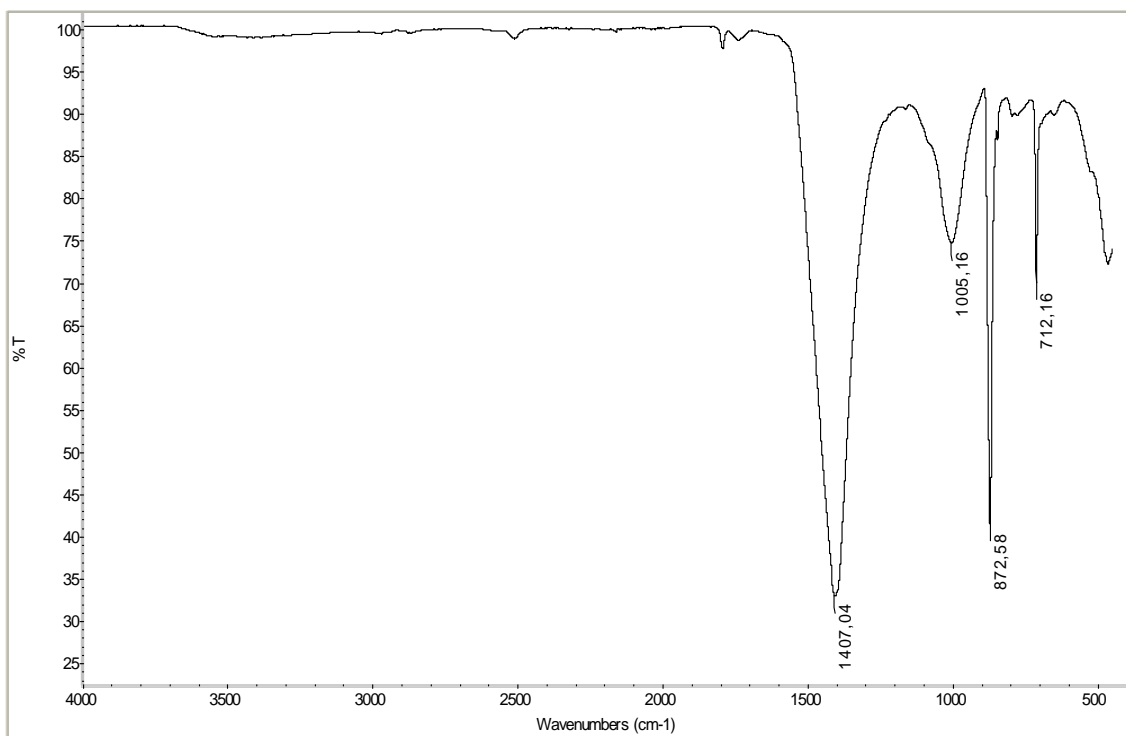


Fig. 5.45 Spettro Ir del campione s1.

Nello spettro Ir del campione s2 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1414 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1004 cm^{-1} e 797 cm^{-1} (Fig. 5.46).

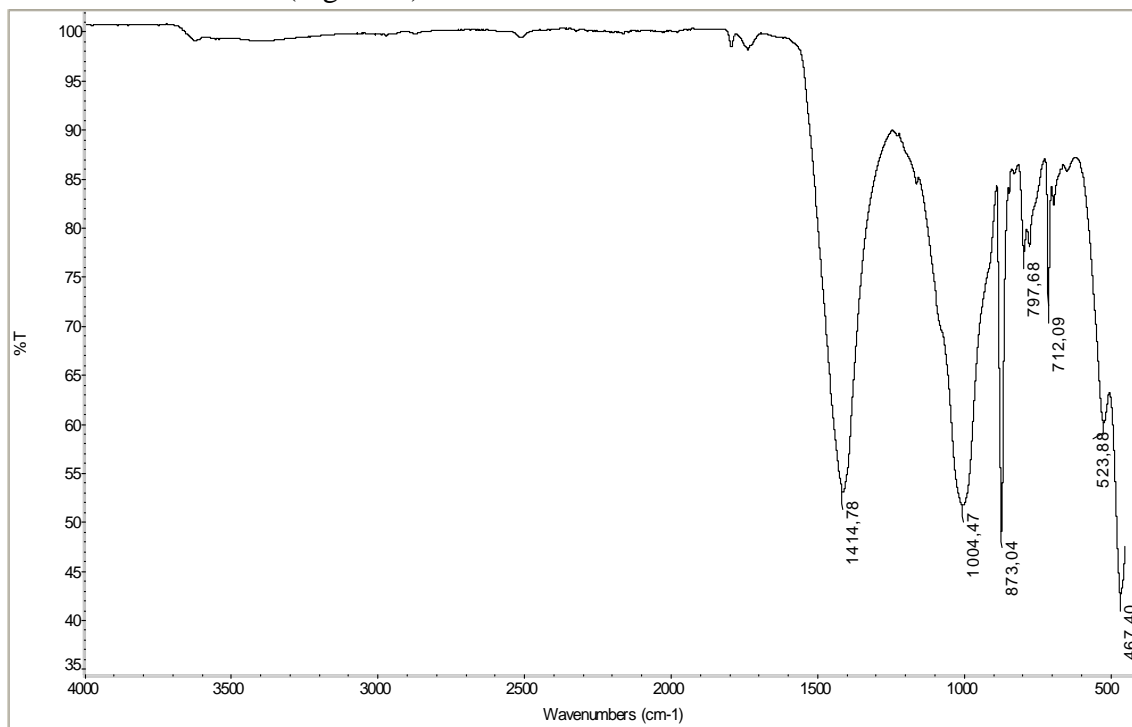


Fig. 5.46 Spettro Ir del campione s2.

Nello spettro Ir del campione s3 è possibile riconoscere la presenza di calcite con banda caratteristica a 1410 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1030 cm^{-1} e 797 cm^{-1} (Fig. 5.47).

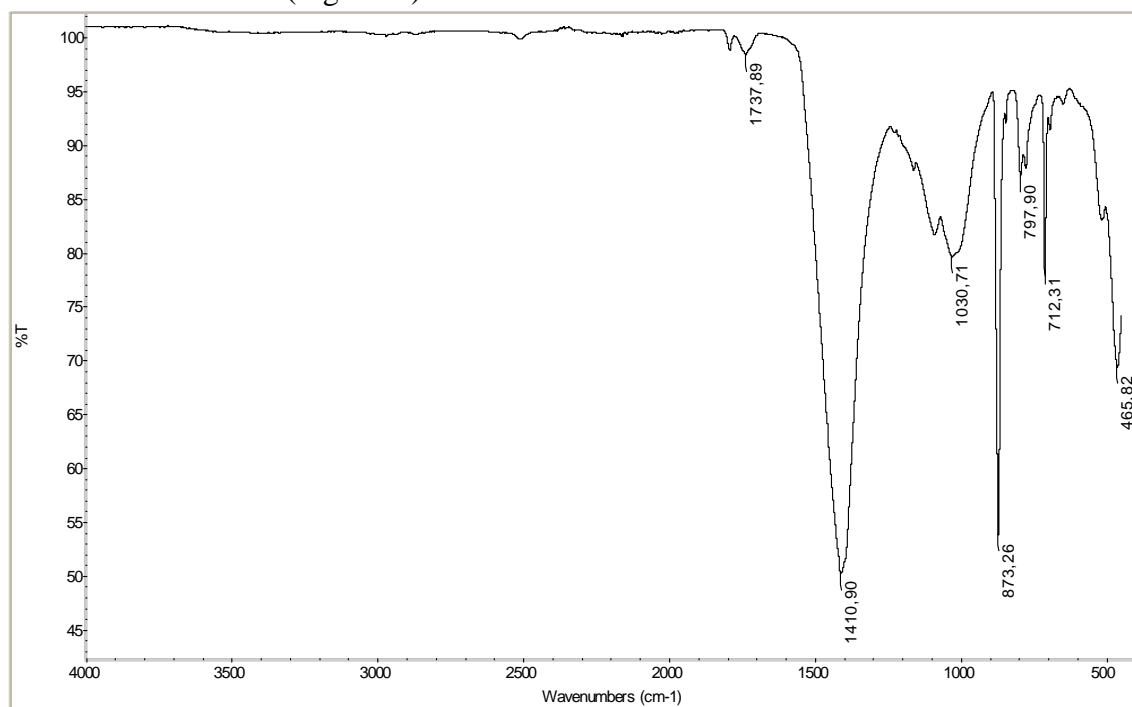


Fig. 5.47 Spettro Ir del campione s3.

Nello spettro Ir del campione s4 si riconosce la calcite con banda caratteristica a 1419 cm^{-1} , 874 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1005 cm^{-1} e 798 cm^{-1} (Fig. 5.48).

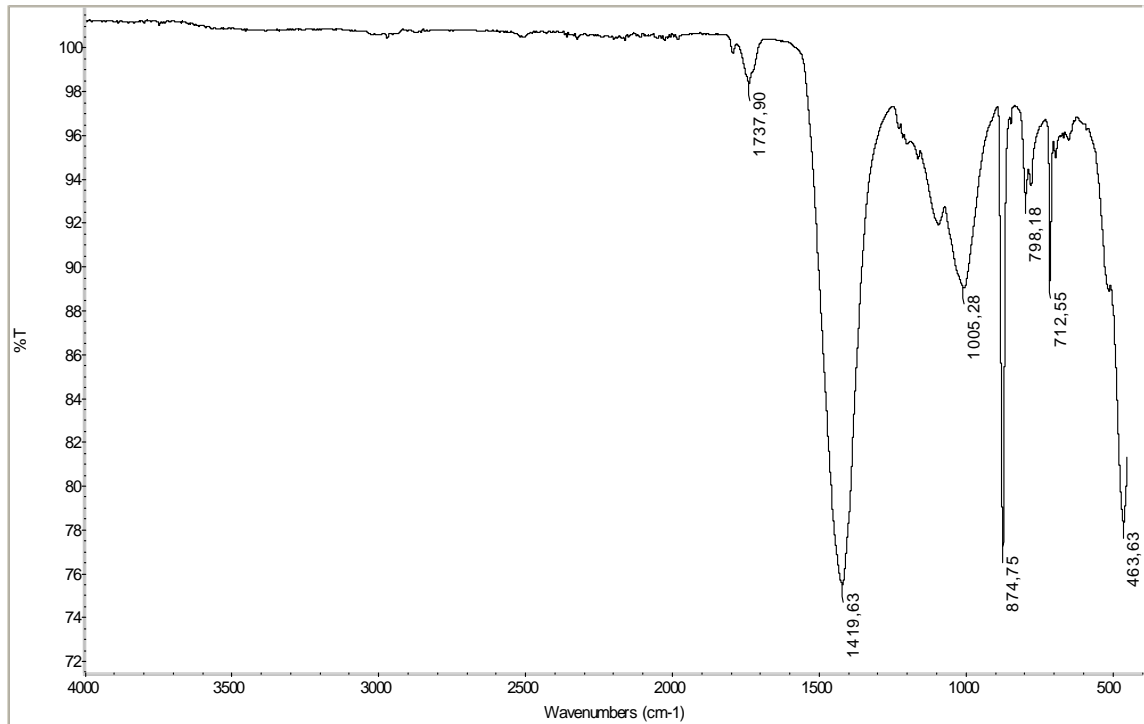


Fig. 5.48 Spettro Ir del campione s4.

Nello spettro Ir del campione s5 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1408 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1002 cm^{-1} e 797 cm^{-1} (Fig. 5.49).

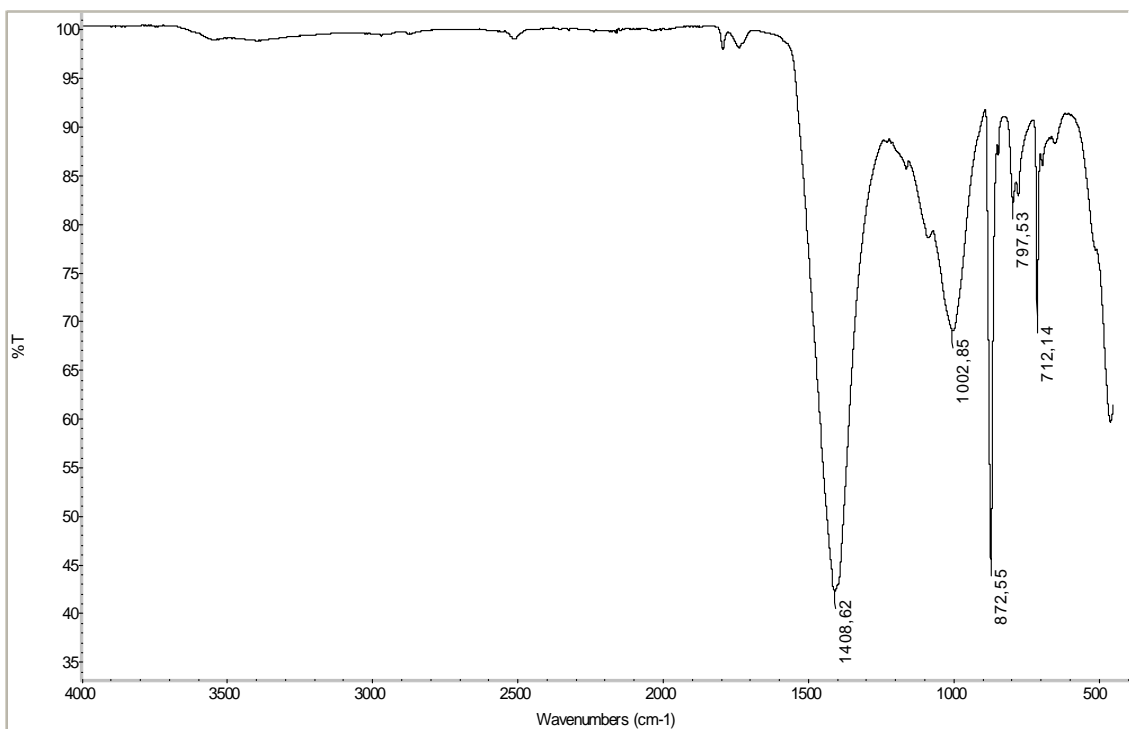


Fig. 5.49 Spettro Ir del campione s5.

Nello spettro Ir del campione s6 è possibile riconoscere la presenza di calcite, con banda caratteristica a 1407 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} , e di silicati con banda caratteristica a 1003 cm^{-1} e 797 cm^{-1} (Fig. 5.50).

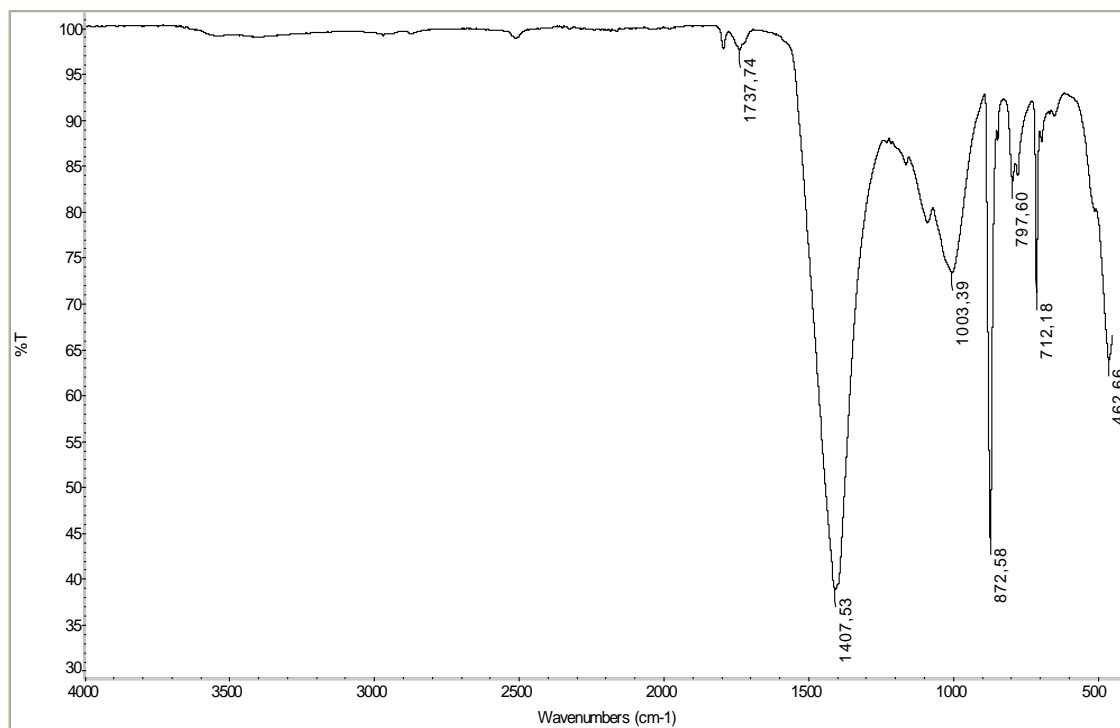


Fig. 5.50 Spettro Ir del campione s6.

Nello spettro Ir del campione s7 si riscontra la presenza di calcite con banda caratteristica a 1404 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1089 cm^{-1} e 797 cm^{-1} (Fig. 5.51).

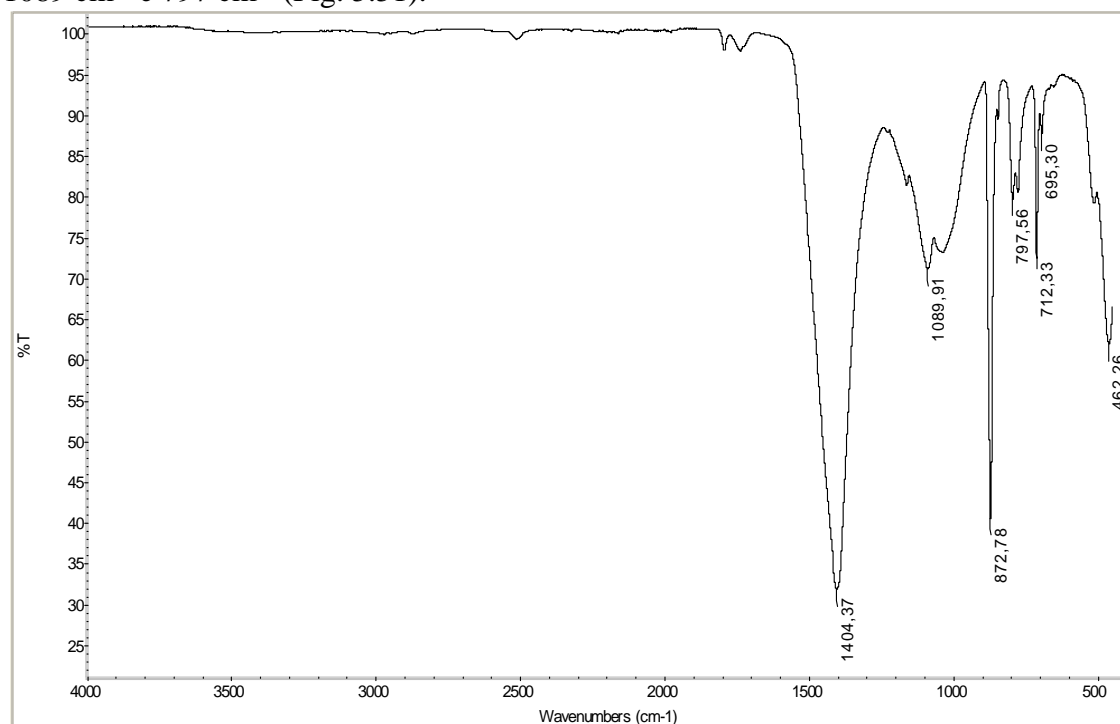


Fig. 5.51 Spettro Ir del campione s7.

Nello spettro Ir del campione s8 si riconosce prevalentemente calcite con banda caratteristica a 1404 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} (Fig. 5.52).

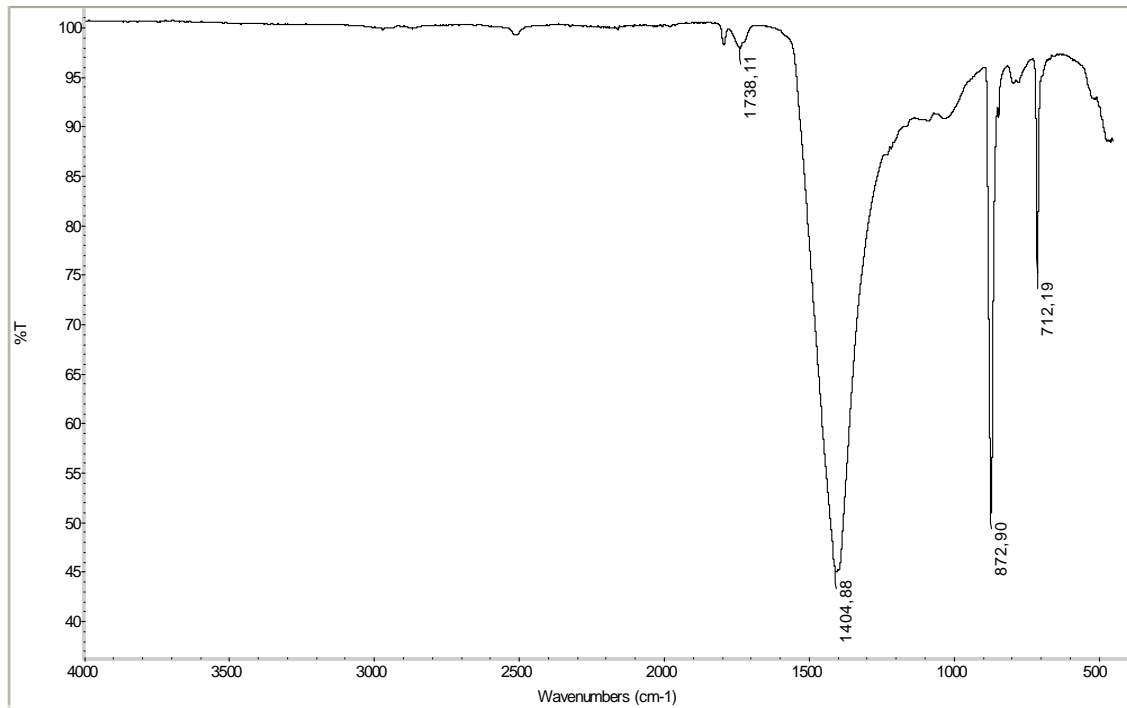


Fig. 5.52 Spettro Ir del campione s8.

Nello spettro Ir del campione s9 si è possibile riconoscere la calcite con banda caratteristica a 1396 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1016 cm^{-1} (Fig. 5.53).

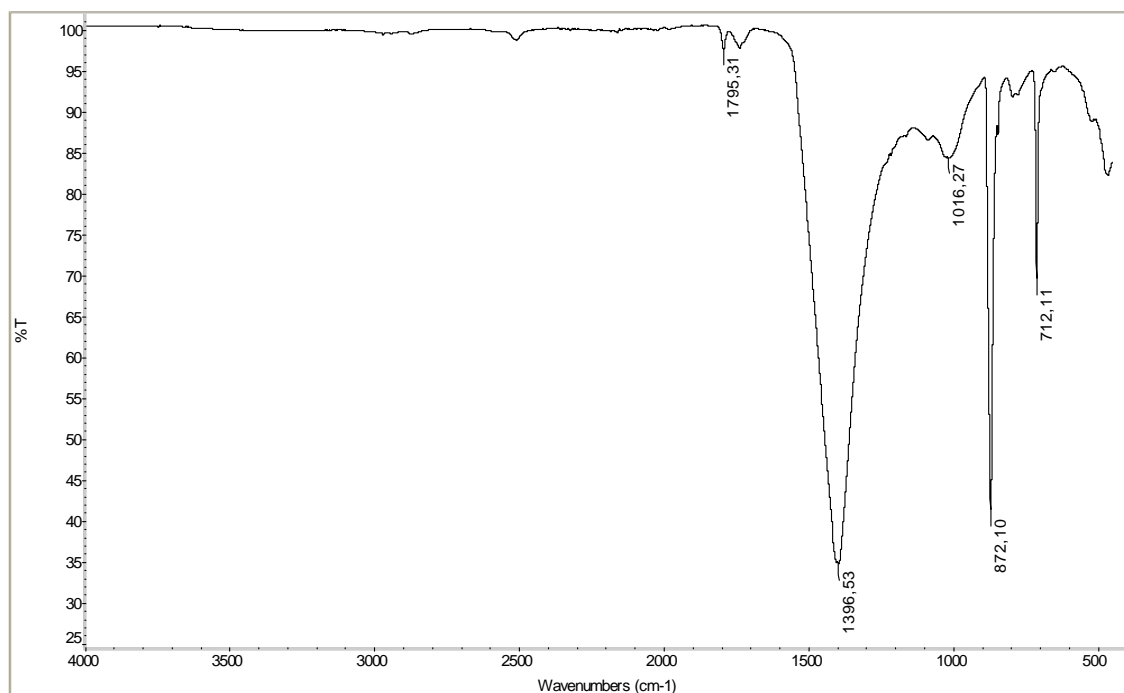


Fig. 5.53 Spettro Ir del campione s9.

Nello spettro Ir del campione s10 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1417 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 987 cm^{-1} e 796 cm^{-1} (Fig. 5.54).

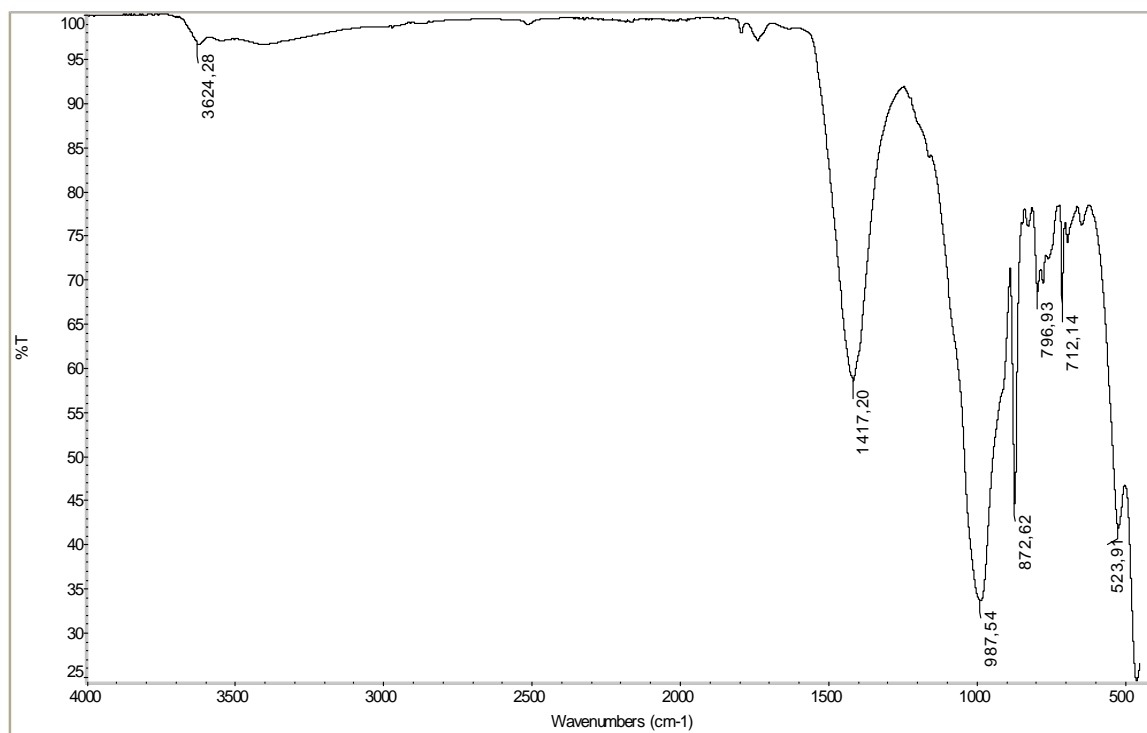


Fig. 5.54 Spettro Ir del campione s10.

Nello spettro Ir del campione SIR1 si individua la presenza in prevalenza di aragonite con banda caratteristica a 1442 cm^{-1} , 875 cm^{-1} , 855 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e secondariamente di silicati, con banda caratteristica a 1027 cm^{-1} e 796 cm^{-1} (Fig. 5.55).

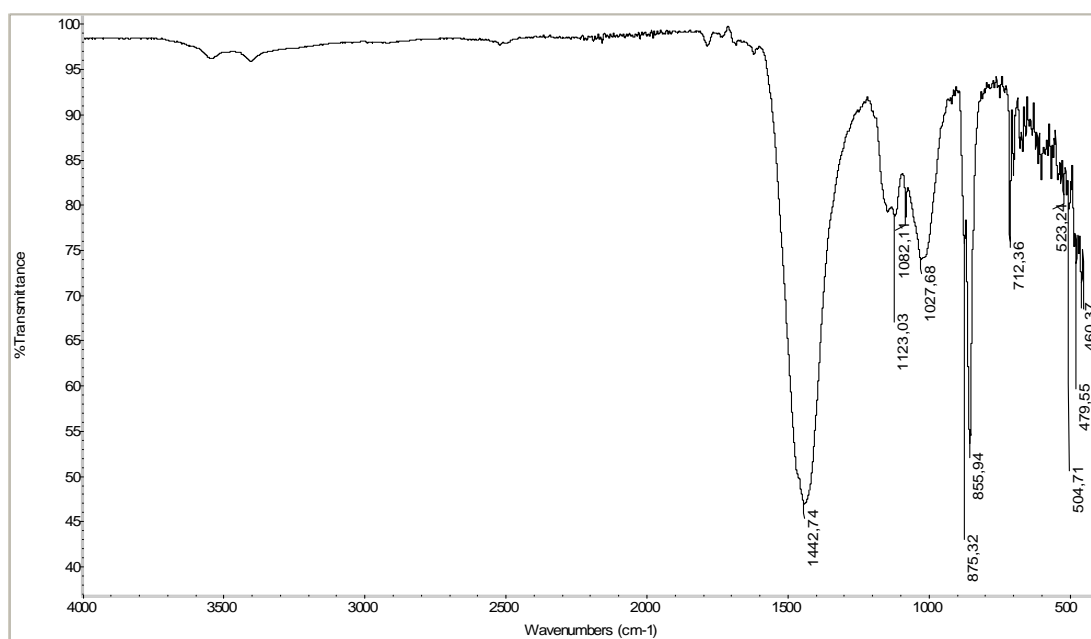


Fig. 5.55 Spettro Ir del campione SIR1.

Nello spettro Ir del campione SIR2 si riconosce la calcite con banda caratteristica a 1408 cm^{-1} , 873 cm^{-1} , 855 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1032 cm^{-1} e 797 cm^{-1} (Fig. 5.56).

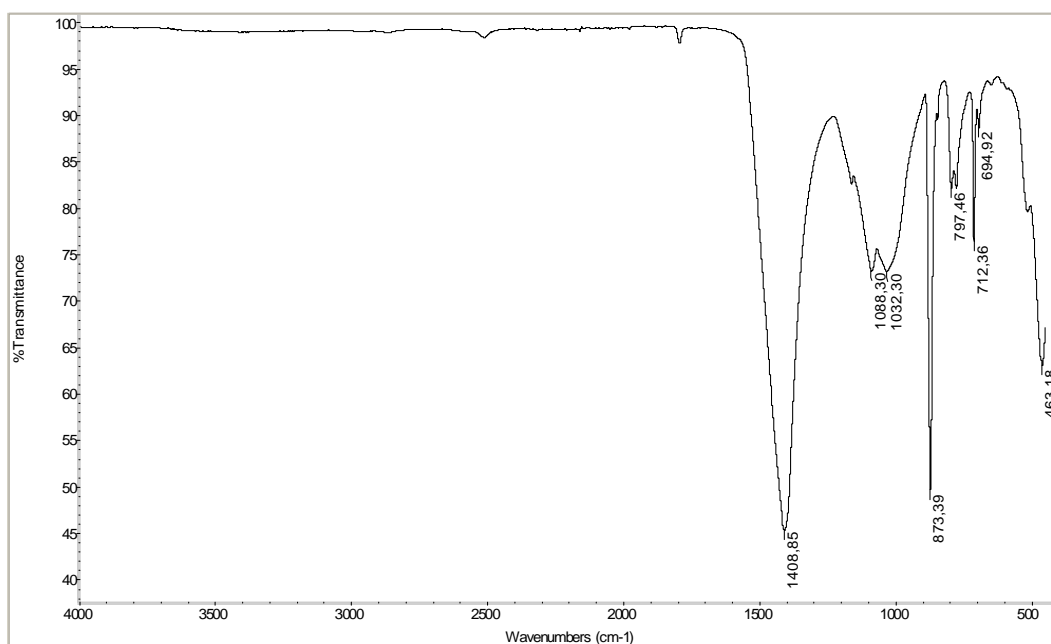


Fig. 5.56 Spettro Ir del campione SIR2.

Nello spettro Ir del campione SIR3 si riconosce la calcite con banda caratteristica a 1404 cm^{-1} , 873 cm^{-1} , 855 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1026 cm^{-1} e 799 cm^{-1} (Fig. 5.57).

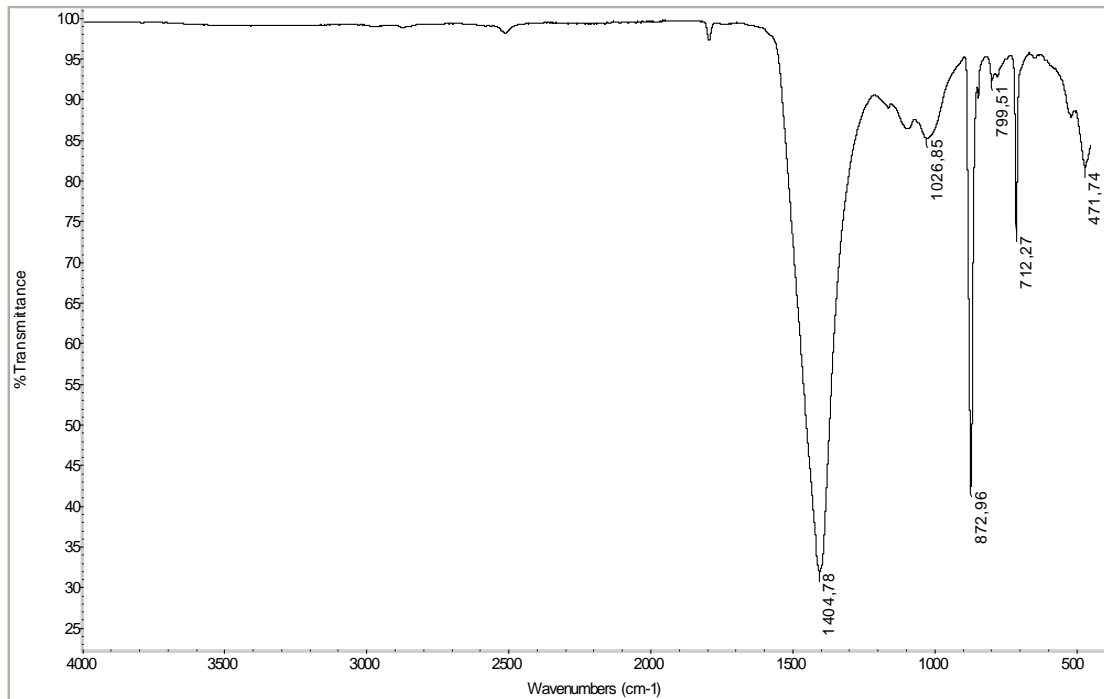


Fig. 5.57 Spettro Ir del campione SIR3.

Nello spettro Ir del campione SIR4 si individua la presenza di calcite con banda caratteristica a 1404 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1026 cm^{-1} e 799 cm^{-1} (Fig. 5.58).

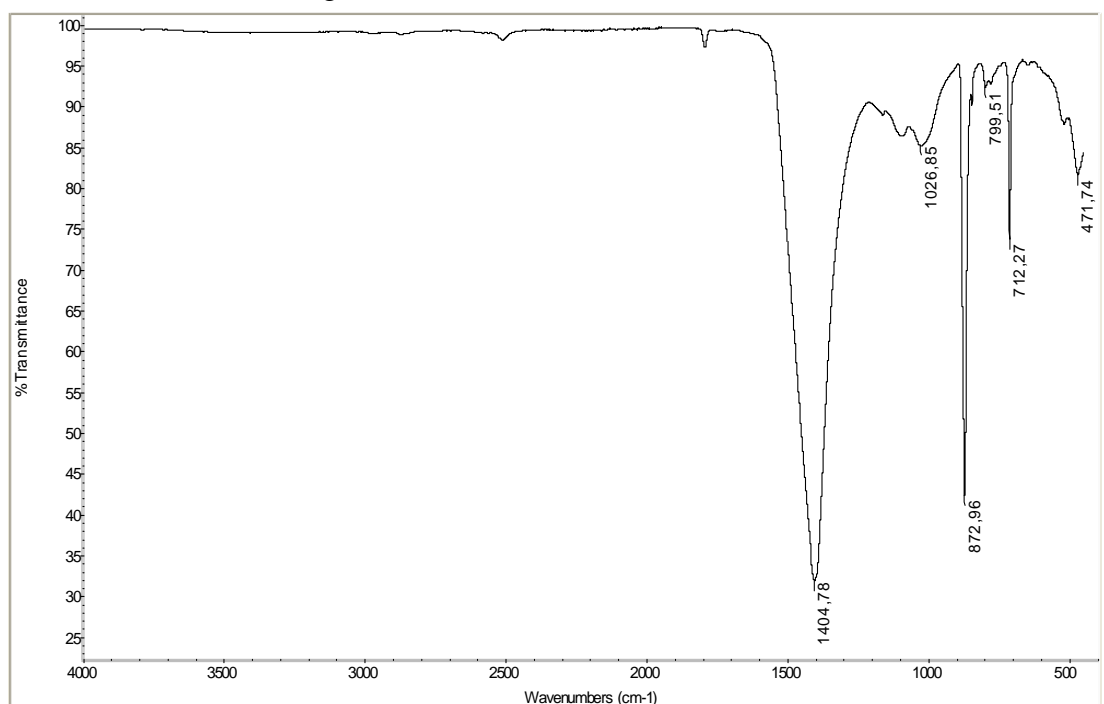


Fig. 5.58 Spettro Ir del campione SIR4.

Nello spettro Ir del campione SIR5 si riconosce la calcite con banda caratteristica a 1407 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1025 cm^{-1} (Fig. 5.59).

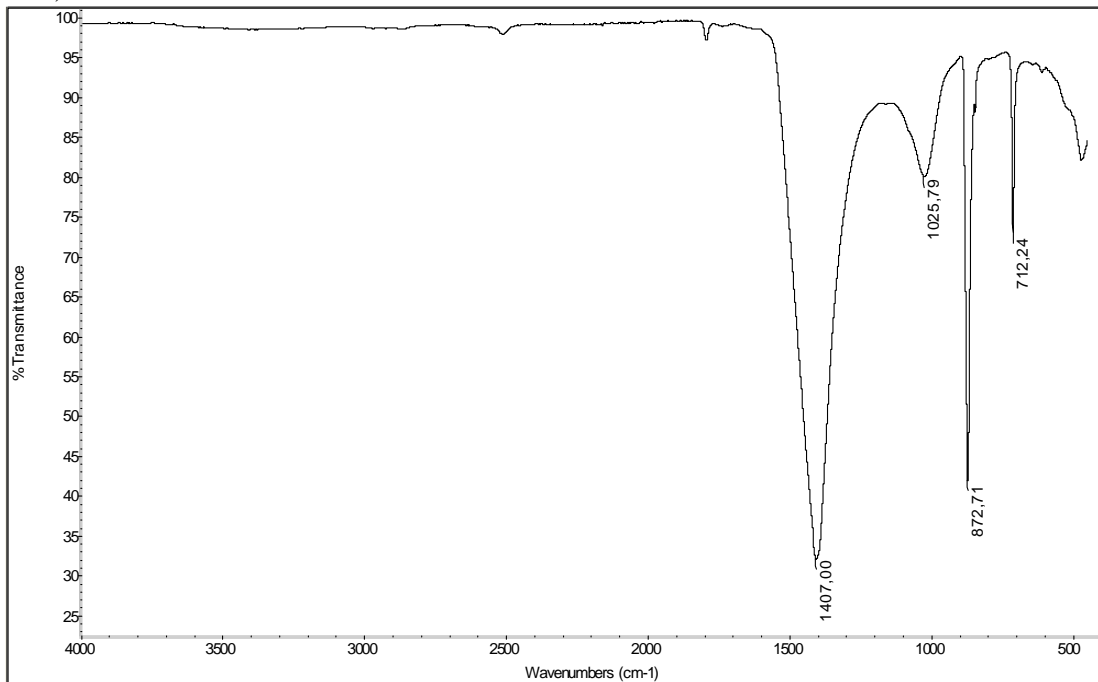


Fig. 5.59 Spettro Ir del campione SIR5.

Nello spettro Ir del campione SIR6 si individua la presenza di aragonite con banda caratteristica a 1447 cm^{-1} , 855 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e secondariamente di silicati con banda caratteristica a 1082 cm^{-1} (Fig. 5.60).

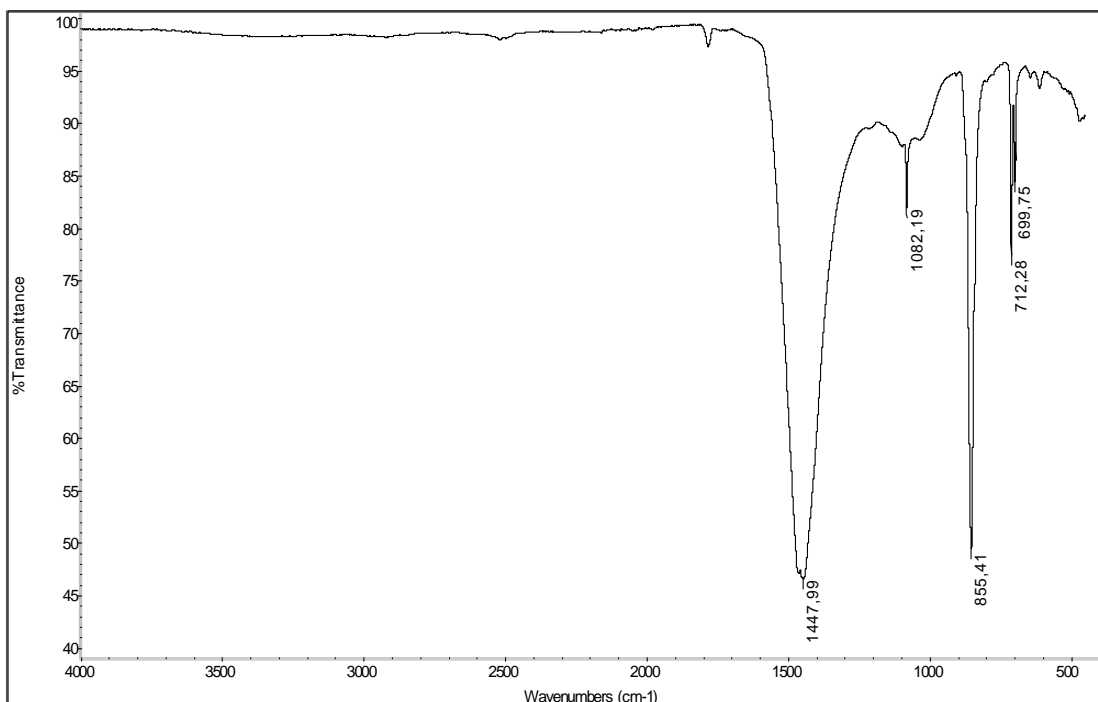


Fig. 5.60 Spettro Ir del campione SIR6.

Nello spettro Ir del campione SIR8 è possibile individuare la presenza calcite con banda caratteristica a 1415 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e di silicati con banda caratteristica a 1010 cm^{-1} (Fig. 5.61).

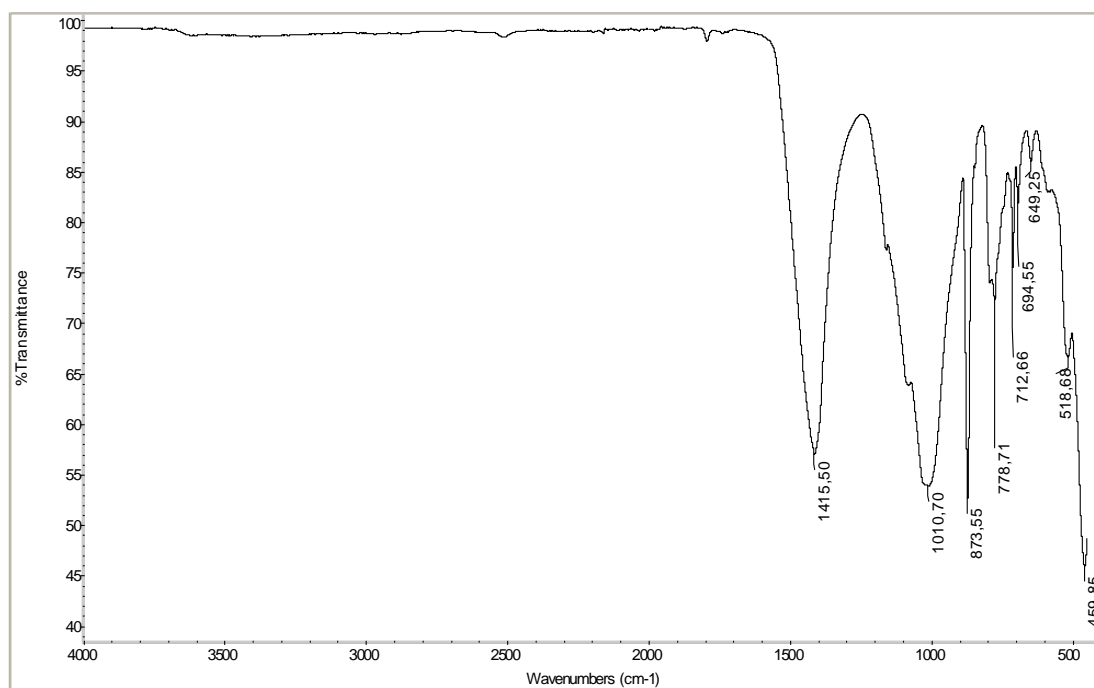


Fig. 5.61 Spettro Ir del campione SIR8.

Nello spettro Ir del campione SIR9 si individua la presenza in prevalenza di calcite con banda caratteristica a 1404 cm^{-1} , 872 cm^{-1} e 712 cm^{-1} e secondariamente di silicati con banda caratteristica a 1031 cm^{-1} (Fig. 5.62).

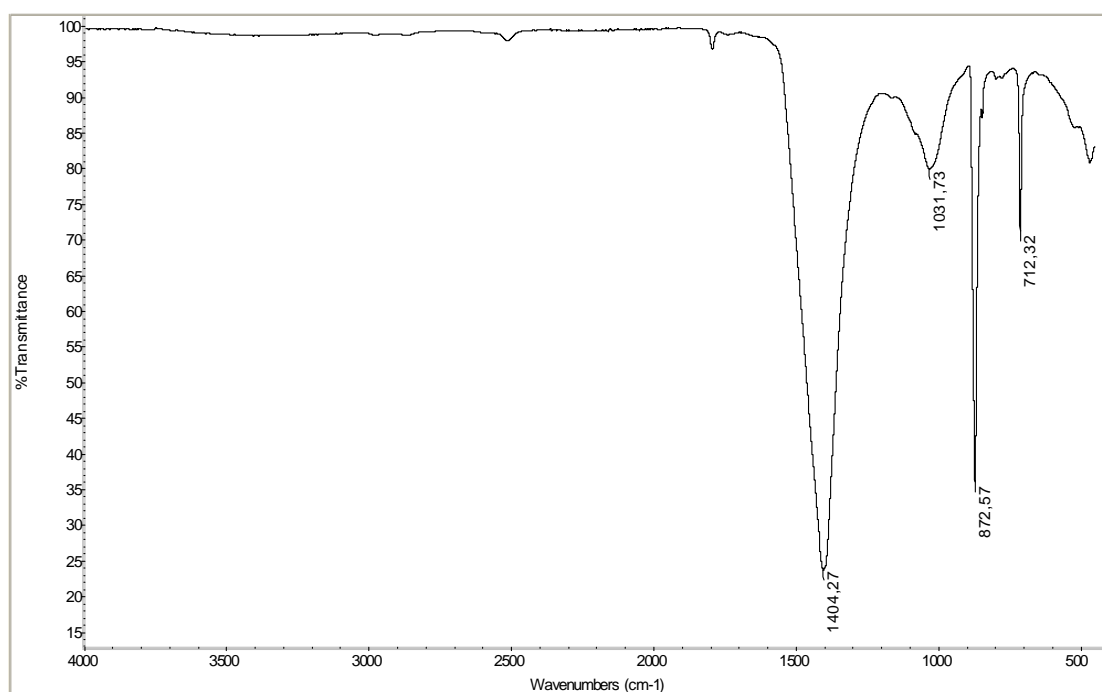


Fig. 5.62 Spettro Ir del campione SIR9.

Nello spettro Ir del campione SIR9 è possibile riconoscere la calcite con banda caratteristica a 1406 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1082 cm^{-1} (Fig. 5.63).

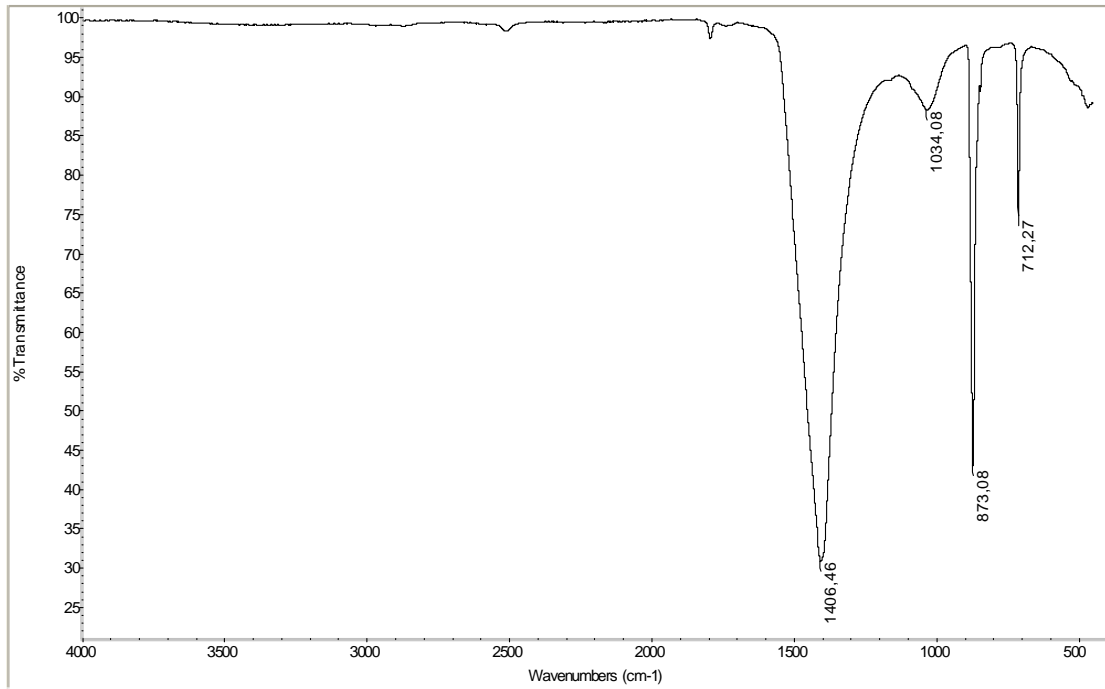


Fig. 5.63 Spettro Ir del campione SIR10.

Nello spettro Ir del campione SIR11 si distingue la calcite con banda caratteristica a 1412 cm^{-1} , 873 cm^{-1} e 712 cm^{-1} ed i silicati con banda caratteristica a 1033 cm^{-1} (Fig. 5.64).

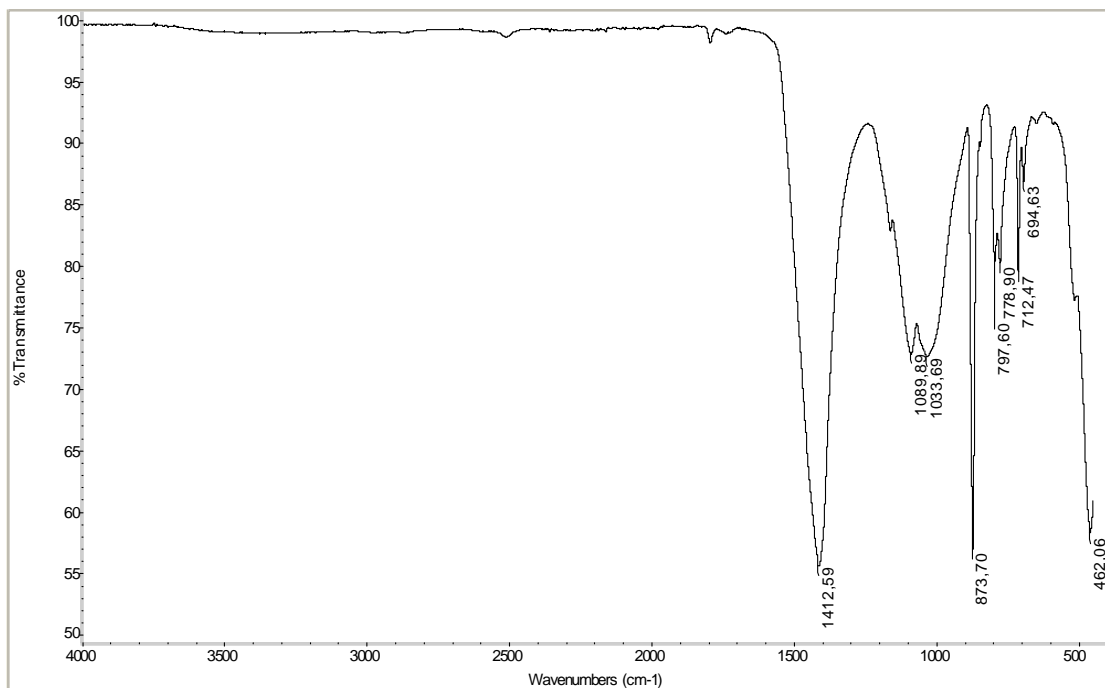


Fig. 5.64 Spettro Ir del campione SIR11.

5.1.9 Risultati delle analisi colorimetriche

Le analisi colorimetriche sono state eseguite con uno Spettrofotometro Konica Minolta 2600-M, in dotazione presso il Dipartimento di Scienze della Terra. L'analisi è stata eseguita sulle pasticche preparate per l'analisi XRF, prima di essere analizzate con la fluorescenza a raggi X.

Campione	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	360nm	370nm	380nm	390nm	400nm	410nm	420nm	430nm	440nm	450nm	460nm	470nm
fms	66.17	1.8	13.65	15.37	16.24	17.49	18.77	19.95	21.1	22.26	23.8	25.45	26.6	27.15	27.65
fm1	85.1	0.67	3.6	56.5	56.75	57.63	58.41	59.14	59.65	60.23	60.96	61.72	62.27	62.71	62.96
fm2	80.59	1.17	4.72	47.22	47.5	48.32	49	49.71	50.35	50.95	51.72	52.35	53.02	53.44	53.89
fm3	79.86	1.29	4.91	45.49	45.8	46.7	47.43	48.21	48.92	49.47	50.22	50.99	51.63	52.01	52.49
fm4	77.51	1.35	5.35	41	41.32	42.2	43.05	43.82	44.57	45.18	46.02	46.74	47.41	47.87	48.32
fm5	74.95	1.71	6.44	34.74	35.19	36.21	37.28	38.31	39.18	39.98	41	41.88	42.66	43.11	43.54
fm6	78.65	1.77	5.82	42.9	43.15	43.95	44.71	45.42	46.04	46.7	47.39	48.11	48.76	49.2	49.67
fm7	87.83	0.66	3.56	61.41	62.02	63.05	63.81	64.51	65.14	65.7	66.37	66.99	67.61	67.97	68.34
fm8	79.92	1.61	5.69	44.02	44.41	45.41	46.29	47.16	47.97	48.63	49.47	50.29	51	51.46	51.88
fm10	84.78	1.04	5.22	52.27	52.64	53.68	54.68	55.69	56.45	57.28	58.23	59.26	60.02	60.47	60.94
fm11	77.36	1.3	5.28	41.85	42.07	42.78	43.39	44.06	44.58	45.22	45.9	46.56	47.2	47.65	48.09
a0	75.67	1.67	12.12	25.46	26.61	27.93	29.01	30.1	31.73	33.79	35.68	37.46	38.95	40.2	41.28
a1	67.11	-0.65	1.35	31.54	31.74	31.57	30.64	29.96	31.05	33.41	34.91	35.66	36.15	36.42	36.64
a2	75.77	2.91	16.8	19.57	20.51	22.15	24.05	25.88	27.6	29.41	31.67	34.1	35.87	36.89	37.63
a3	86.49	1.28	10.08	40.55	41.95	44.19	46.41	48.43	50.24	52.19	54.42	56.68	58.27	59.3	60.12
a4	83.03	1.93	12.37	31.16	32.6	34.98	37.55	39.76	41.77	43.7	46.15	48.53	50.3	51.16	51.85
a5	79.02	3.58	17.28	21.75	23	25.02	27.09	29.15	31.06	32.98	35.4	38.11	39.93	40.99	41.7
a6	81.08	0.85	9.25	33.83	35.54	37.78	39.9	41.69	43.25	44.78	46.6	48.47	49.93	50.64	51.21
a7	78.31	-0.31	4.26	38.75	40.5	42.49	44.13	45.34	46.22	47.03	47.97	48.98	49.78	50.33	50.83
a8	80.56	2.43	13.75	28.55	29.67	31.55	33.48	35.38	37.12	38.81	41.03	43.36	45.1	46.04	46.65
a9	75.77	0.48	9.45	28.72	29.93	31.56	33.05	34.52	35.76	37.03	38.62	40.26	41.48	42.21	42.8
a10	70.41	1.47	8.72	25.13	25.92	27.13	28.34	29.41	30.4	31.4	32.55	33.77	34.76	35.29	35.79
a11	69.98	1.44	13.22	18.59	19.57	21.03	22.47	23.84	25.06	26.32	28.04	29.85	31.24	31.87	32.41
c0	76.28	1.74	5.57	41.03	41.11	41.62	42.04	42.48	43.01	43.46	44.09	44.61	45.17	45.64	46.14
c1	76.15	1.62	5.85	39.85	40.05	40.63	41.1	41.65	42.25	42.84	43.47	44.14	44.73	45.25	45.77
c2	80.43	1.56	5.36	46.83	47.01	47.74	48.31	48.89	49.5	50.05	50.73	51.49	52.08	52.53	53.02
c3	77.82	1.88	5.86	41.79	42.12	42.87	43.49	44.14	44.76	45.35	46.07	46.73	47.37	47.82	48.31
c4	84.87	0.97	3.57	58.32	58.4	58.96	59.24	59.57	59.96	60.32	60.8	61.28	61.79	62.11	62.52
c5	87.46	0.77	5	55.15	56.05	57.61	59.06	60.29	61.25	62.22	63.39	64.53	65.43	65.88	66.32
c6	76.31	1.6	5.76	39.09	39.54	40.4	41.11	41.79	42.52	43.05	43.78	44.5	45.17	45.6	46.1
c7	71.1	2.61	8.11	31.57	31.68	32.14	32.46	32.85	33.37	33.85	34.47	35.03	35.63	36.29	36.86
c8	79.45	0.24	1.25	51.04	51.37	52.05	52.51	52.96	53.31	53.72	54.02	54.36	54.66	54.63	54.77
c9	65.14	2.11	6.91	25.73	25.88	26.29	26.58	26.98	27.44	27.8	28.33	28.77	29.32	29.77	30.22
c10	65.61	1.75	5.98	27.59	27.64	27.9	28.1	28.47	28.81	29.16	29.61	30	30.49	30.86	31.28
c11	73.05	0.65	3.5	38.36	38.65	39.21	39.72	40.15	40.53	40.93	41.36	41.78	42.19	42.52	42.84
ca1	77.77	0.25	0.8	51.52	51.29	51.48	51.51	51.59	51.57	51.7	51.82	51.94	52.12	52.07	52.15
ca2	83.44	-0.14	5.38	44.29	45.69	47.37	48.96	50.49	52.07	53.57	54.97	56.28	57.43	58.25	59.03
ca3	85.07	0.14	1.82	60.29	60.42	61.11	61.72	62.13	62.48	62.97	63.48	63.88	64.21	64.35	64.48
ca4	82.46	0.22	0.91	59.02	58.81	59.1	59.31	59.4	59.51	59.65	59.88	60.04	60.22	60.27	60.38
ca5	83.34	0.07	2.73	51.99	52.86	54.06	55.1	56.04	56.91	57.75	58.58	59.38	60.03	60.44	60.75
ca6	84.22	0.14	1.72	57.34	57.66	58.54	59.36	60.04	60.54	61.15	61.79	62.39	62.8	62.93	63.07
ca7	84.25	0.27	3.25	52.58	53.08	54.33	55.57	56.66	57.62	58.6	59.61	60.66	61.27	61.67	61.86
ca8	85.93	0.24	1.41	62.5	62.64	63.33	63.88	64.35	64.7	65.16	65.65	66.04	66.37	66.48	66.71
ca9	78.74	0.33	0.8	53.04	52.83	53.05	53.05	53.14	53.21	53.36	53.46	53.6	53.74	53.76	53.81
ca10	75.85	0.26	1.05	46.93	46.95	47.36	47.57	47.82	47.95	48.11	48.32	48.56	48.75	48.78	48.88
s1	73.05	0.62	13.31	19.5	20.71	22.52	24.35	26.13	27.59	29.19	31.39	33.78	35.29	35.74	35.98
s2	74.43	0.85	11.71	23.99	25.09	26.76	28.53	30.21	31.51	32.86	34.74	36.83	38.12	38.59	38.88
s3	80.01	0.36	10.43	31.07	32.47	34.48	36.51	38.32	39.81	41.46	43.58	45.97	47.43	47.92	48.16
s4	76.3	0.86	15.55	20.97	22.16	23.99	25.94	27.72	29.27	31.02	33.42	36.14	37.94	38.44	38.74
s5	75.05	1.04	16.65	18.98	20.08	21.78	23.58	25.29	26.83	28.52	30.93	33.65	35.45	36	36.29
s6	78.48	0.57	13.66	24.69	26.05	28.05	30.18	32.1	33.74	35.56	38.02	40.77	42.43	42.97	43.3
s7	84.27	0.14	7.35	40.07	41.88	44.29	46.62	48.62	50.27	52	53.98	56.05	57.38	57.89	58.25
s8	78.32	0.51	2.86	45.45	45.9	46.87	47.69	48.41	48.97	49.45	50.08	50.74	51.19	51.29	51.52
s9	80.01	0.39	6.29	38.83	39.89	41.54	43.19	44.65	45.82	47	48.47	50.01	51.04	51.33	51.6
s10	66.35	1.18	13.61	15.2	16.02	17.32	18.73	20.06	21.1	22.32	23.95	25.89	27.06	27.45	27.67

Tabella 5.13 – Analisi colorimetriche eseguite sui campioni delle cave fm: cava di Francavilla Marittima; a: cava di Timpono Arcomano; c: cava di Cerchiara; cava di Cassano; s: cava di Spezzano Albanese.

Campione	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	360nm	370nm	380nm	390nm	400nm	410nm	420nm	430nm	440nm	450nm	460nm	470nm
SIR1	76.41	0.54	9.2	30.36	30.86	30.79	29.44	28.83	31.4	35.83	38.91	40.94	42.72	44.25	45.33
SIR2	79.99	0.31	5.85	38.98	40.4	42.22	43.79	45.22	46.55	47.65	49.01	50.11	51.11	51.76	52.15
SIR3	80.3	1.23	5.1	42.73	43.85	45.45	46.74	47.83	48.86	49.62	50.63	51.45	52.31	52.81	53.11
SIR4	73.6	1.07	6.94	30.28	31.58	33.1	34.24	35.38	36.41	37.36	38.43	39.42	40.26	40.92	41.36
SIR5	81.39	0.86	8.52	38.92	40.02	41.27	41.93	42.53	44.09	46.13	47.89	49.25	50.68	51.88	52.84
SIR6	83.61	0.95	8.67	42.06	43.42	45.08	46.45	47.7	49.07	50.25	51.5	52.76	54.1	55.31	56.22
SIR8	75.27	0.74	6.85	32.46	33.64	35.11	36.31	37.56	38.7	39.69	40.85	41.76	42.66	43.43	43.96
SIR9	73.04	1.45	12.13	21.49	22.52	24.16	25.85	27.55	29.13	30.66	32.41	34.29	35.75	36.67	37.19
SIR10	76.44	1.19	10.57	31.63	32.28	33.27	34.06	34.96	36.03	37.19	38.45	39.61	40.98	42.3	43.4
SIR11	68.05	3.47	16.1	16.37	17.01	18.03	19.09	20.26	21.36	22.48	23.99	25.55	26.96	27.86	28.49

Tabella 5.14 – Analisi colorimetriche eseguite sui campioni del Parco Archeologico di Sibari.

5.1.10 Risultati delle analisi porosimetriche

Le analisi porosimetriche sono state eseguite presso i laboratori del Dipartimento di Scienze delle Terra. Per le analisi è stato utilizzato un porosimetro a mercurio della Micromeretics modello Autopore IV. Le analisi sono state eseguite in triplo per ogni campione prelevato nelle cinque cave. In totale sono state eseguite circa 162 analisi. Nella tabella sottostante è riportato il valore medio per ogni campione.

Campione	Total Pore Area (m ² /g)	Median Pore Diameter (µm)	Median Pore Diameter Area (µm)	Average Pore Diameter (4V/A) (µm)	Bulk Density (g/mL)	Apparent Density skeletal (g/mL)	Porosity (%)	Tortuosity
fms	<1	2.69	<1	<1	2.34	2.66	12.07	15.79
fm1	<1	9.40	<1	<1	2.62	2.73	3.64	6.52
fm2	0.71	8.84	16.97	1.10	2.54	2.91	11.18	7.21
fm3	<1	<1	<1	<1	2.67	2.67	<1	<1
fm4	<1	<1	<1	<1	2.66	2.67	<1	<1
fm5	1.03	3.41	<1	<1	2.32	2.57	9.41	8.21
fm6	<1	10.83	<1	<1	2.63	2.75	4.31	9.44
fm7	<1	<1	<1	<1	2.69	2.68	<1	<1
fm8	<1	2.67	<1	<1	2.63	2.65	1.04	9.82
fm10	<1	<1	<1	<1	2.68	2.70	<1	<1
fm11	<1	<1	<1	<1	2.59	2.63	1.57	9.42
a0	2.66	<1	<1	<1	2.15	2.62	18.12	7.67
a1	4.48	<1	<1	<1	2.41	2.68	10.26	6.25
a2	2.26	2.21	<1	<1	2.10	2.60	19.30	6.57
a3	1.15	1.32	<1	<1	2.45	2.63	6.79	8.25
a4	84.27	<1	<1	<1	2.31	3.50	31.94	18.49
a5	2.27	1.53	<1	<1	1.97	2.60	24.37	11.79
a6	63.06	<1	<1	<1	2.67	3.33	18.47	6.53
a7	1.37	<1	<1	<1	2.58	2.64	2.33	13.51
a8	2.01	<1	<1	<1	2.30	2.63	12.57	11.69
a9	2.13	<1	<1	<1	2.26	2.62	13.64	10.14
a10	2.11	<1	<1	<1	2.48	2.61	5.03	6.74
a11	1.53	<1	<1	<1	2.41	2.59	6.69	6.35
c0	<1	<1	<1	<1	2.63	2.65	<1	<1
c1	<1	<1	<1	<1	2.63	2.64	<1	<1
c2	<1	<1	<1	<1	2.63	2.65	<1	<1
c3	<1	6.63	<1	1.21	2.50	2.89	13.16	9.36
c4	<1	<1	<1	<1	2.93	2.93	<1	<1
c5	<1	<1	<1	<1	2.65	2.66	<1	<1
c6	<1	<1	<1	<1	2.62	2.66	1.33	9.87
c7	<1	16.04	33.94	<1	2.68	2.69	<1	4.17
c8	<1	2.91	<1	<1	2.78	2.82	1.67	10.60
c9	<1	<1	<1	<1	2.64	2.65	<1	<1
c10	<1	<1	<1	<1	2.65	2.63	<1	10.54
c11	<1	<1	<1	<1	2.64	2.64	<1	11.11
ca1	<1	11.98	4.39	7.20	3.95	4.02	1.56	9.23
ca2	<1	<1	<1	<1	2.79	2.84	1.56	6.85
ca3	<1	<1	<1	<1	2.78	2.89	3.81	21.72
ca4	<1	3.24	<1	<1	2.81	2.83	<1	7.34
ca5	<1	<1	<1	<1	2.69	2.83	4.76	5.64
ca6	<1	<1	<1	<1	2.72	2.80	2.64	8.42
ca7	<1	5.54	3.91	6.56	2.33	2.71	1.94	6.97
ca8	<1	<1	<1	1.18	2.68	2.80	4.15	8.35
ca9	<1	<1	<1	<1	2.82	2.83	<1	9.45
ca10	<1	2.73	<1	1.12	2.72	2.79	2.63	11.40
s1	<1	<1	<1	<1	2.64	2.65	<1	9.90
s2	<1	1.50	33.97	<1	2.62	2.69	2.48	7.06
s3	<1	<1	<1	<1	2.67	2.66	<1	7.27
s4	<1	<1	<1	<1	2.68	2.68	<1	10.36
s5	<1	<1	<1	<1	2.73	2.73	<1	6.50
s6	<1	<1	<1	<1	2.71	2.73	<1	11.16
s7	<1	<1	<1	<1	2.66	2.68	<1	7.80
s8	<1	<1	<1	<1	2.00	2.00	<1	10.92
s9	<1	<1	<1	<1	2.69	2.70	<1	9.22
s10	1.59	<1	<1	<1	2.62	2.70	2.76	10.83

Tabella 5.15 –Analisi porosimetriche eseguite sui campioni delle cave (valori medi). fm: cava di Francavilla Marittima; a: cava di Timpone Arcomano; c: cava di Cerchiaro; cava di Cassano; s: cava di Spezzano Albanese.

DISCUSSIONE DEI DATI

6.1 Trattazione geochimica dei dati relativi ai campioni delle cave

La maggior parte dei campioni della cava di Francavilla Marittima mostrano un elevato contenuto di CaO, che mediamente si attesta intorno ad 87%, mentre tutti gli altri elementi sono presenti in concentrazione inferiore all'1%. Un solo campione (fms) è caratterizzato rispetto agli altri, da un elevato contenuto in SiO₂, da un maggiore contenuto di Al₂O₃ e da un più basso contenuto di CaO, mentre il campione contrassegnato con la sigla (fm10) è caratterizzato rispetto agli altri da un contenuto maggiore di MgO (Fig. 6.1).

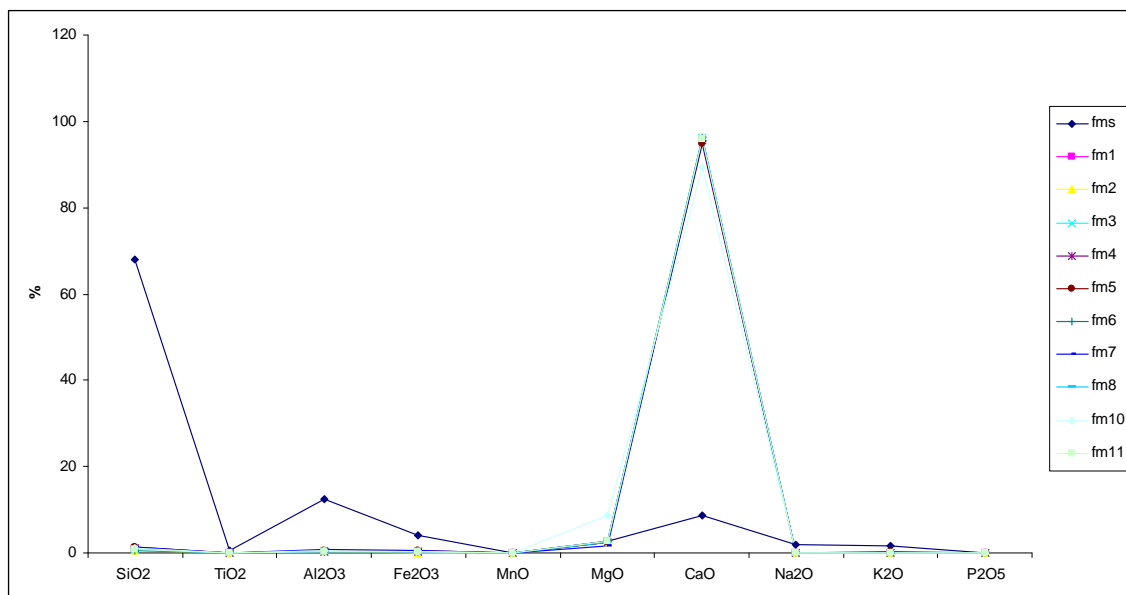


Fig. 6.1 Diagramma spider degli elementi maggiori della cava di Francavilla Marittima.

Per quanto riguarda, invece, gli elementi in tracce tutti i campioni, eccetto quelli contraddistinti con la sigla fms, fm1, fm10, mostrano un elevato contenuto in Sr (variabile da 218 a 8058 ppm) un solo campione è caratterizzato da un significativo contenuto in Ba e Zr (Fig. 6.2).

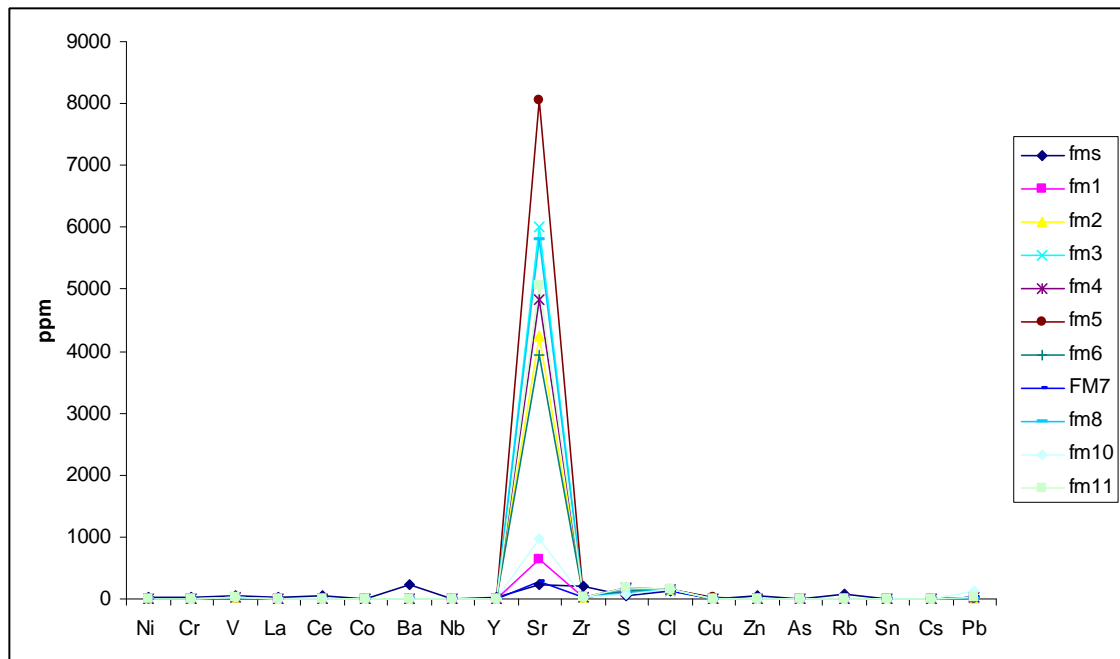


Fig. 6.2 Diagramma spider degli elementi in tracce della cava di Francavilla Marittima.

Tutti i campioni della cava di Timpone Arcomano mostrano un elevato contenuto in CaO e bassi contenuti in SiO_2 , Al_2O_3 e MgO mentre tutti gli altri elementi sono presenti in concentrazioni inferiori all'1% (Fig. 6.3).

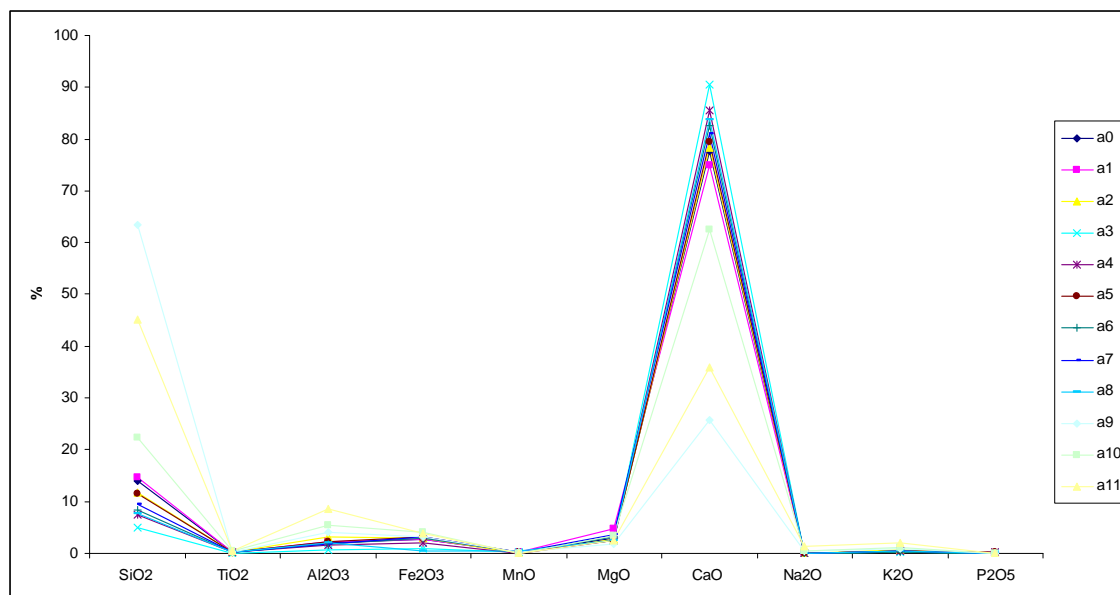


Fig. 6.3 Spider diagram degli elementi maggiori della cava di Timpone Arcomano.

Nello spider diagram degli elementi in tracce dei campioni delle cava di Timpone Arcomano è possibile osservare che tutti i campioni sono caratterizzati da elevati contenuti di Sr (variabile da 274 a 16662 ppm) e da contenuti minori Zr (variabile da 22 a 103 ppm), Zn (variabilità da 40 a 160 ppm) e Ba (variabile da 108 a 620 ppm) (Fig. 6.4).

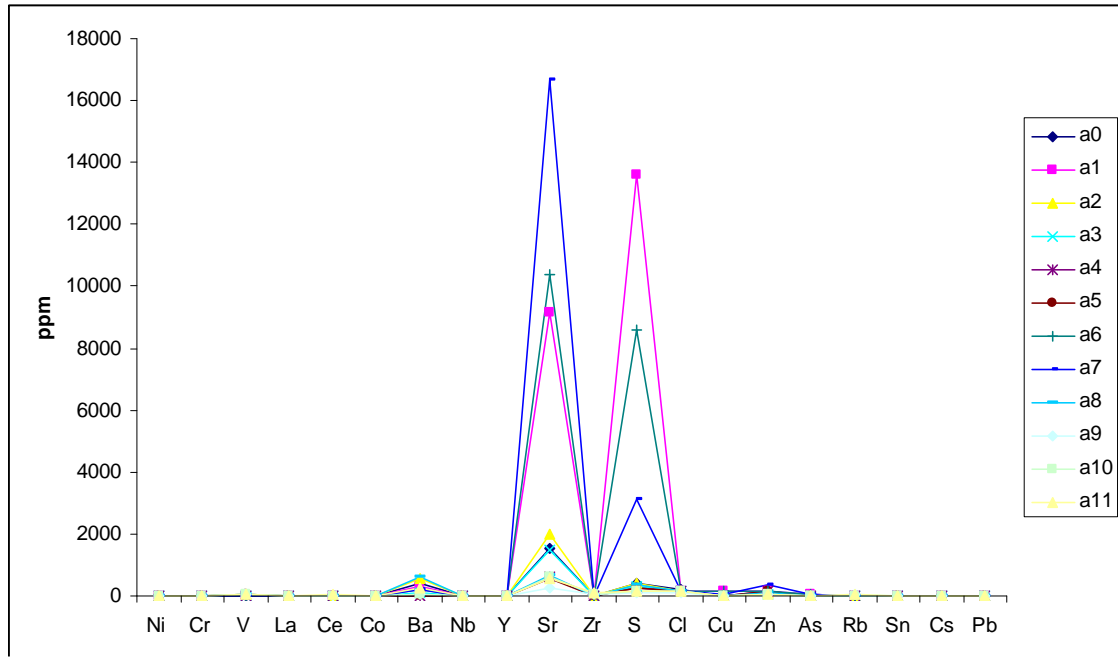


Fig. 6.4 Spider diagram degli elementi in tracce della cava di Timpone Arcomano.

Tutti i campioni della cava di Cerchiara di Calabria mostrano un elevato contenuto in CaO, che mediamente si attesta intorno al 97%, e bassi contenuti in SiO₂ e Al₂O₃, un solo campione (c8) mostra un elevato contenuto di MgO pari a 34.6% (Fig. 6.3)

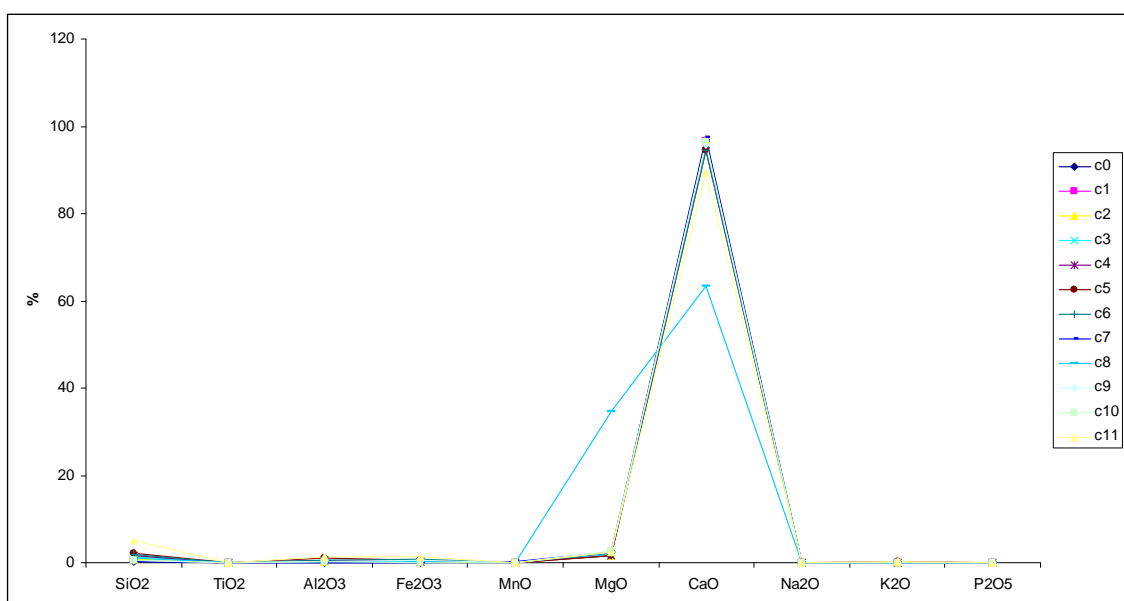


Fig. 6.5 Spider diagram degli elementi maggiori della cava di Cerchiara di Calabria.

I campioni della cava di Cerchiara di Calabria sono caratterizzati da elevati contenuti di Sr (variabile da 223 a 1143 ppm), mentre in minore concentrazione sono presenti S (variabile da 70 a 300 ppm), Cl (con concentrazione media pari a 152 ppm) e V (variabile da 7 a 90 ppm) (Fig. 6.6).

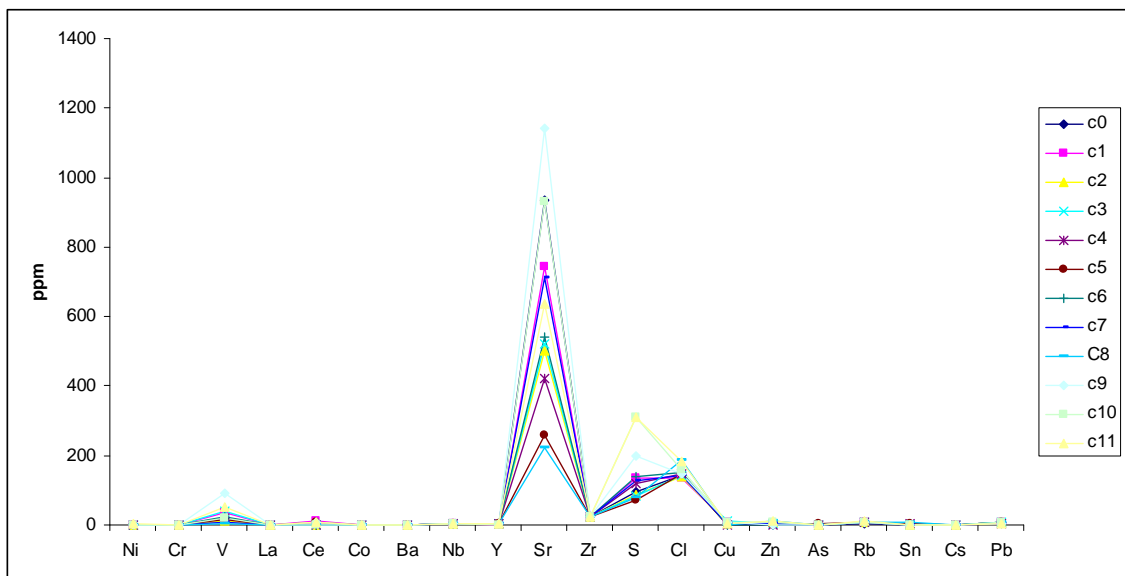


Fig. 6.6 Spider diagram degli elementi in tracce della cava di Cerchiara di Calabria.

I campioni della cava di Cassano mostrano un elevato contenuto in CaO (variabile da 37% a 63%) e MgO (variabile da 22% a 42%) e da bassi contenuti di SiO₂ (compresi tra 22% e 40%) (Fig. 6.7).

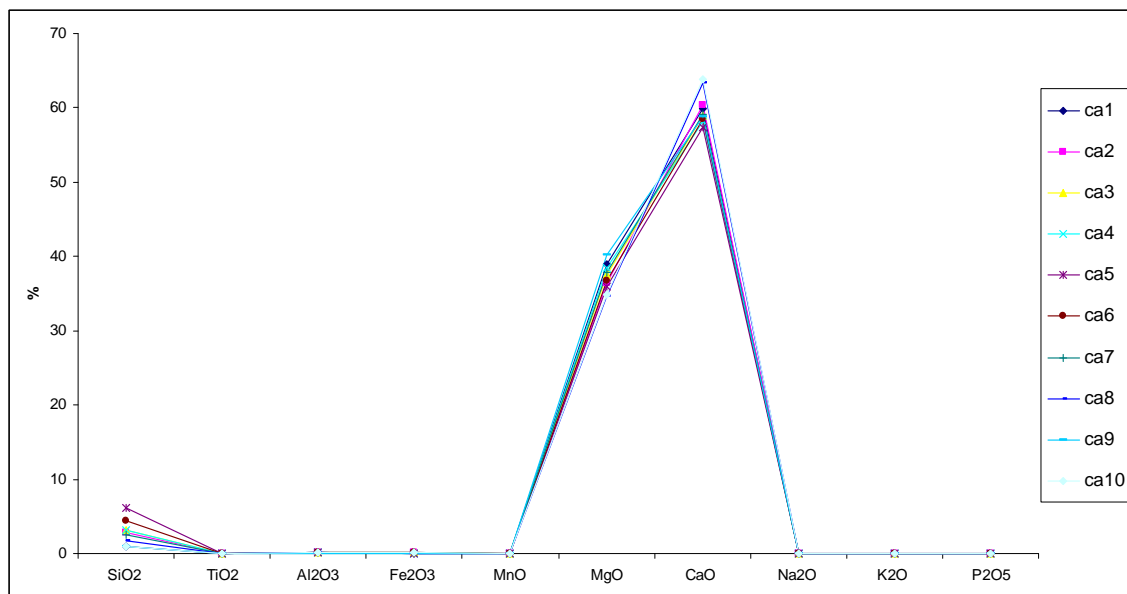


Fig. 6.7 Spider diagram degli elementi maggiori della cava di Cassano.

Lo spider diagram degli elementi in tracce dei campioni della cava di Cassano mostra che cinque campioni su dieci sono caratterizzati da un elevato contenuto di Ba (variabile da 77 a 400 ppm), mentre tutti i campioni sono caratterizzati da elevati contenuti Sr (con valore medio pari a 225 ppm) e Cl (con contenuto medio pari a 174 ppm), in concentrazioni minori è presente il V (con contenuto medio pari a 17 ppm) e lo Zr (con contenuto medio pari a 22 ppm) (Fig. 6.8).

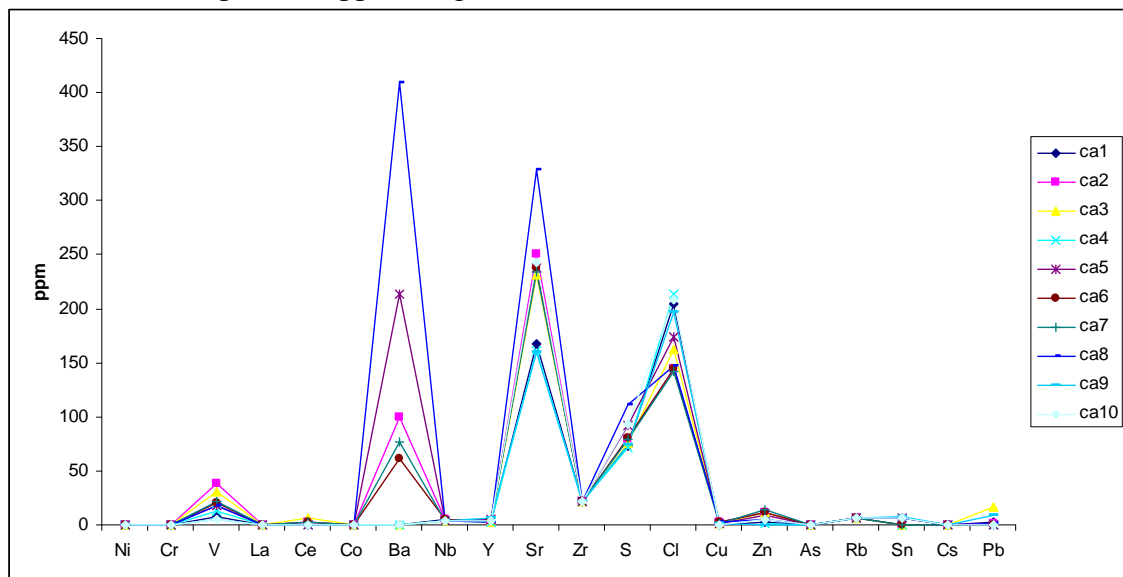


Fig. 6.8 Spider diagram degli elementi in tracce della cava di Cassano.

I campioni della cava di Spezzano Albanese mostrano un elevato contenuto in CaO (variabile da 26% a 70%) ed SiO_2 (con valore minimo pari a 4% e valore massimo pari a 40%), in concentrazione minore è presente Fe_2O_3 (in concentrazioni variabili da 1% a 7%), Al_2O_3 (variabile da 0.70% a 14%) e K_2O (variabile da 0.12 % a 3%) (Fig. 6.9).

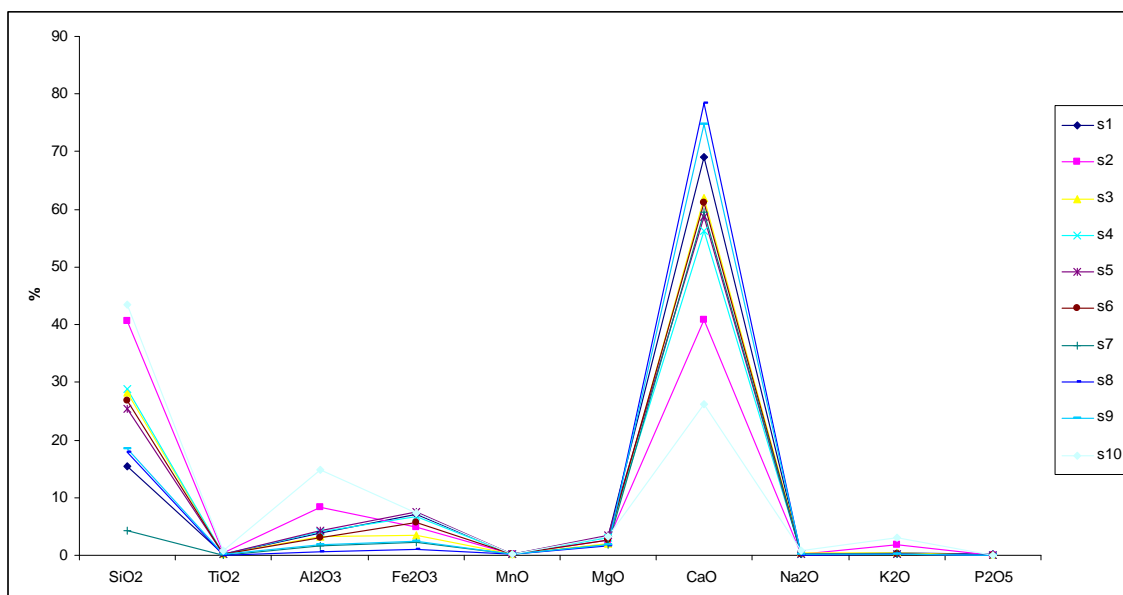


Fig. 6.9 Spider diagram degli elementi maggiori della cava di Spezzano Albanese.

Tutti i campioni della cava di Spezzano Albanese sono caratterizzati da un'abbondanza di Sr (presente in concentrazione variabile da 430 a 1397 ppm) e da minori concentrazioni di Cl (variabile da 80 a 148 ppm), Zn (variabile da 8.39 a 91 ppm) e S (variabile da 57 a 71 ppm). Due campioni (s2-s10) rispetto agli altri, sono caratterizzati dalla presenza di Ba (con valore massimo pari a 190 ppm), Cr (con valore massimo pari a 57 ppm) (Fig. 6.10).

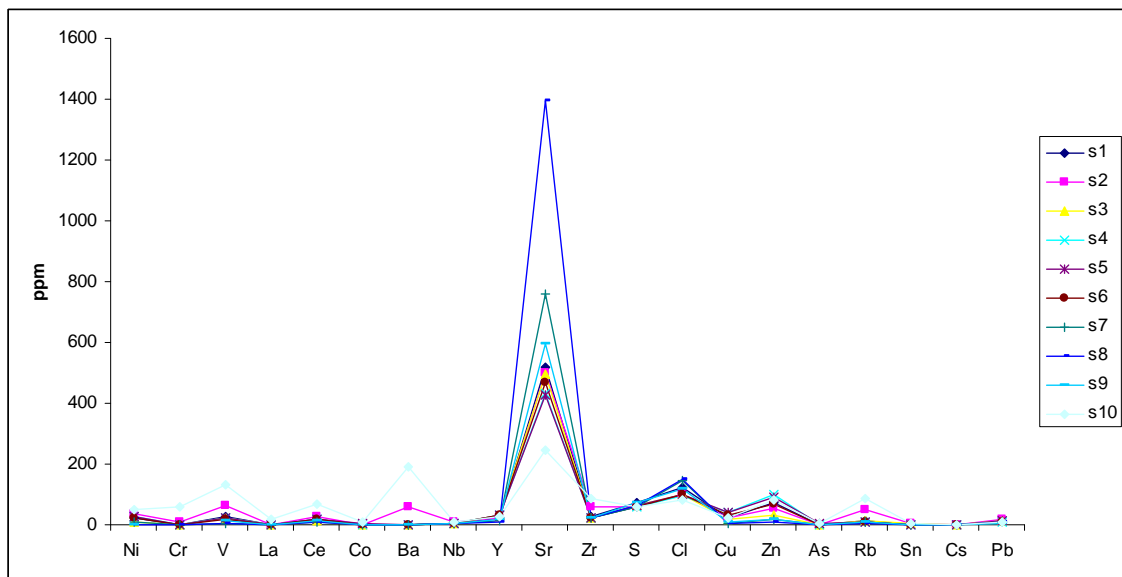


Fig. 6.10 Spider diagram degli elementi in tracce della cava di Spezzano Albanese.

Con i dati chimici ricavati dall'analisi XRF delle rocce provenienti dalle cave oggetto di studio sono stati realizzati, al fine di separare i gruppi di rocce appartenenti alla differenti cave, una serie di diagrammi binari che mettono in relazione tra loro i vari elementi chimici. Le correlazioni binarie hanno consentito di discriminare la sola cava di Cassano e quella di Francavilla Marittima. La discriminazione della cava di Cassano è resa possibile grazie ai bassi tenori in Fe_2O_3 , Al_2O_3 e MnO mentre quella di Francavilla Marittima si discrimina grazie al diagramma Sr vs Zn (Fig. 6.23). In tutti gli altri casi non è stato possibile separare alcuna cava (Fig. 6.12, 6.13, 6.17, 6.18, 6.19, 6.20, 6.21, 6.22, 6.24).

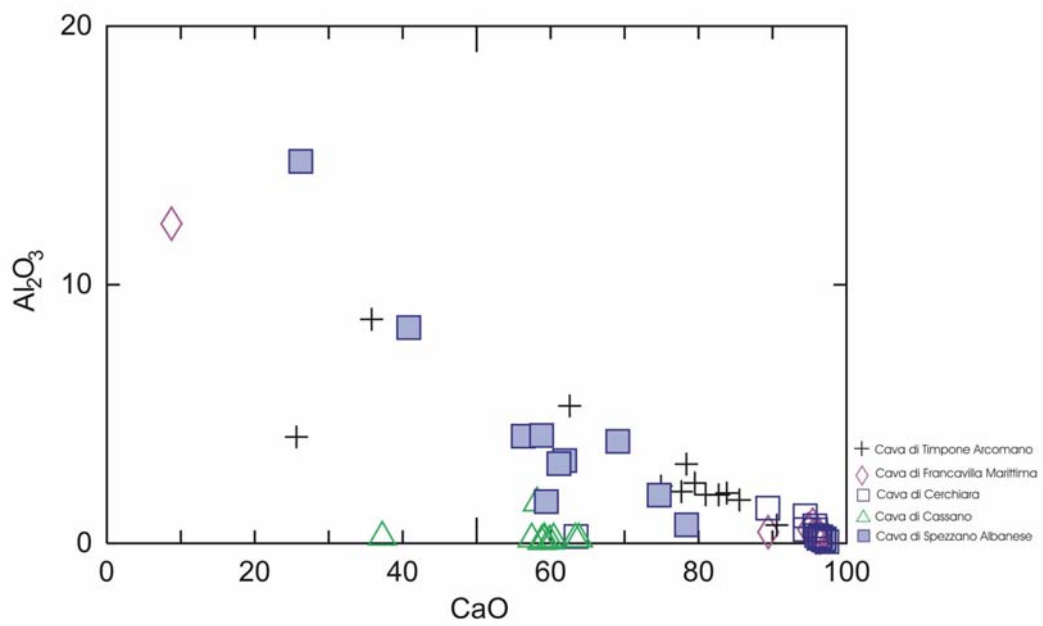


Fig. 6.11 Diagramma binario Al₂O₃ vs CaO dei campioni delle cave.

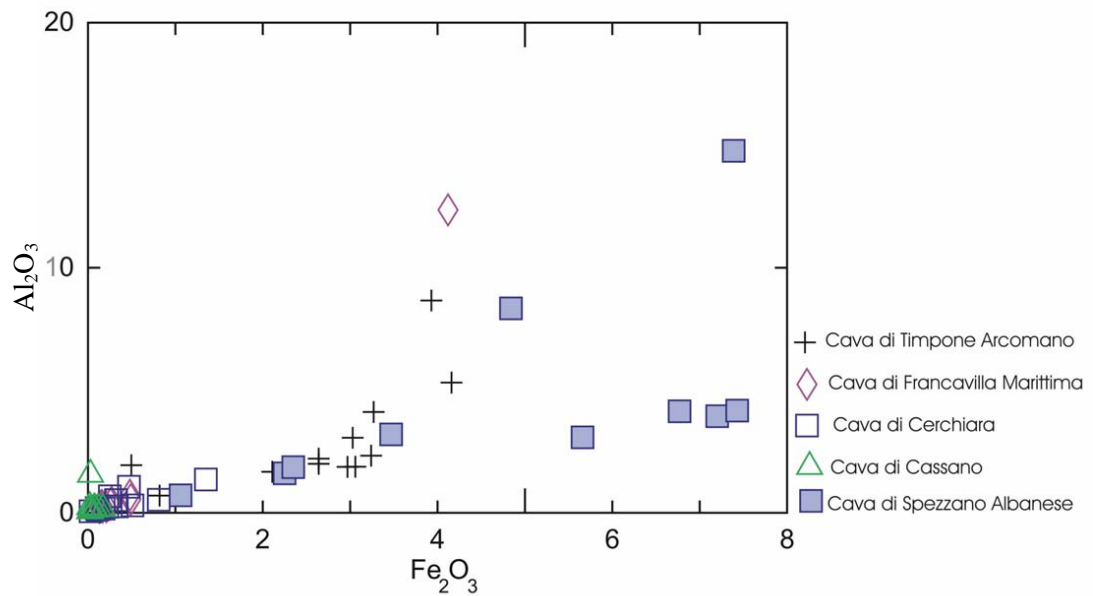


Fig. 6.12 Diagramma binario Al₂O₃ vs Fe₂O₃ dei campioni delle cave.

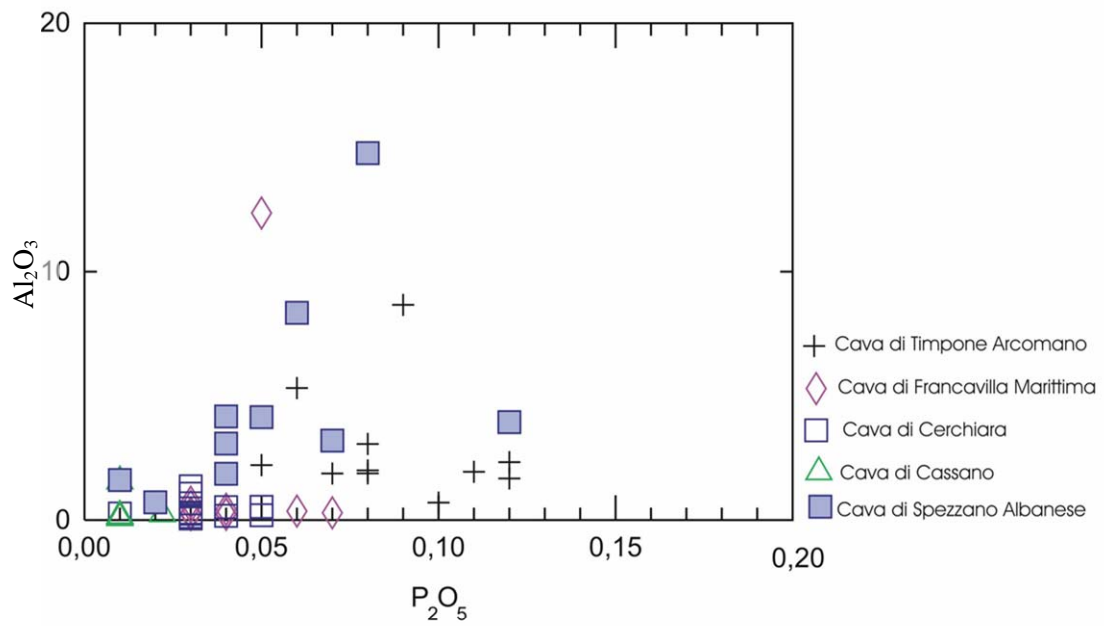


Fig. 6.13 Diagramma binario Al_2O_3 vs P_2O_5 dei campioni delle cave.

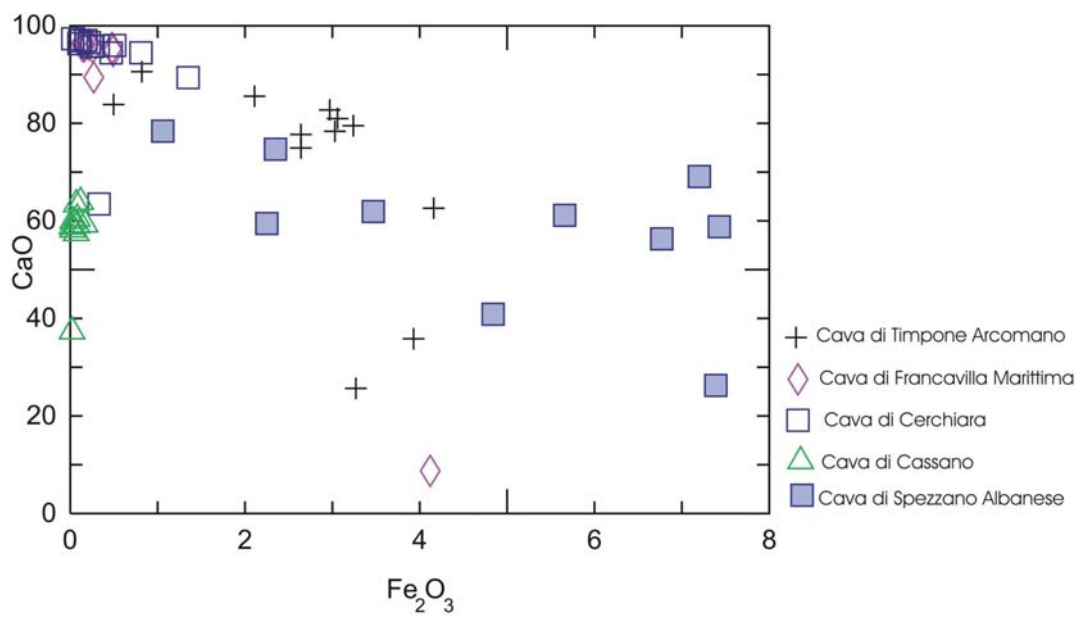


Fig. 6.14 Diagramma binario CaO vs Fe_2O_3 dei campioni delle cave.

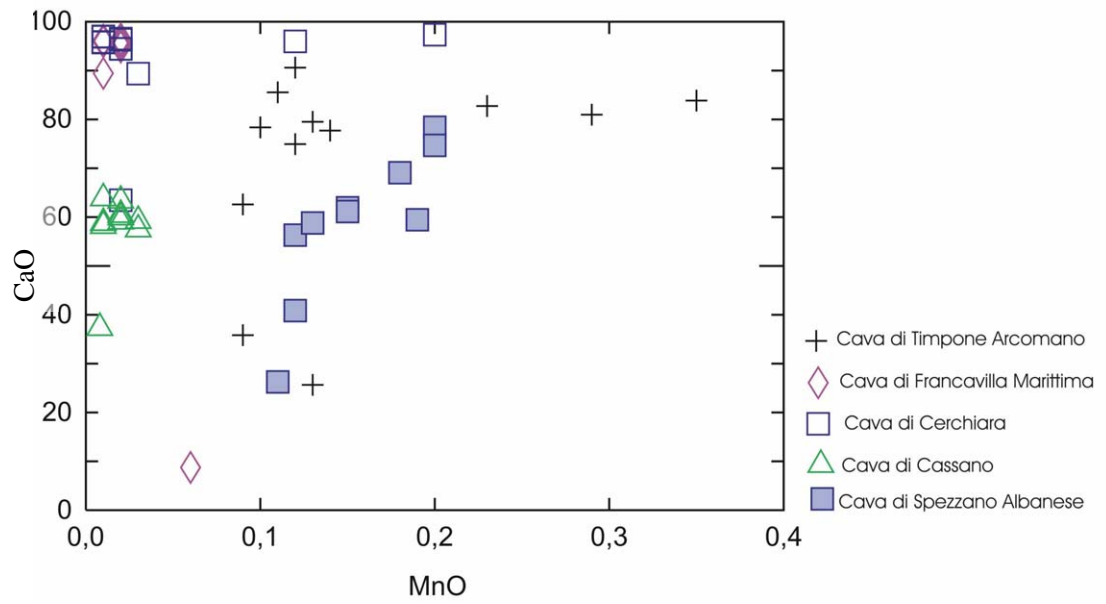


Fig. 6.15 Diagramma binario CaO vs MnO dei campioni delle cave.

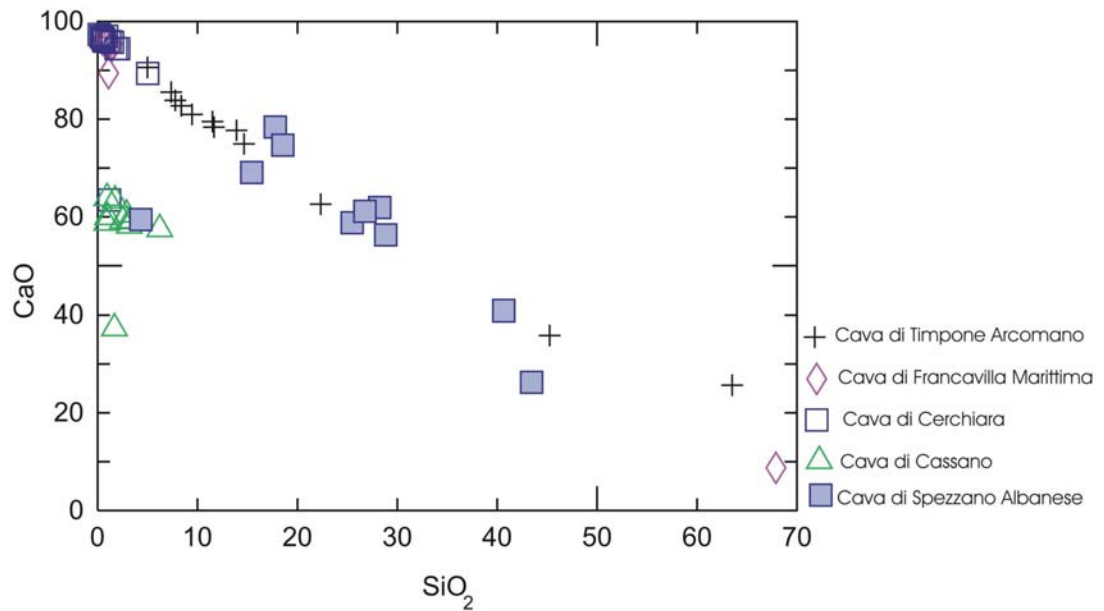


Fig. 6.16 Diagramma binario CaO vs SiO₂ dei campioni delle cave.

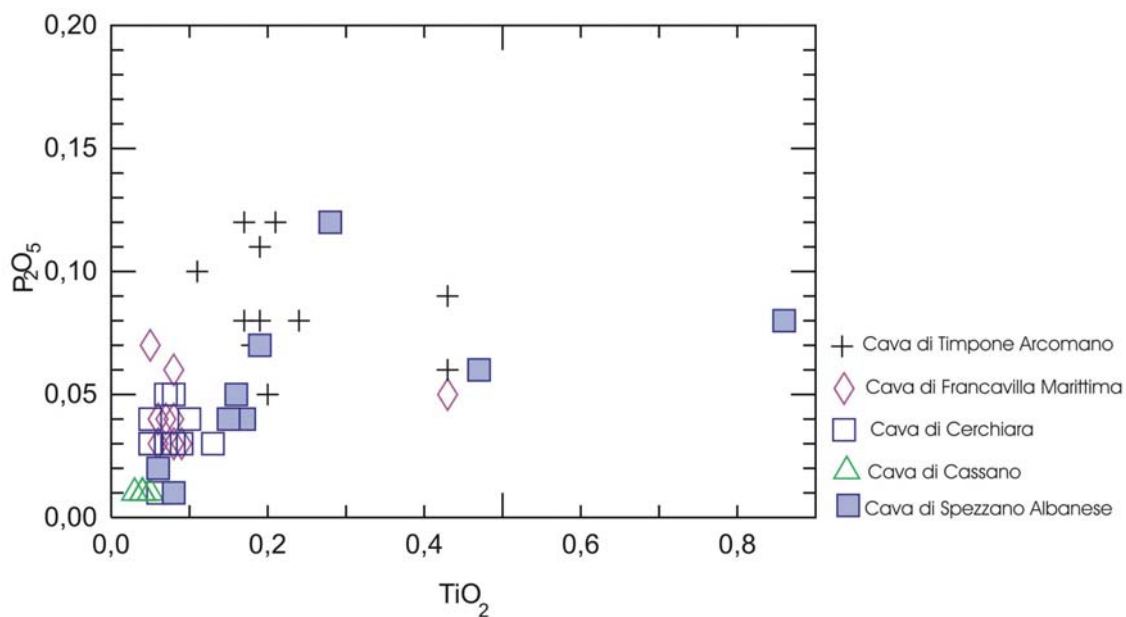


Fig. 6.17 Diagramma binario P₂O₅ vs TiO₂ dei campioni delle cave.

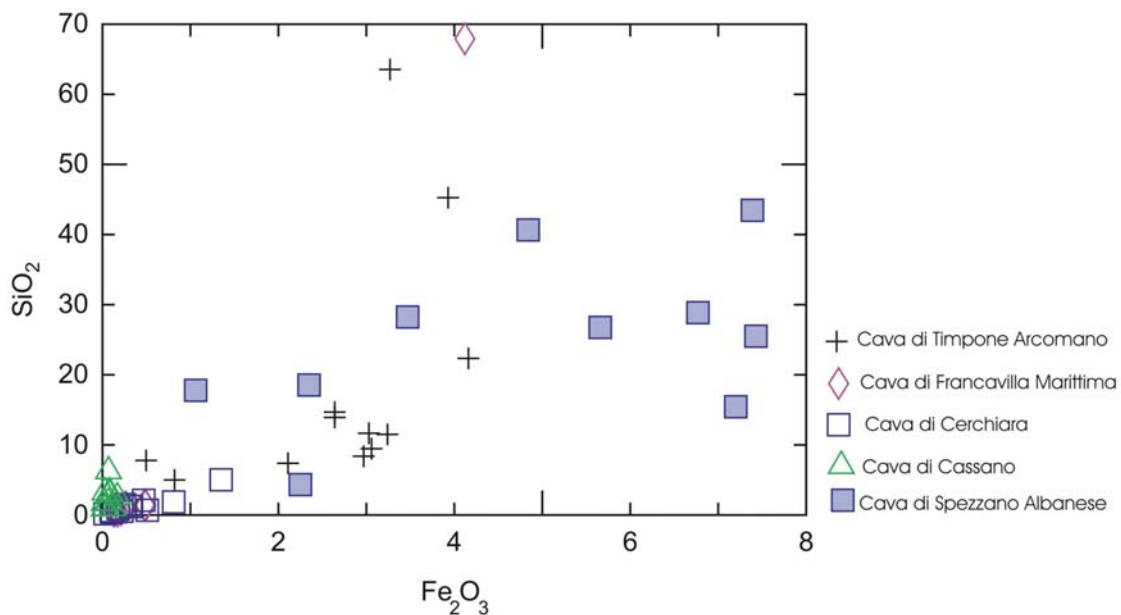


Fig. 6.18 Diagramma binario SiO₂ vs Fe₂O₃ dei campioni delle cave.

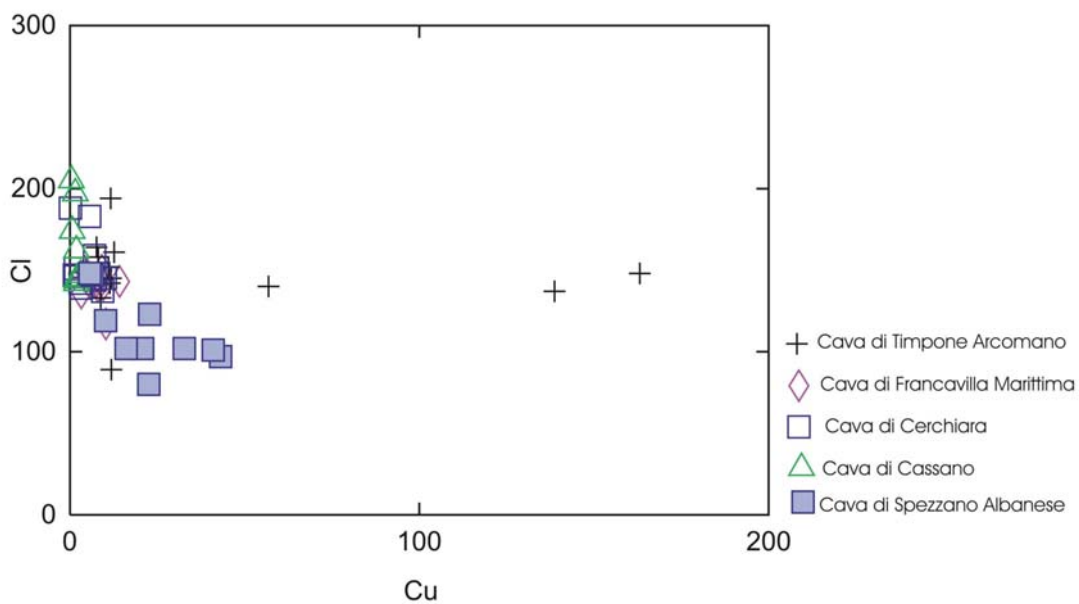


Fig. 6.19 Diagramma binario Cl vs Cu dei campioni delle cave.

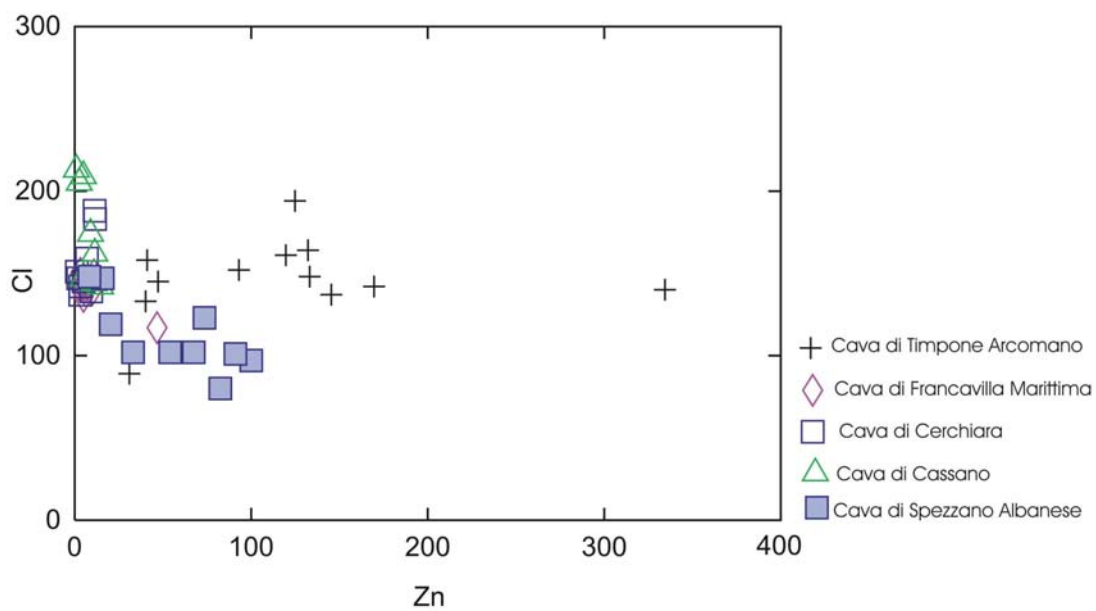


Fig. 6.20 Diagramma binario Cl vs Zn dei campioni delle cave.

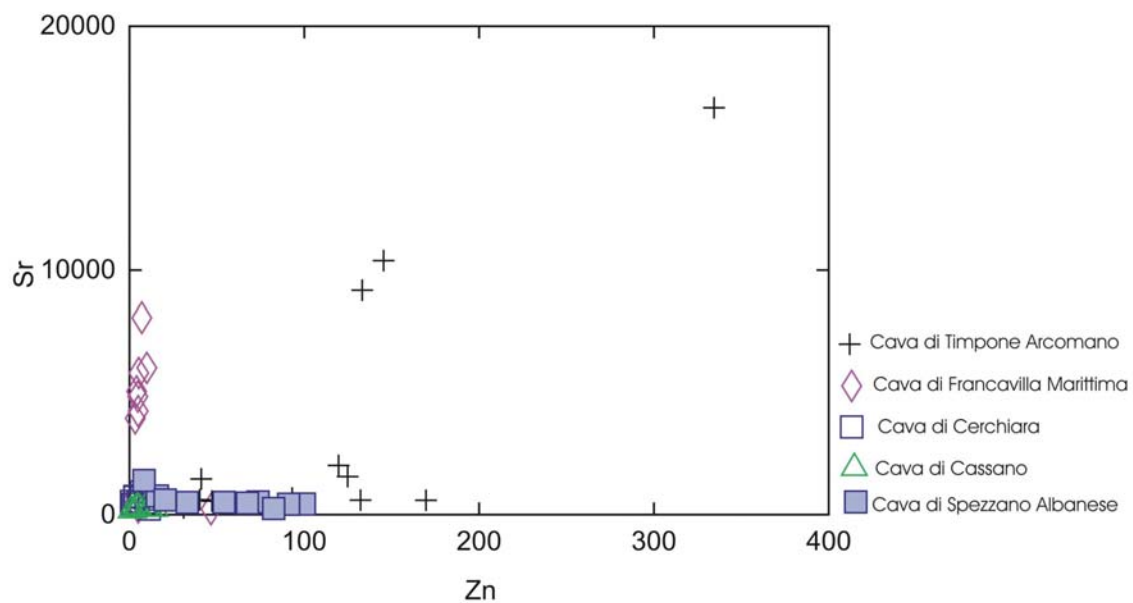


Fig. 6.23 Diagramma binario Sr vs Zn dei campioni delle cave.

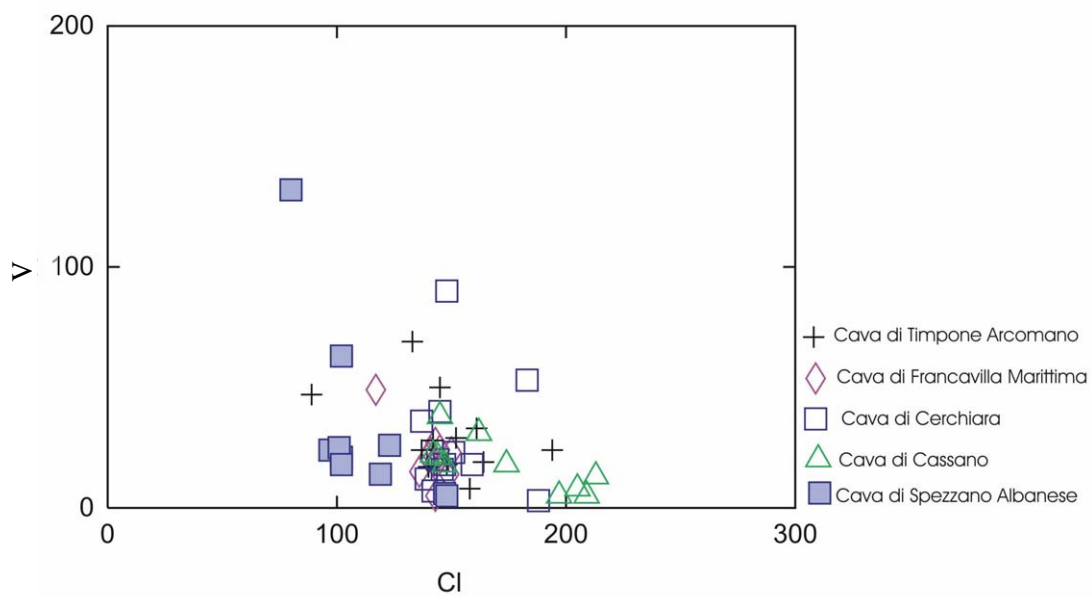


Fig. 6.24 Diagramma binario V vs Cl dei campioni delle cave.

6.2 Trattazione dei dati diffrattometrici

I diagrammi riportati di seguito sono stati ottenuti utilizzando le analisi semiquantitative, ricavate dall'elaborazione degli spettri XRD. I dati sono stati trattati con il software Eva (Bruker).

La maggior parte dei campioni della cava di Francavilla Marittima sono caratterizzati mineralogicamente dalla presenza di calcite, un solo campione (fms) è ricco in quarzo e povero di calcite, inoltre è caratterizzato da un maggiore contenuto di minerali argillosi e di miche. Il campione contrassegnato con la sigla fm10 invece, è rappresentato dalla presenza di dolomite e da un minore contenuto di calcite (Fig. 6.25).

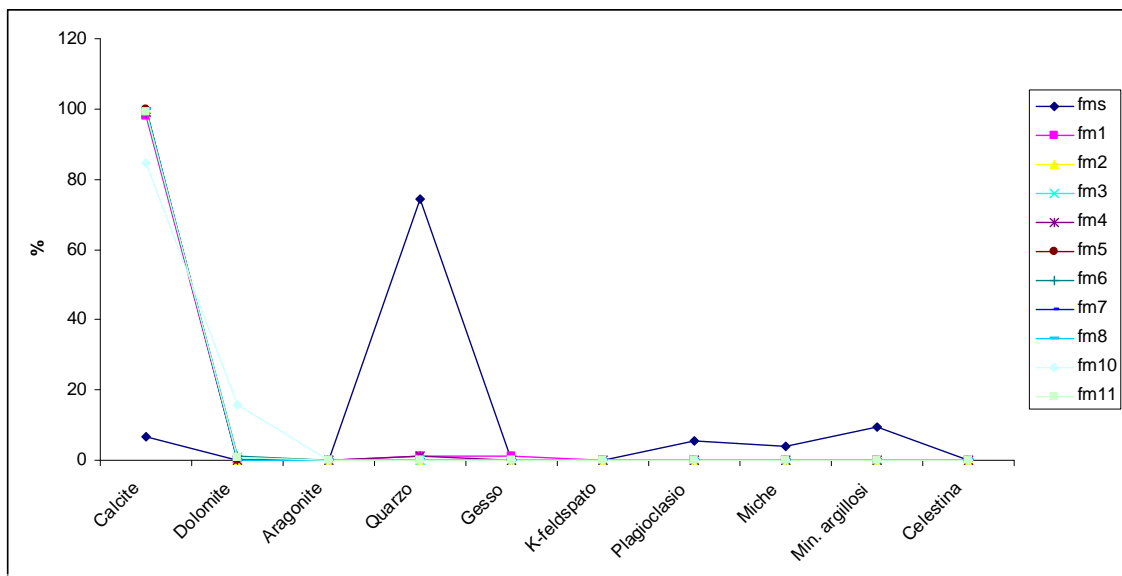


Fig. 6.25 Spider diagram dell'analisi diffrattometrica della cava di Francavilla Marittima.

I campioni delle cava di Timpone Arcomano sono caratterizzati mineralogicamente dall'abbondanza di calcite e secondariamente di quarzo e plagioclasio; un solo campione (a1) presenta elevati contenuti di celestina (Fig. 6.26).

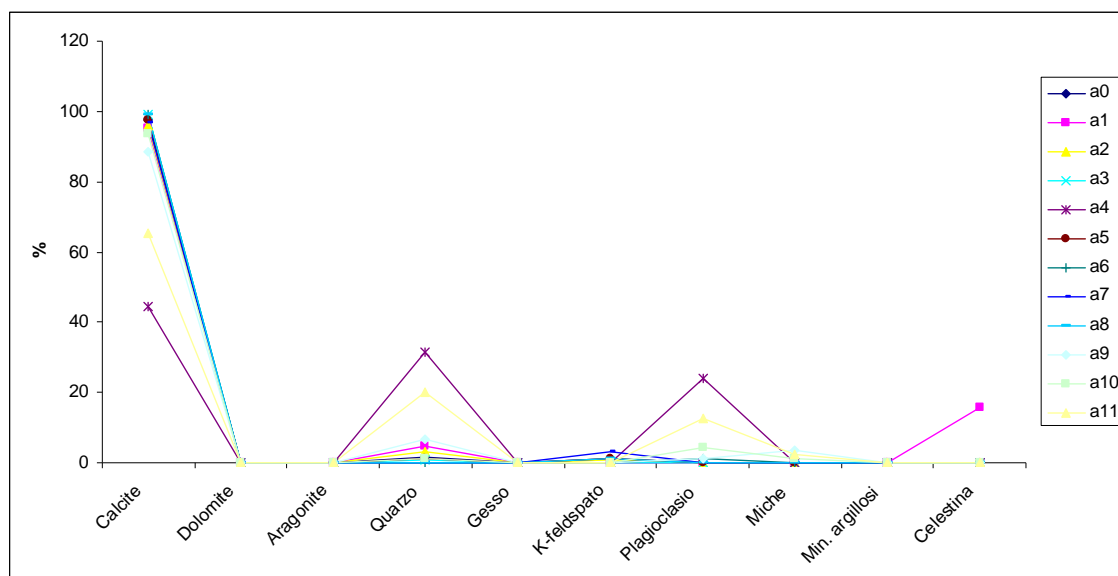


Fig. 6.26 Spider diagram dell'analisi diffrattometrica della cava di Timpone Arcomano.

I campioni della cava di Cerchiera di Calabria sono costituiti quasi esclusivamente da calcite, soltanto il campione c8 presenta un elevato contenuto di dolomite e bassi contenuti di calcite (Fig. 6.27).

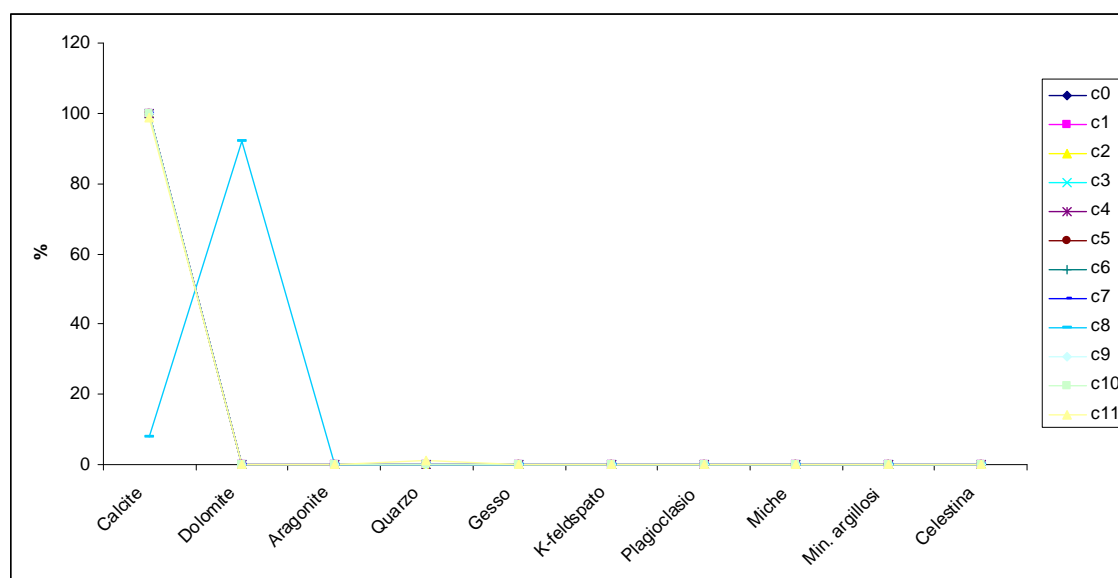


Fig. 6.27 Spider diagram dell'analisi diffrattometrica della cava di Cerchiera di Calabria.

I campioni della cava di Cassano sono costituiti da dolomite e da calcite quest'ultima è presente in piccole quantità (Fig. 6.28).

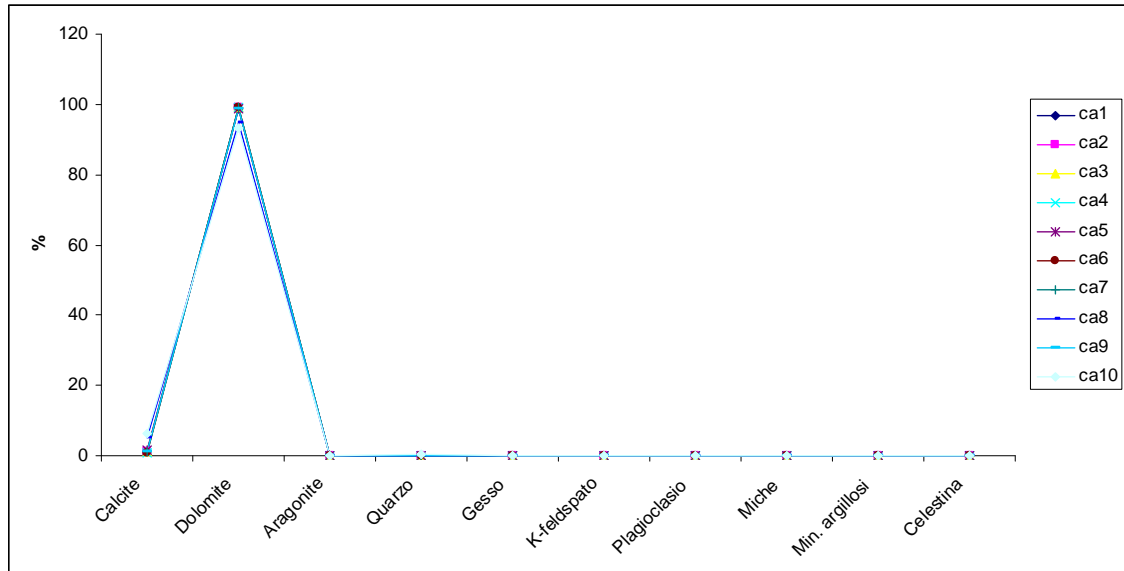


Fig. 6.28 Spider diagram dell'analisi diffrattometrica della cava di Cassano.

I campioni della cava di Spezzano Albanese sono costituiti principalmente da calcite, in minore concentrazione è presente il quarzo ed il plagioclasio, un solo campione è caratterizzato dall'abbondanza di miche (Fig. 6.29).

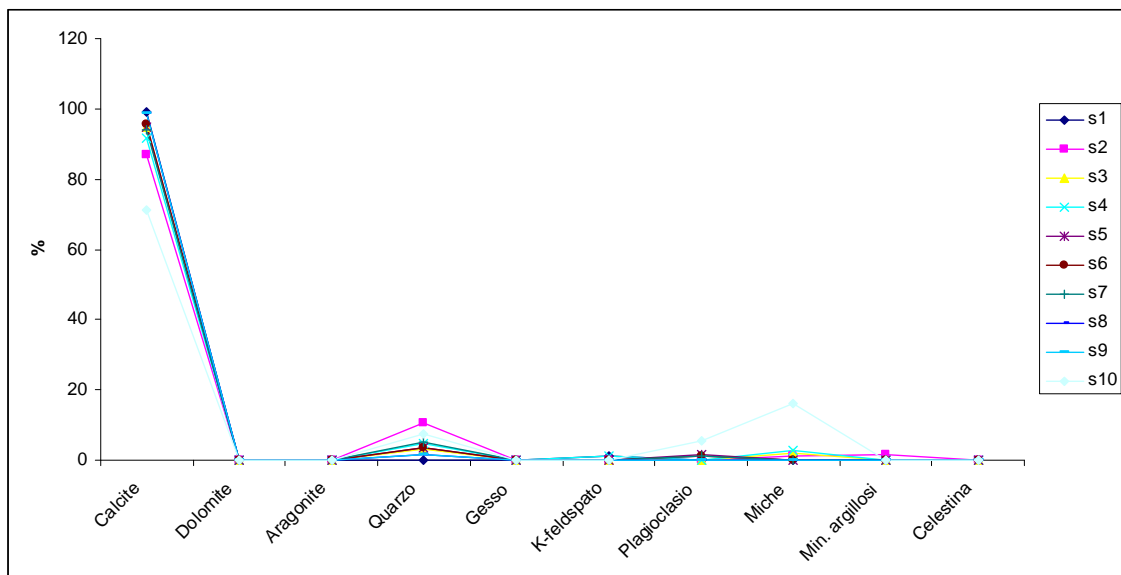


Fig. 6.29 Spider diagram dell'analisi diffrattometrica della cava di Spezzano Albanese.

Calcolando per ogni cava la composizione mineralogica media, è possibile eseguire dei diagrammi a torta riassuntivi. Per la cava di Francavilla Marittima (Fig. 6.30) il minerale più abbondante è la calcite, secondariamente in ordine di abbondanza sono presenti quarzo, dolomite, minerali argillosi e plagioclasio (Fig. 6.30).

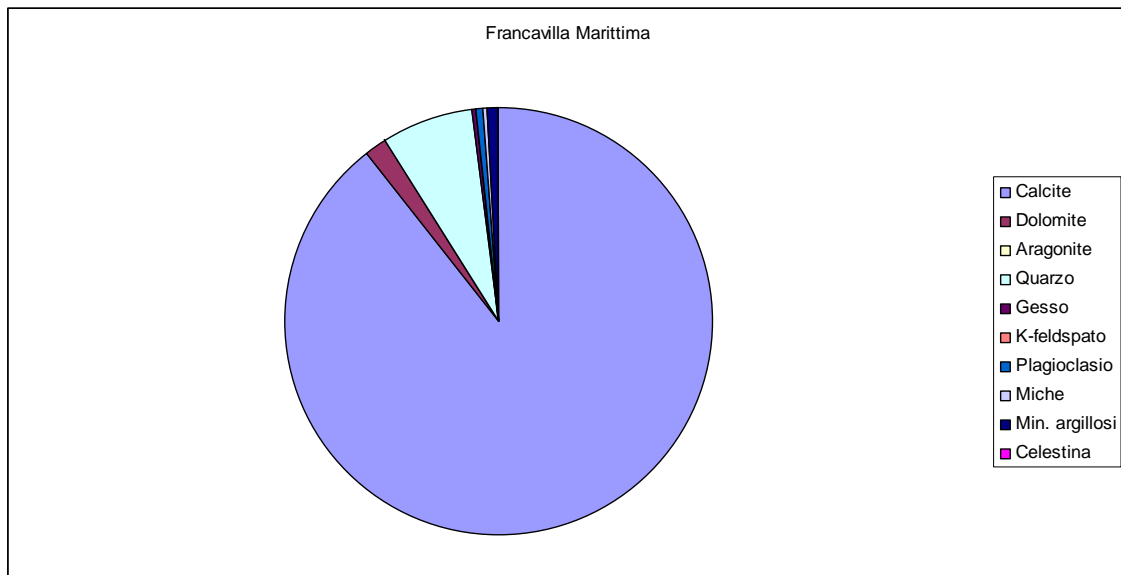


Fig. 6.30 Diagramma a torta dell'analisi diffrattometrica media della cava di Cerchiara di Calabria.

Le rocce della cava di Timpone Arcomano sono caratterizzate dall'abbondanza di calcite; in minore concentrazione è presente quarzo, plagioclasio, celestina, k-feldspato e miche (Fig. 6.31).

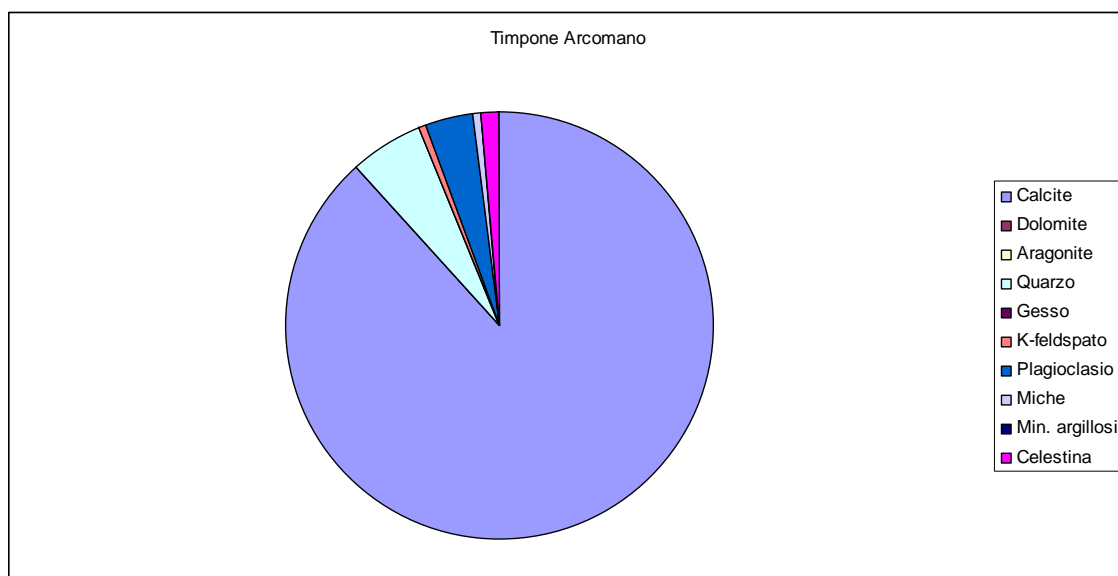


Fig. 6.31 Diagramma a torta dell'analisi diffrattometrica media della cava di Timpone Arcomano.

Le rocce della cava di Cerchiara di Calabria sono caratterizzati esclusivamente dalla presenza di calcite e di dolomite, quest'ultima è presente in minore concentrazione rispetto alla calcite (Fig. 6.32).

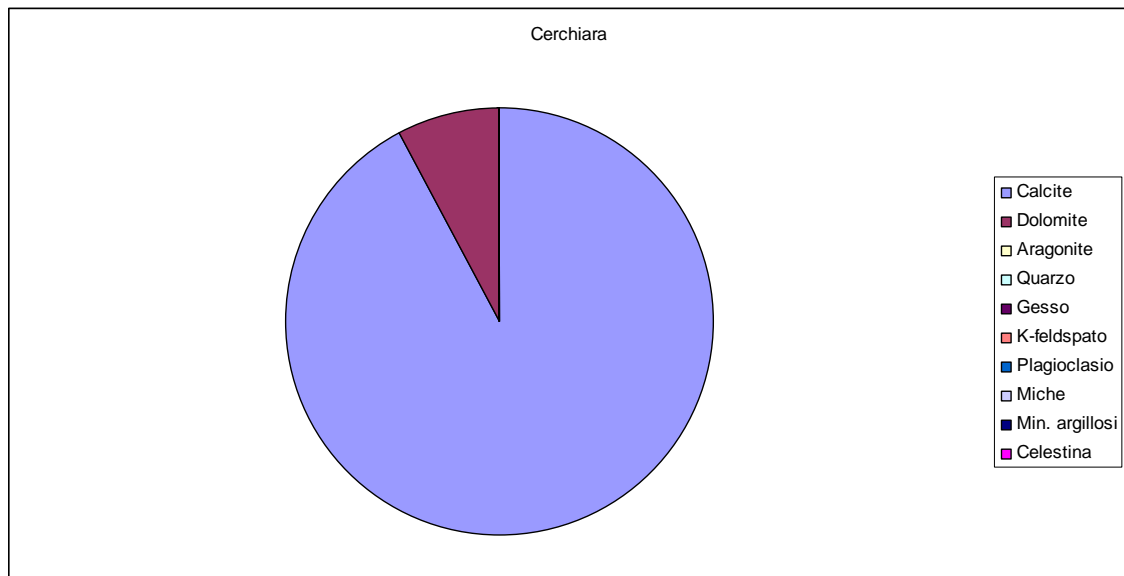


Fig. 6.32 Diagramma a torta dell'analisi diffrattometrica media della cava di Cerchiara.

Le rocce della cava di Cassano allo Ionio sono caratterizzate esclusivamente dalla presenza di dolomite e secondariamente da calcite (Fig. 6.33).

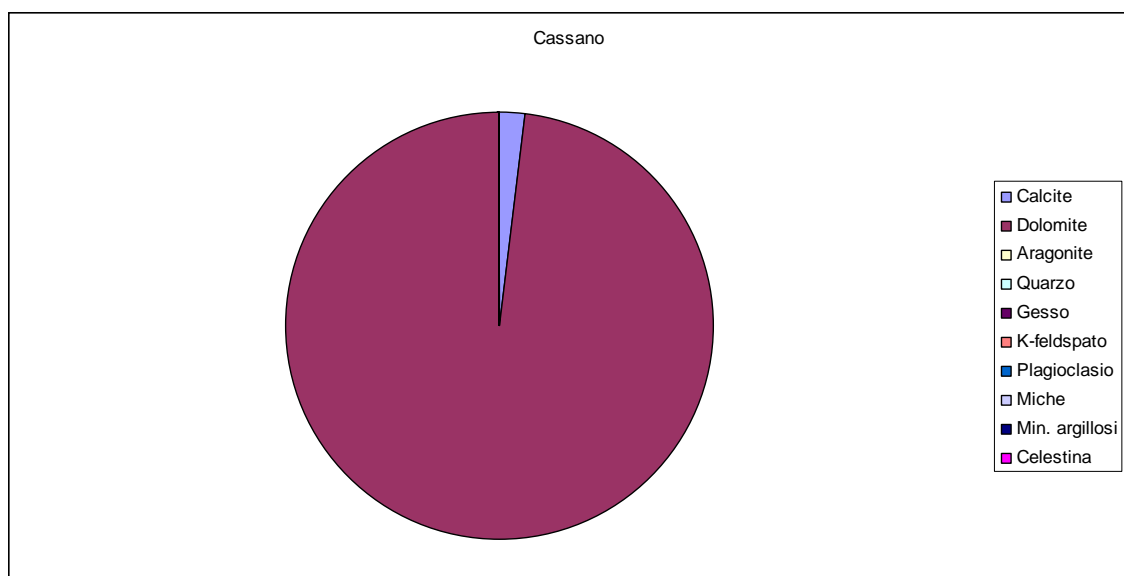


Fig. 6.33 Diagramma a torta dei dati diffrattometrici medi della cava di Cassano.

Infine i campioni della cava di Spezzano Albanese sono caratterizzati dalla presenza dominante di calcite; in minore concentrazioni sono presenti quarzo, miche, plagioclasti e minerali argillosi (Fig. 6.34).

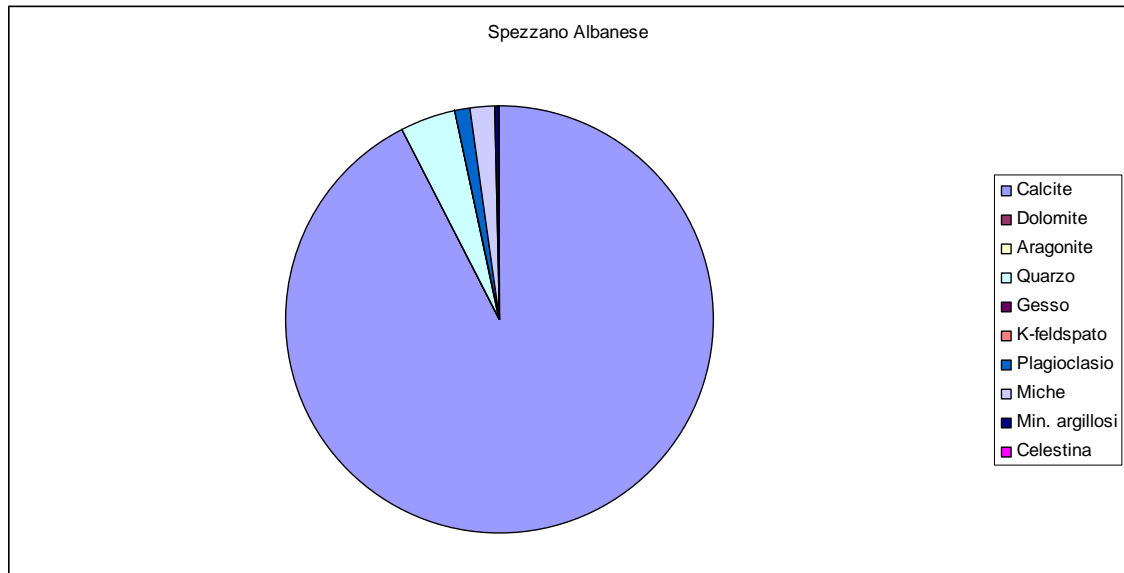


Fig. 6.34 Diagramma a torta dei dati diffrattometrici medi della cava di Spezzano Albanese.

In sintesi, dalla composizione mineralogica media è possibile valutare che per la cava di Francavilla Marittima, Timpone Arcomano, Cerchiara di Calabria e Spezzano Albanese il minerale dominante è la calcite. I campioni della cava di Francavilla Marittima, di Timpone Arcomano e di Spezzano Albanese presentano in concentrazione minore rispetto alla calcite, quarzo, feldspati e minerali argillosi. A differenziarsi notevolmente rispetto alle altre cave è la cava di Cassano, che presenta, un elevato contenuto di dolomite e scarsi contenuti di calcite (Fig. 6.35)

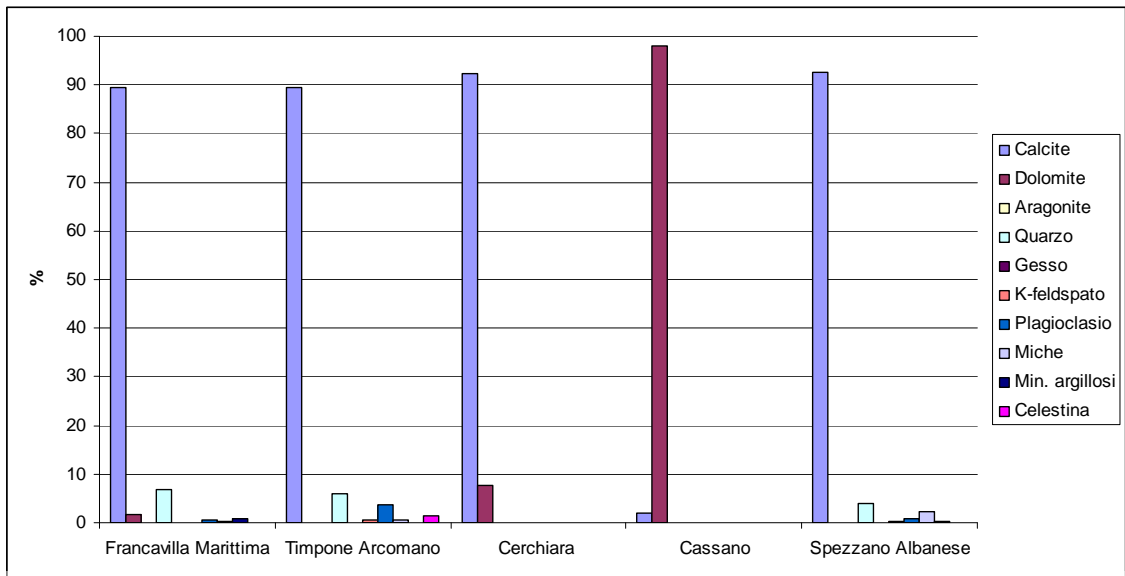


Fig. 6.35 Istogramma della composizione mineralogica media dei campioni delle cave.

6.3 Trattazione dei dati termogravimetrici

Con i risultati dell'analisi termogravimetrica sono stati realizzati alcuni diagrammi binari, per valutare se attraverso tali parametri, è possibile discriminare i campioni appartenenti alle diverse cave.

Come variabili sono state utilizzate le perdite in peso registrate tra 20 e 110 °C, tra 110° e 250 °C, tra 250° e 555 °C, tra 555 e 950 °C e la perdita in peso totale registrata tra 20 e 950 °C. Dai diagrammi di seguito riportati si evince che non è possibile, utilizzando la sola le perdita in peso registrata alla varie temperature, separare tutte le cave. Può essere discriminata la sola cava di Cassano, che presenta la maggior perdita in peso totale a causa del suo elevato contenuto in dolomite (il più alto tra le cave) (Fig. 6.36, 6.37, 6.38, 6.39, 6.40, 6.41, 6.42, 6.43, 6.44, 6.45).

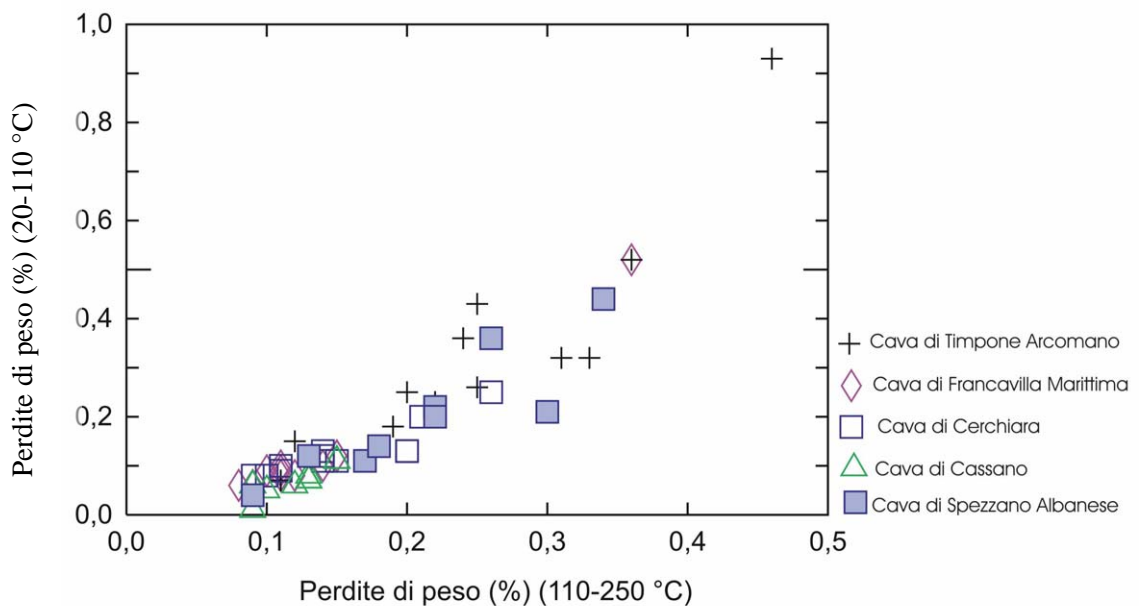


Fig. 6.36 Diagramma binario delle perdite di peso.

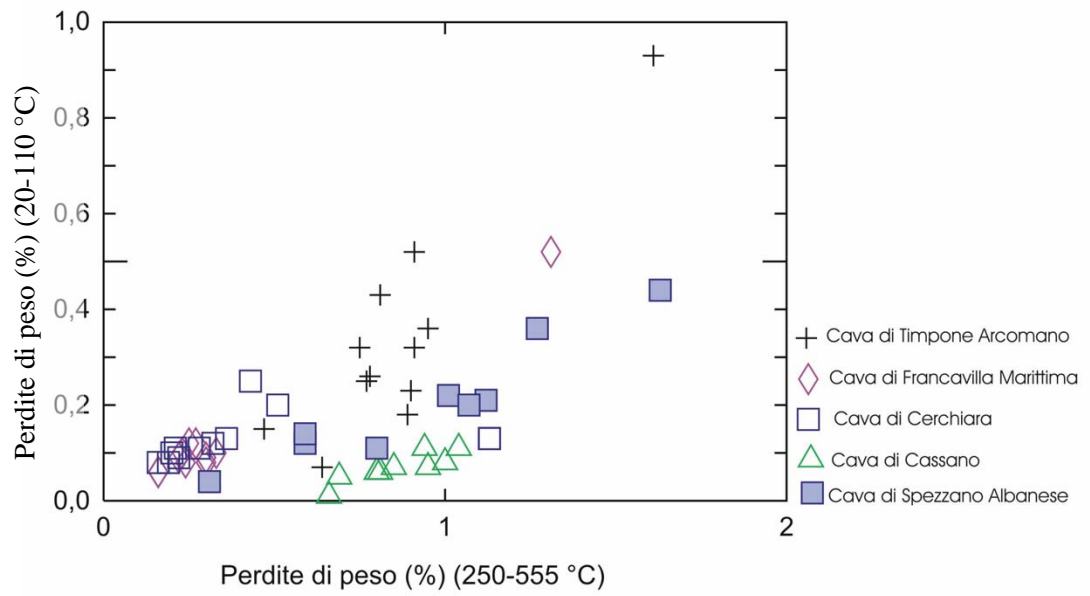


Fig. 6.37 Diagramma binario delle perdite di peso.

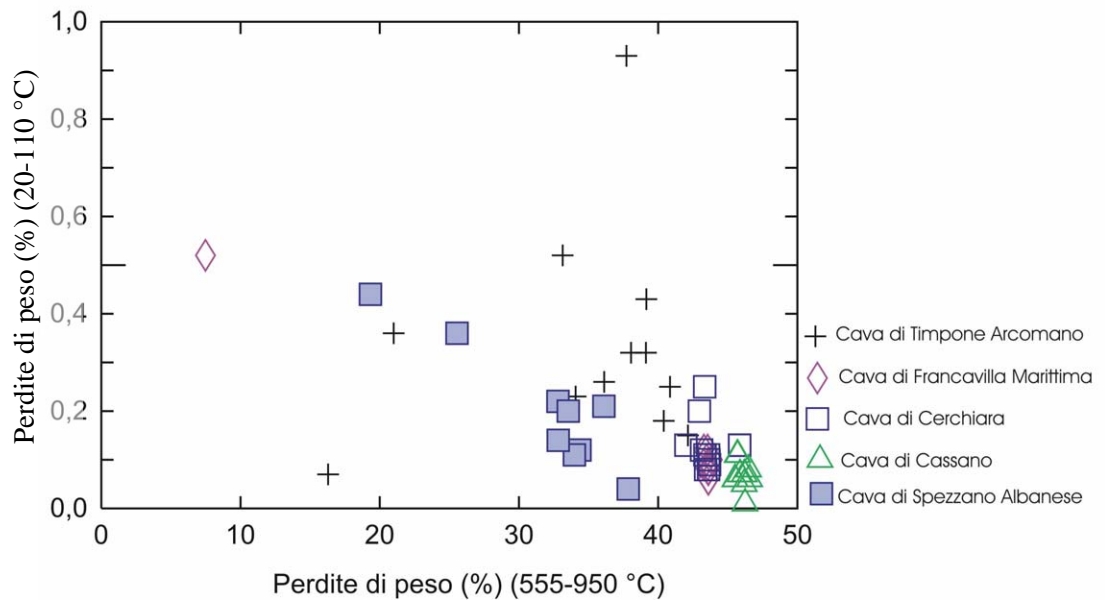


Fig. 6.38 Diagramma binario delle perdite di peso.

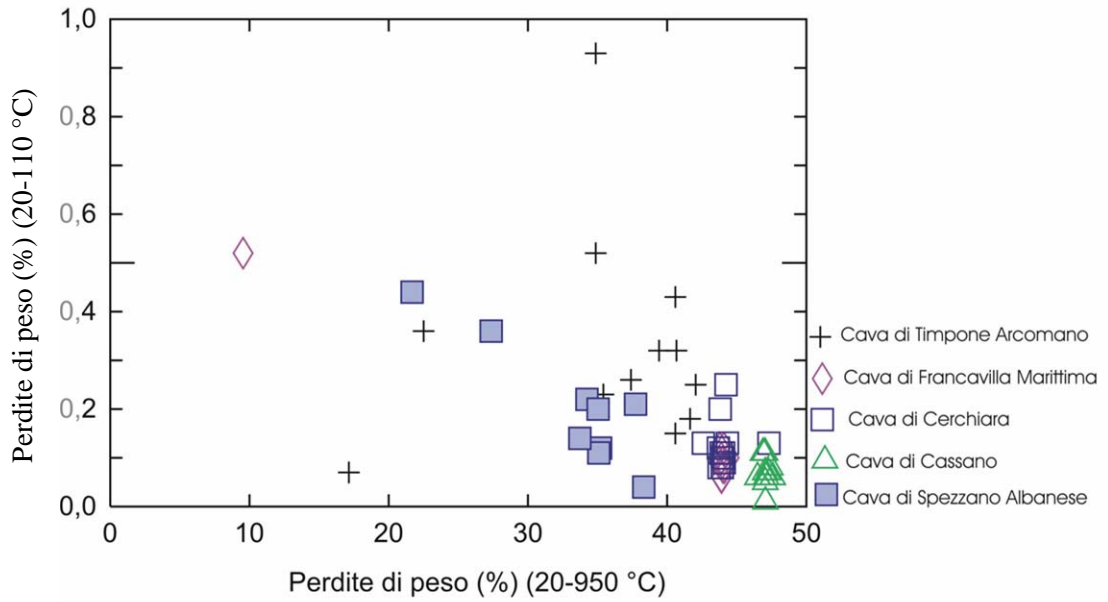


Fig. 6.39 Diagramma binario delle perdite di peso.

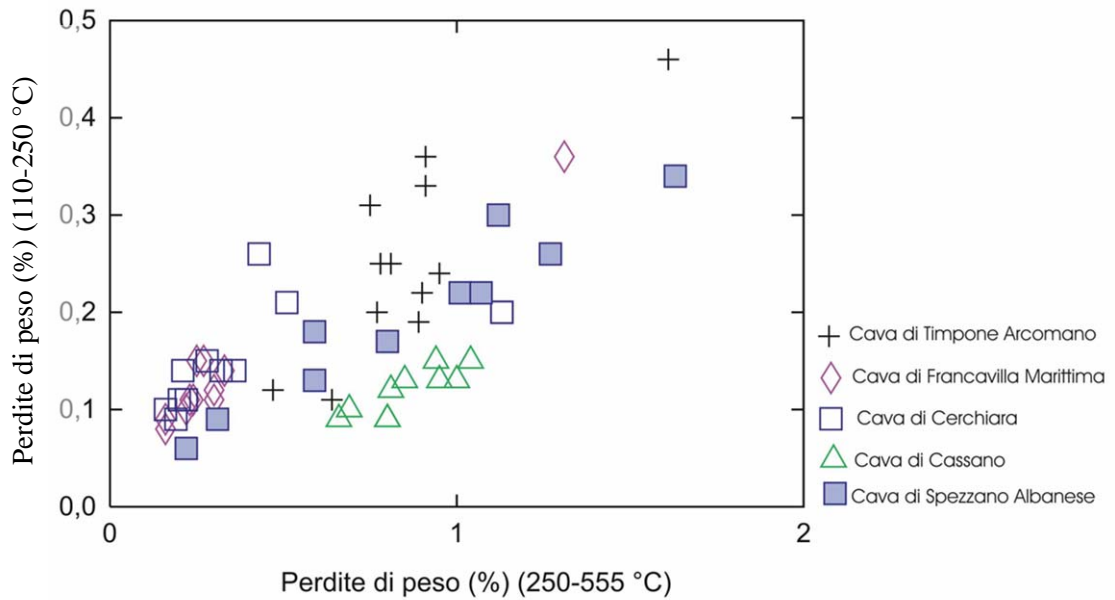


Fig. 6.40 Diagramma binario delle perdite di peso.

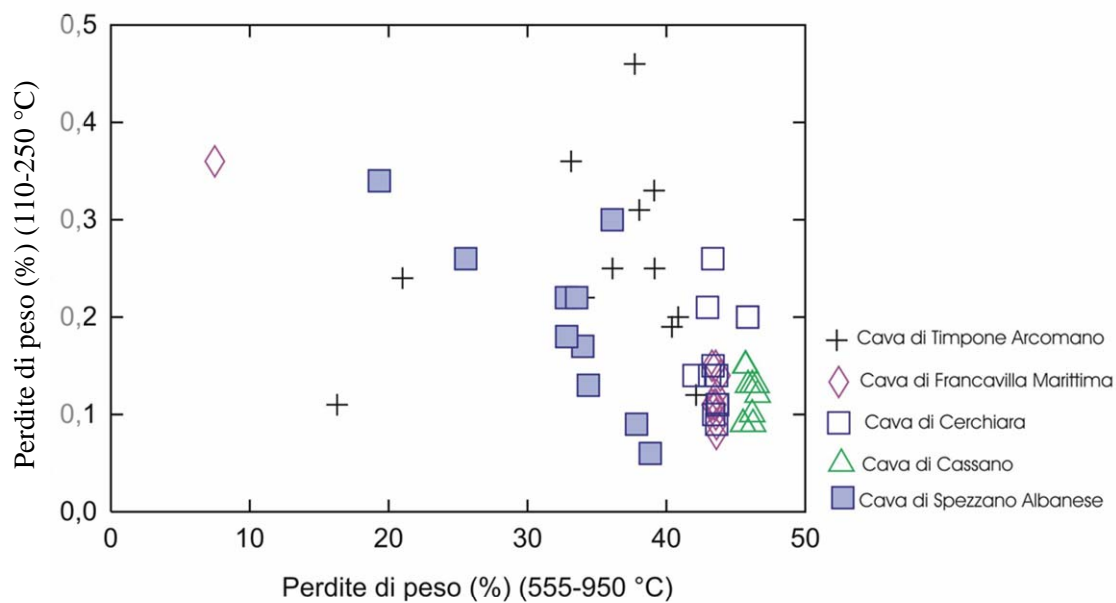


Fig. 6.41 Diagramma binario delle perdite di peso.

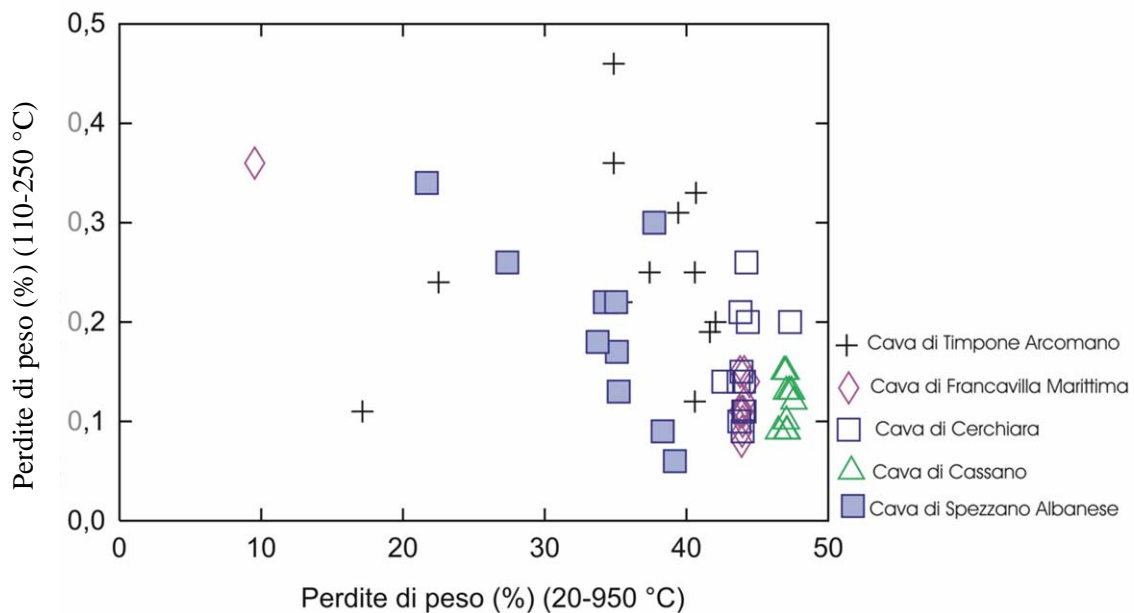


Fig. 6.42 Diagramma binario delle perdite di peso.

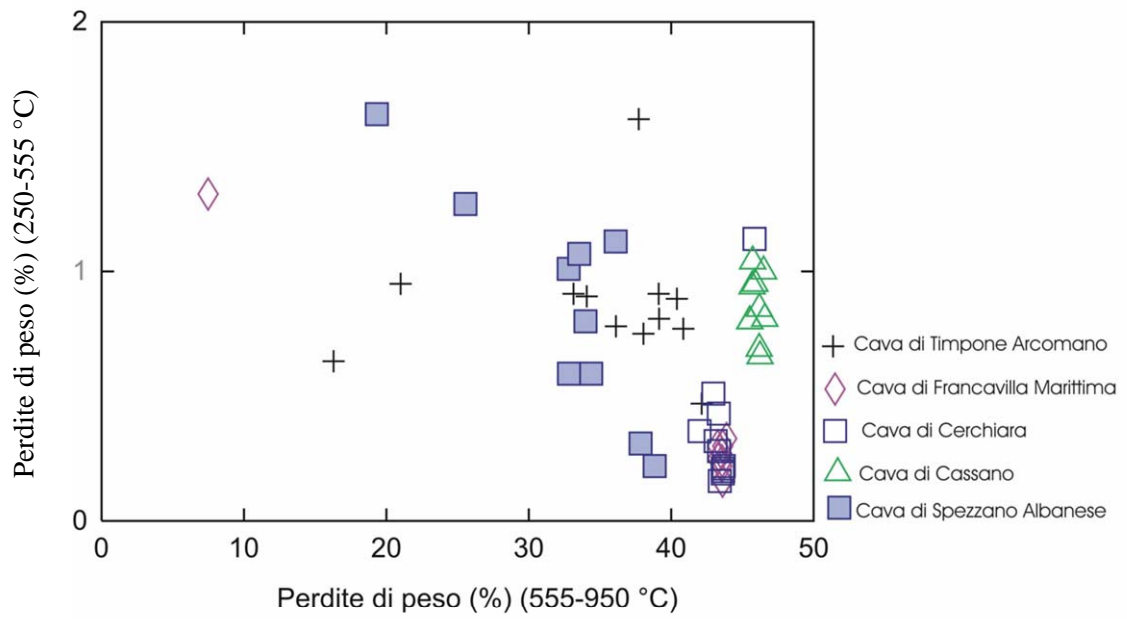


Fig. 6.43 Diagramma binario delle perdite di peso.

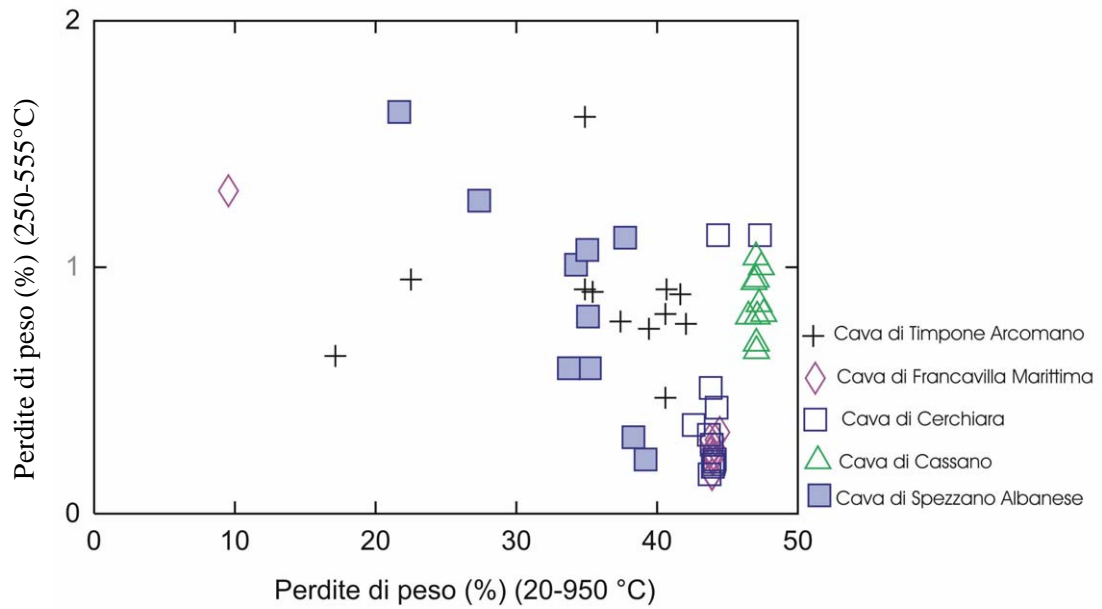


Fig. 6.44 Diagramma binario delle perdite di peso.

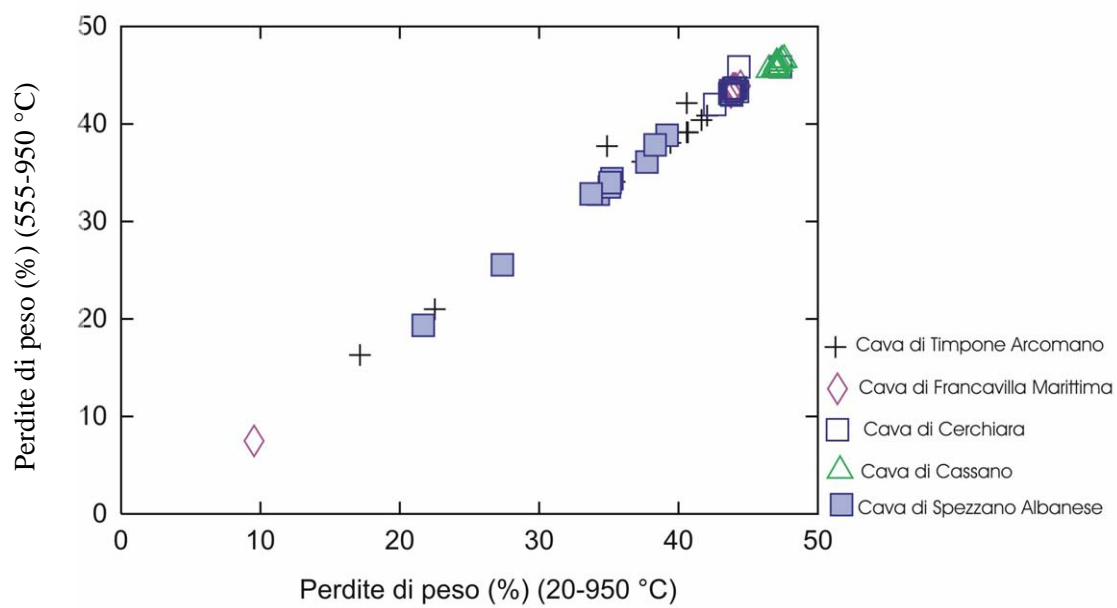


Fig. 6.45 Diagramma binario delle perdite di peso.

6.4 Trattazione dei dati colorimetrici

I risultati colorimetrici sono stati correlati con gli elementi maggiori ed in tracce ed è stata calcolata la matrice di correlazione attraverso il software “statistica”. Il calcolo del coefficiente di correlazione di Pearson tra ogni coppia di variabili ha consentito di stabilire che esiste una correlazione significativa tra la coordinata colorimetrica b^* del sistema colorimetrico CIE-Lab e il contenuto in fosforo (Fig. 6.46), ferro (Fig. 6.47) e ittrio (Fig. 6.48) relativo a tutti i campioni delle cave.

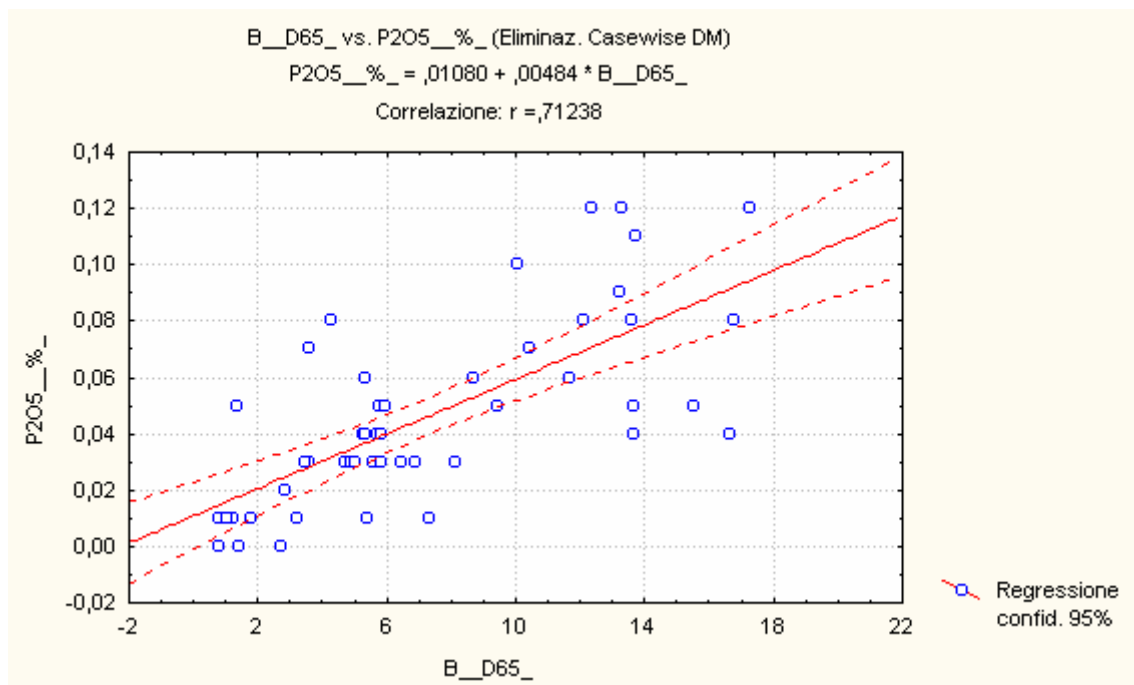


Fig. 6.46 matrice di correlazione P_2O_5 - b^* .

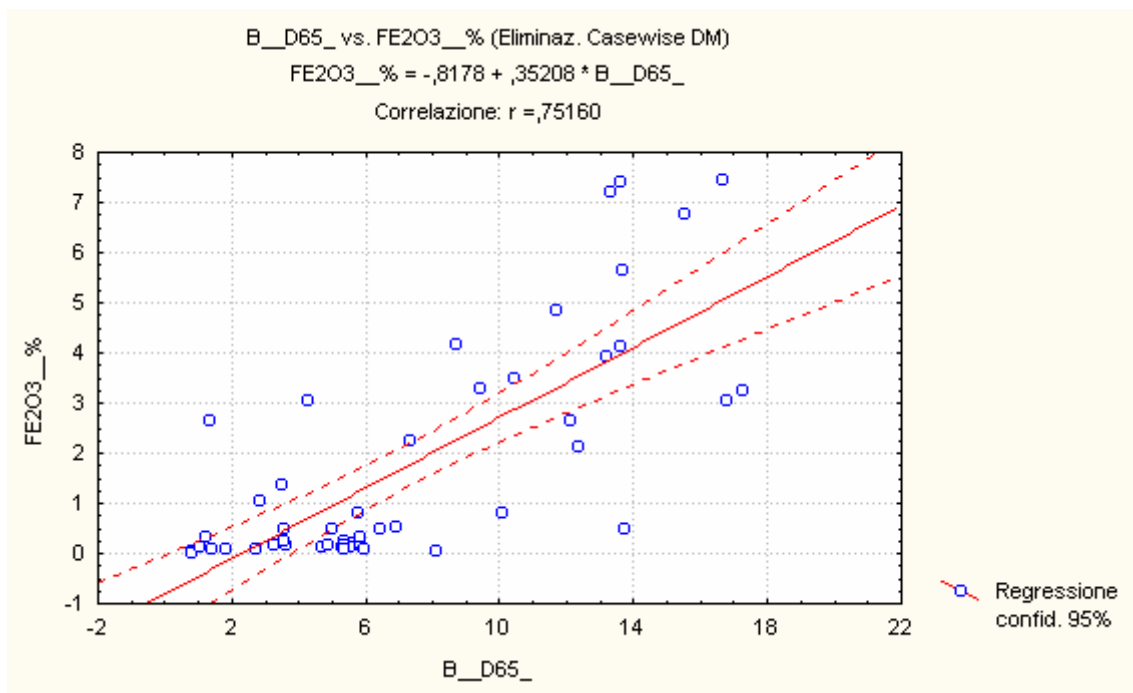


Fig. 6.47 matrice di correlazione Fe_2O_3 -b.

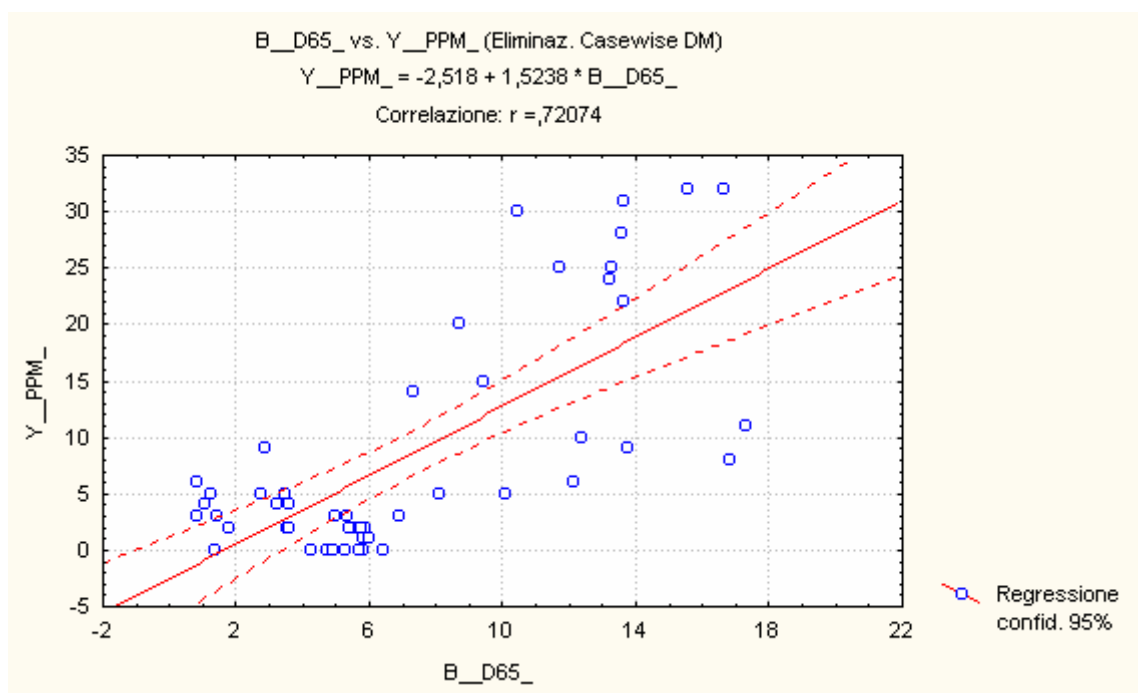


Fig. 6.48 matrice di correlazione Y-b.

6.5 Trattazione dei dati porosimetrici

Le analisi porosimetriche sono state eseguite per tutti i campioni delle cave; ogni campione è stato analizzato tre ed è stato preso come valore rappresentativo di porosità il valor medio.

I campioni di Francavilla Marittima sono caratterizzati da un valore di porosità minimo inferiore all'1% ed un valore massimo pari a 12.07% (Fig. 6.49).

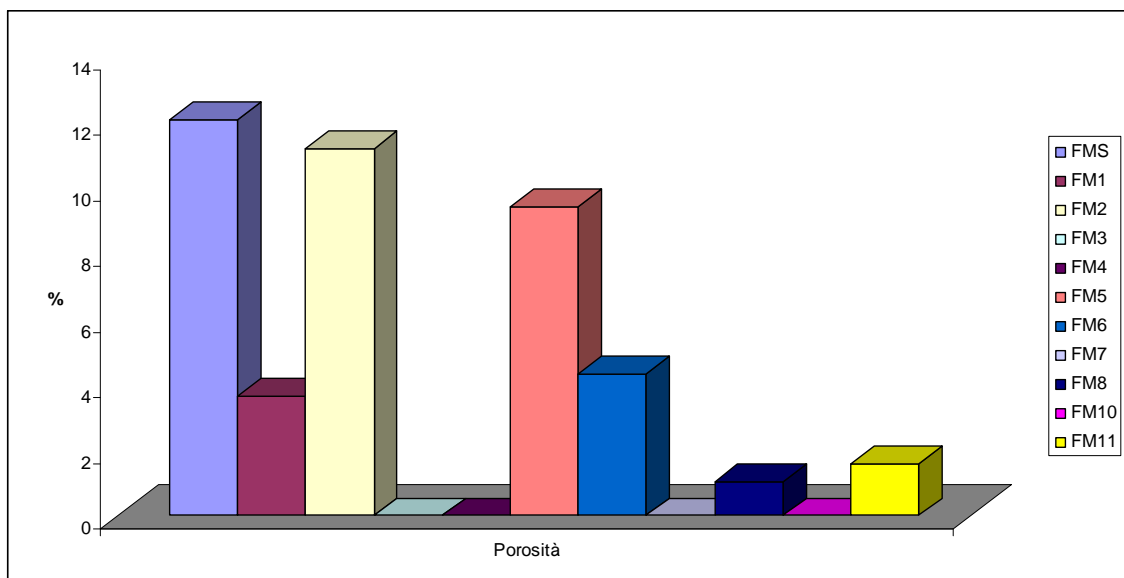


Fig. 6.49 Istogramma della porosità delle rocce della cava di Francavilla Marittima.

I campioni di Timpone Arcomano hanno un valore di porosità minimo pari a 2.33% ed un valore massimo pari a 31.94% (Fig. 6.50).

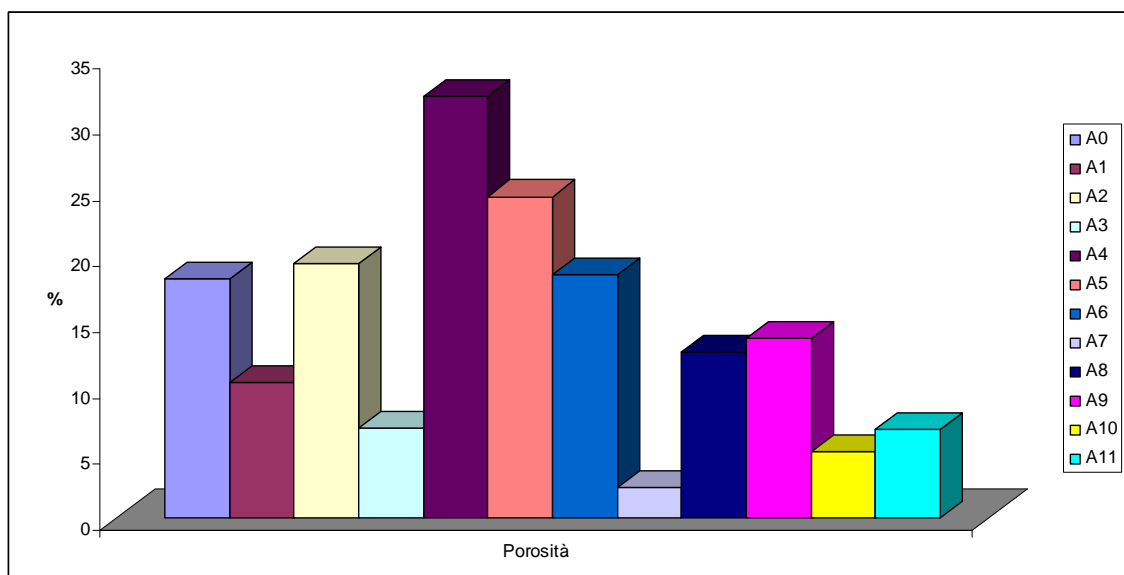


Fig. 6.50 Istogramma delle porosità delle rocce della cava di Timpone Arcomano.

La maggior parte dei campioni di Cerchiara di Calabria sono caratterizzati da valori di porosità inferiori all'1%; un solo campione (c3) ha porosità pari a 13.16%, mentre gli altri due campioni (c6-c8) hanno rispettivamente porosità pari a 1.33 % e 1.67% (Fig. 6.51).

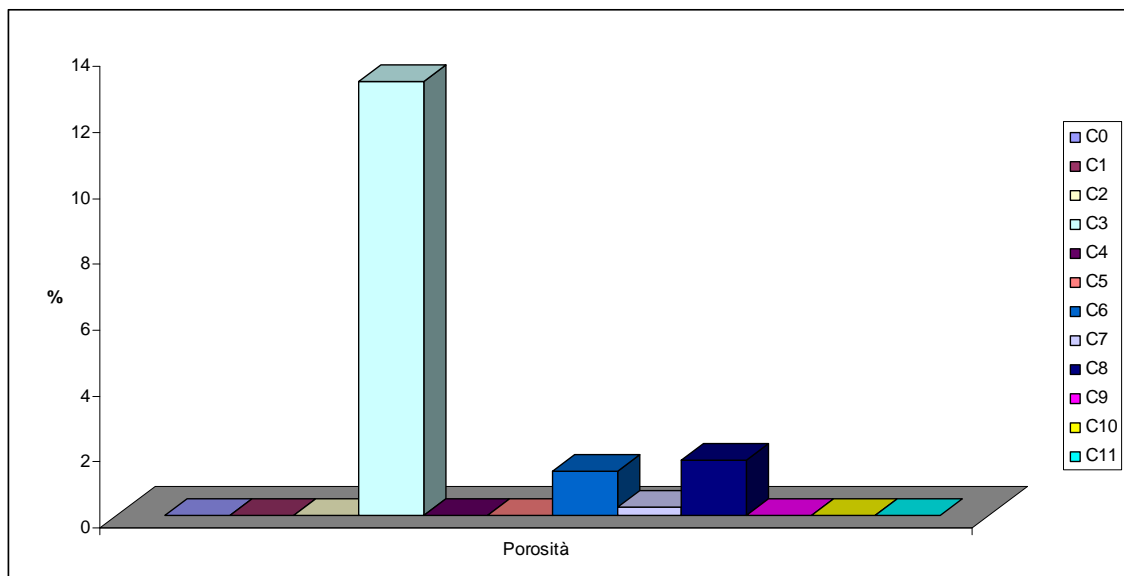


Fig. 6.51 Istogramma delle porosità delle rocce della cava di Cerchiara di Calabria.

I campioni della cava di Cassano sono caratterizzati da valori di porosità bassi, in effetti il valore minimo è inferiore all'1% mentre il valore massimo è pari a 4.76% (Fig. 6.52).

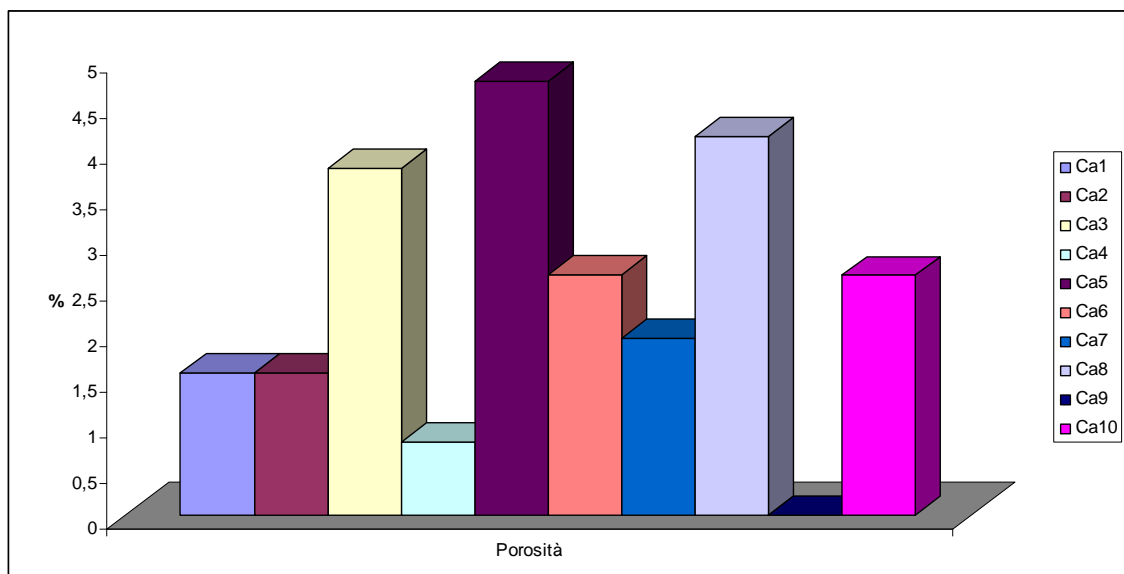


Fig. 6.52 Istogramma delle porosità delle rocce della cava di Cassano.

La maggior parte dei campioni della cava di Spezzano Albanese è caratterizzata da valori di porosità inferiori all'1% ; il valore massimo di porosità risulta pari a 2.76% (Fig. 6.53).

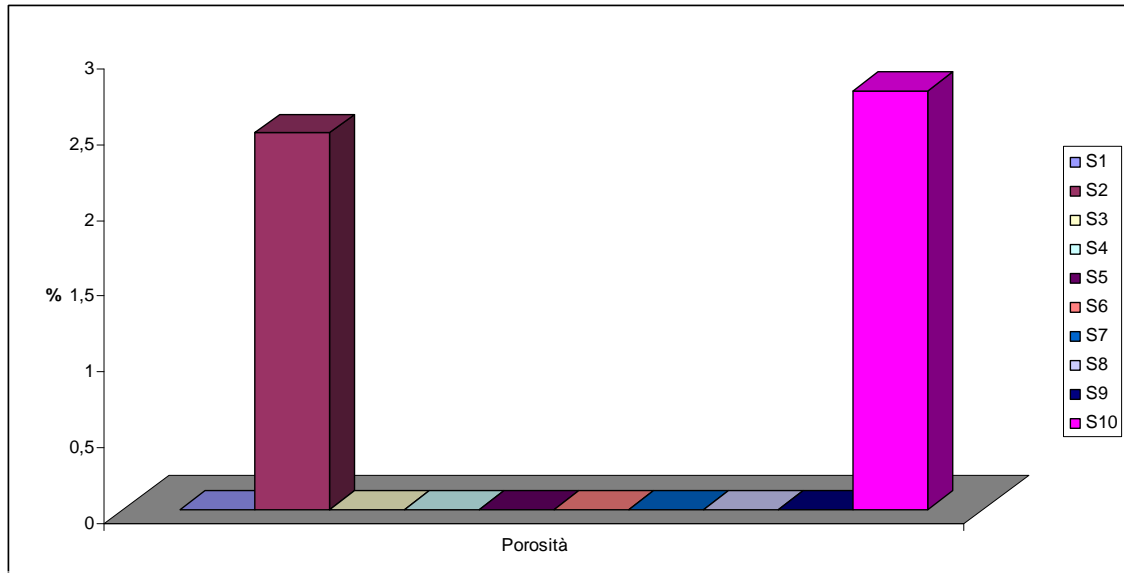


Fig. 6.53 Istogramma della porosità delle rocce della cava di Spezzano Albanese.

Dai dati sopra riportati e come meglio sintetizzato in Fig. 6.54, si evince che le rocce maggiormente porose appartengono alla cava di Timpone Arcomano, seguite da quelle dalla cava di Francavilla Marittima, di Cassano, di Cerchiara e Spezzano Albanese.

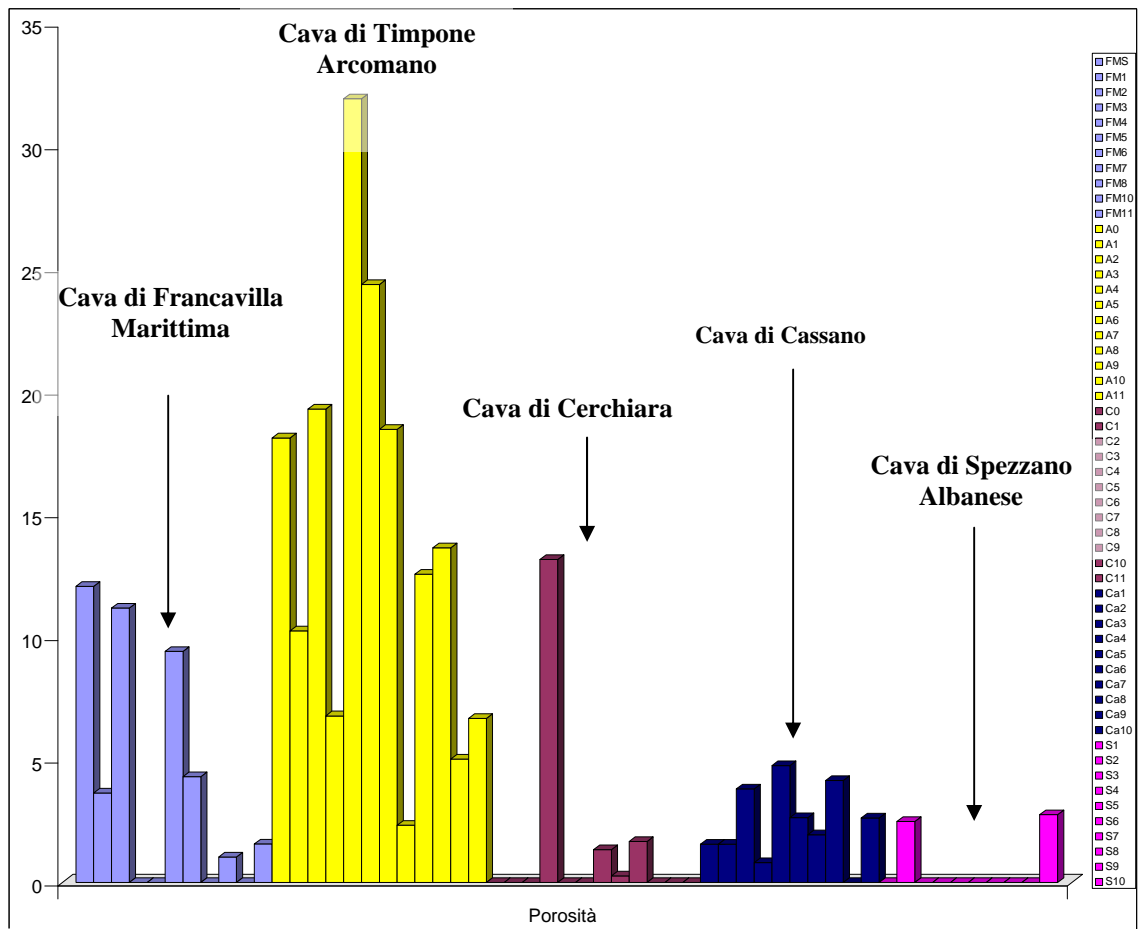


Fig. 6.54 Istogramma dei valori totali della porosità dei campioni delle cave.

Attraverso il porosimetro a mercurio sono state determinate altre proprietà oltre alla porosità, tra cui il diametro medio dei pori, l'area dei pori, la densità reale, la densità apparente e la tortuosità. Questi parametri sono stati combinati tra di loro, al fine di valutare il loro potere discriminante. Dai diagrammi rappresentati in figura 6.55, 6.56, 6.57 e 6.58, è possibile osservare che combinando tali parametri non è possibile distinguere le differenti cave.

In una fase successiva i parametri ottenuti dall'analisi porosimetrica sono stati combinati con i risultati dell'analisi chimica e termogravimetrica realizzando altri diagrammi binari, al fine di valutare il loro potere discriminante; ma anche dalla combinazione di questi valori non è stato possibile discriminare le cave tra loro (Fig. 6.59, 6.60, 6.61, 6.62, 6.63, 6.64, 6.65, 6.66.).

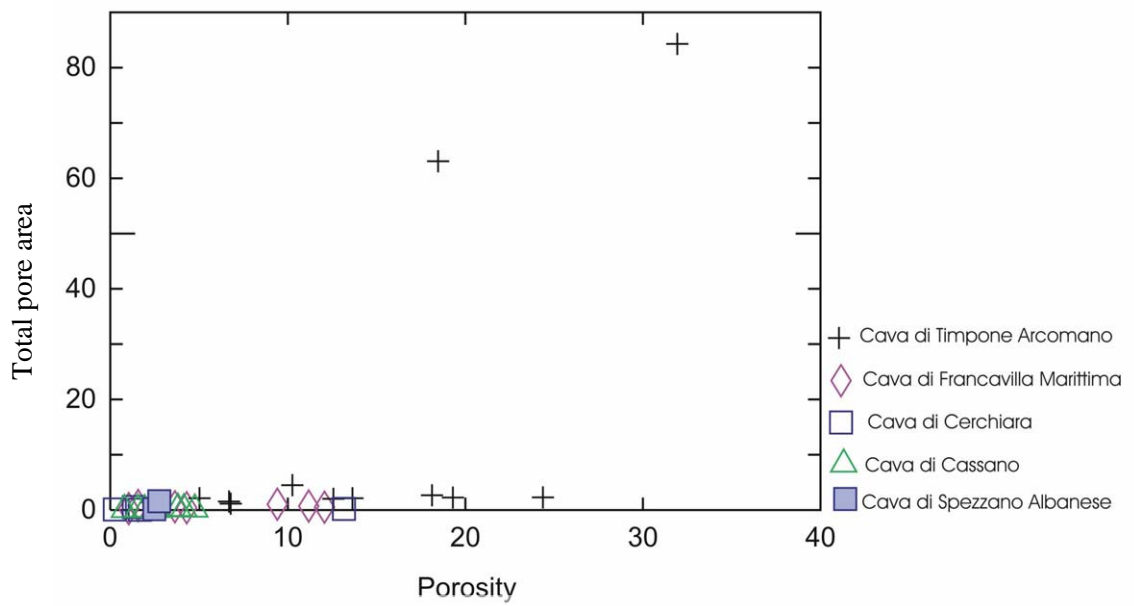


Fig. 6.55 Diagramma binario area totale dei pori/porosità.

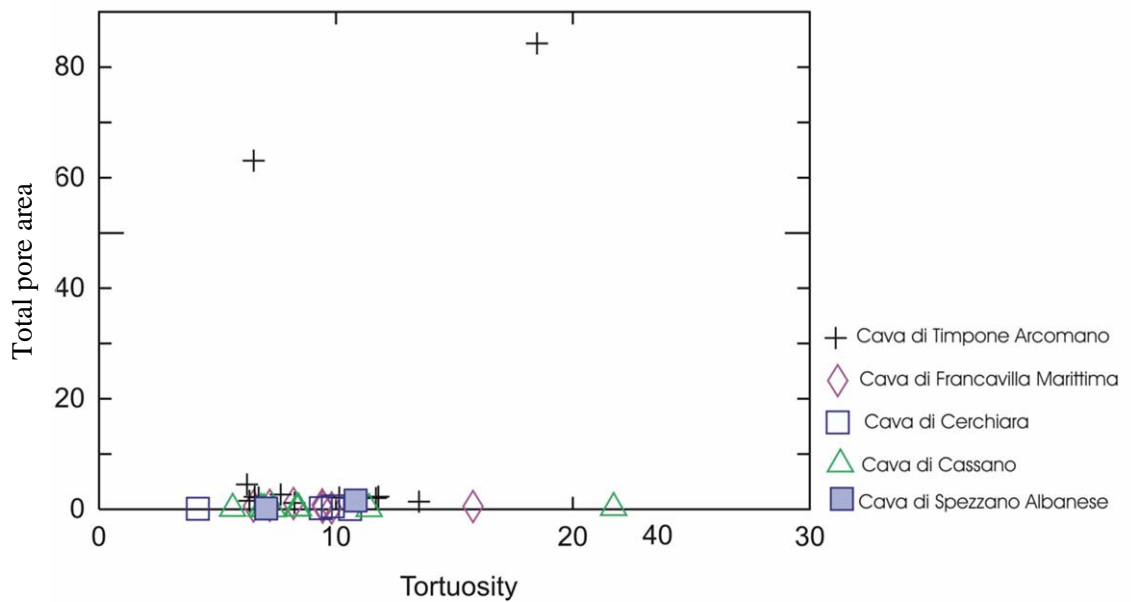


Fig. 6.56 Diagramma binario area totale dei pori/tortuosità.

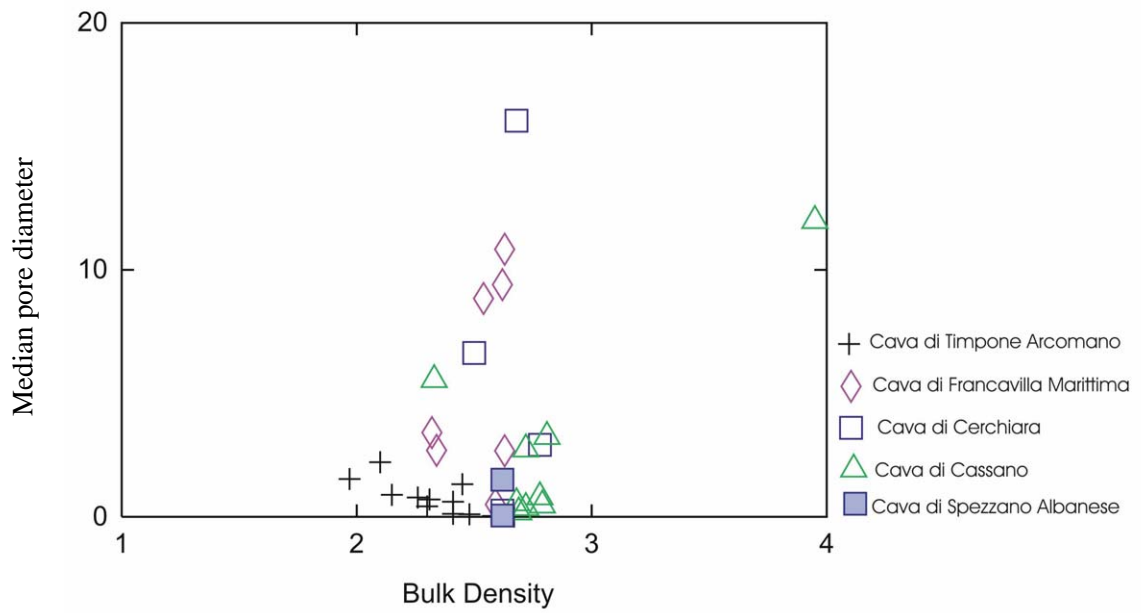


Fig. 6.57 Diagramma binario diametro medio dei pori/densità reale.

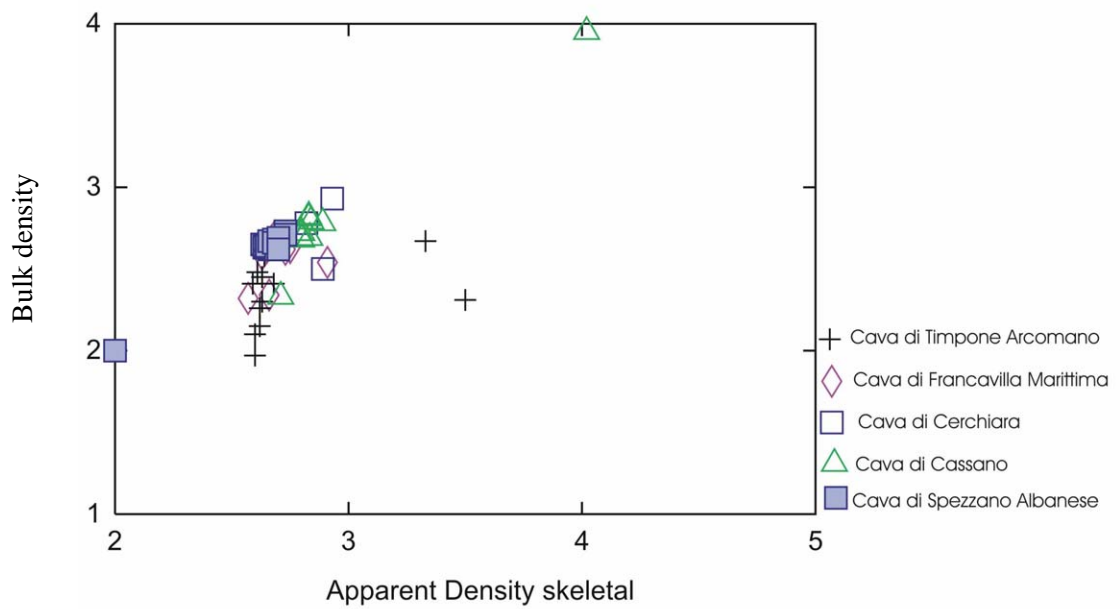


Fig. 6.58 Diagramma binario densità reale/densità apparente.

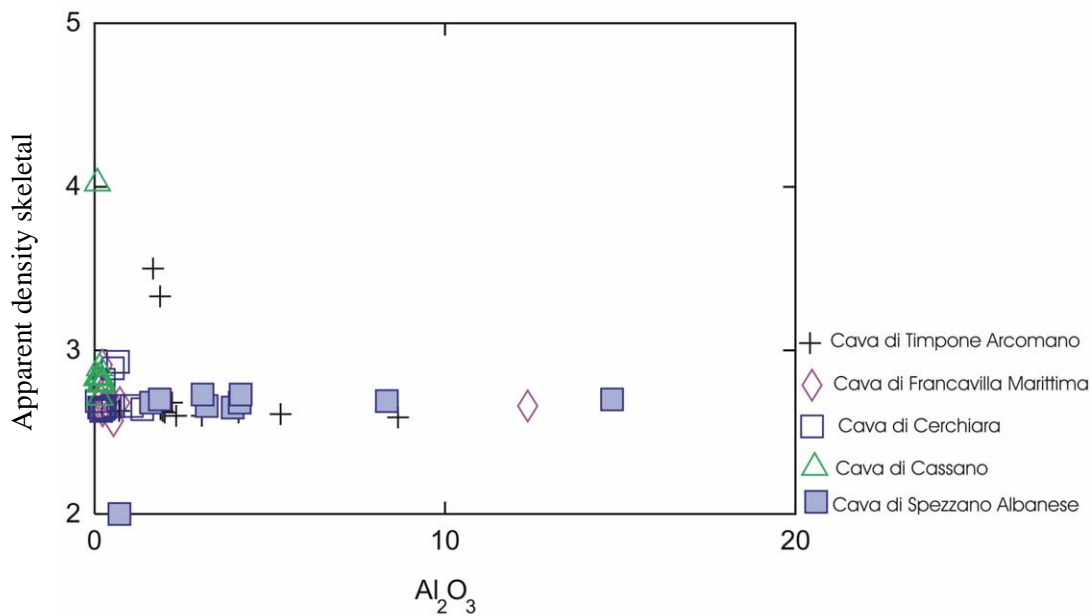


Fig. 6.59 Diagramma binario densità apparente/ Al_2O_3 .

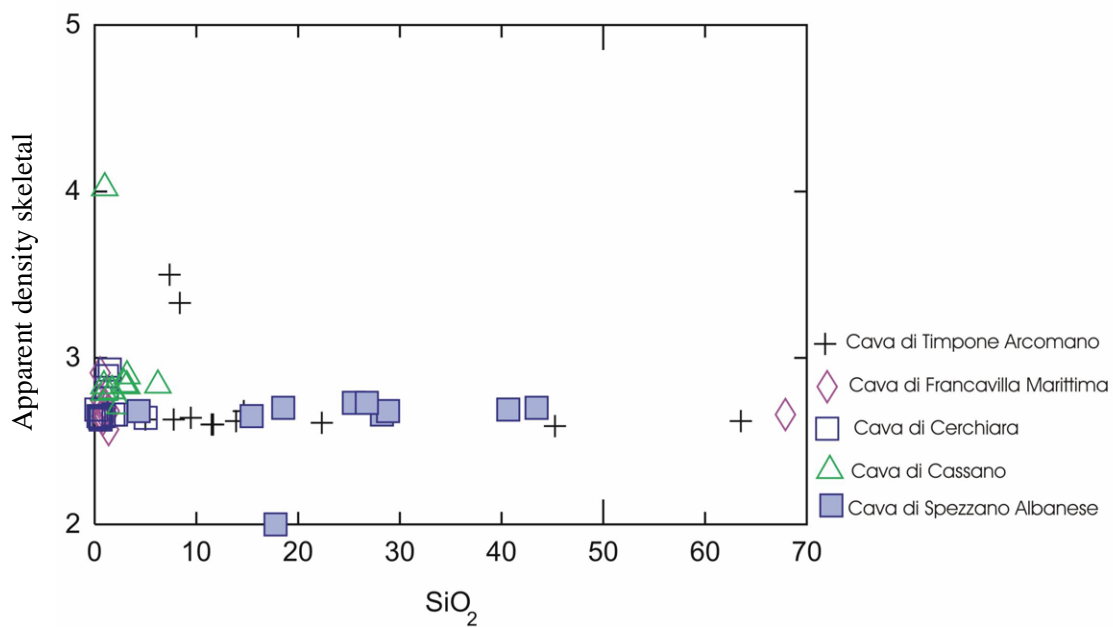


Fig. 6.60 Diagramma binario densità apparente/ SiO_2 .

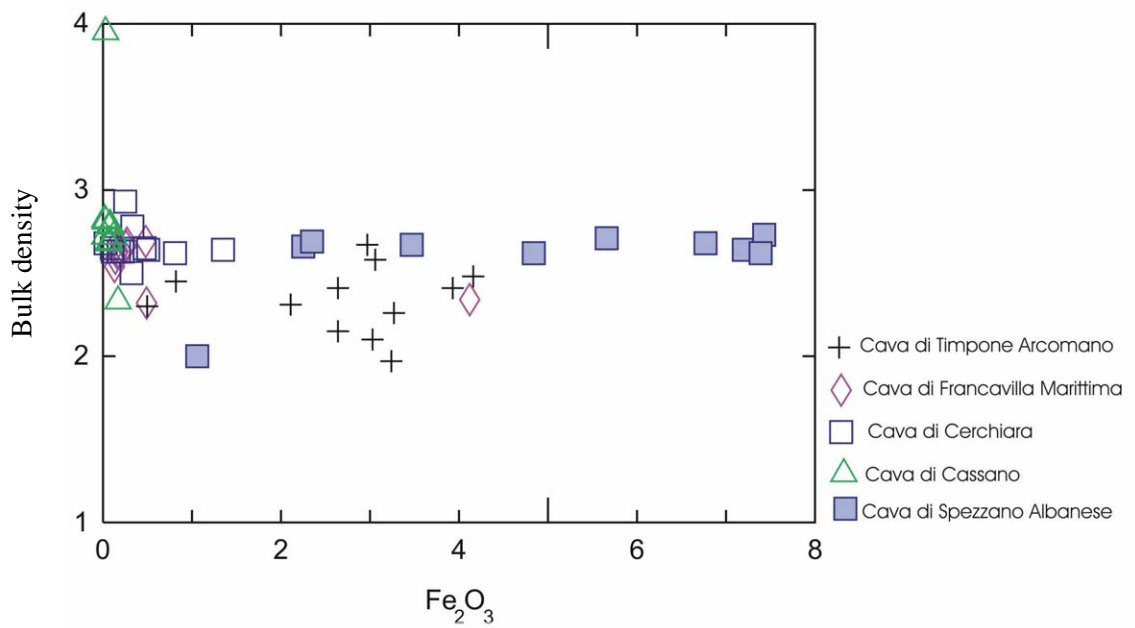


Fig. 6.61 Diagramma binario densità reale/ Fe_2O_3 .

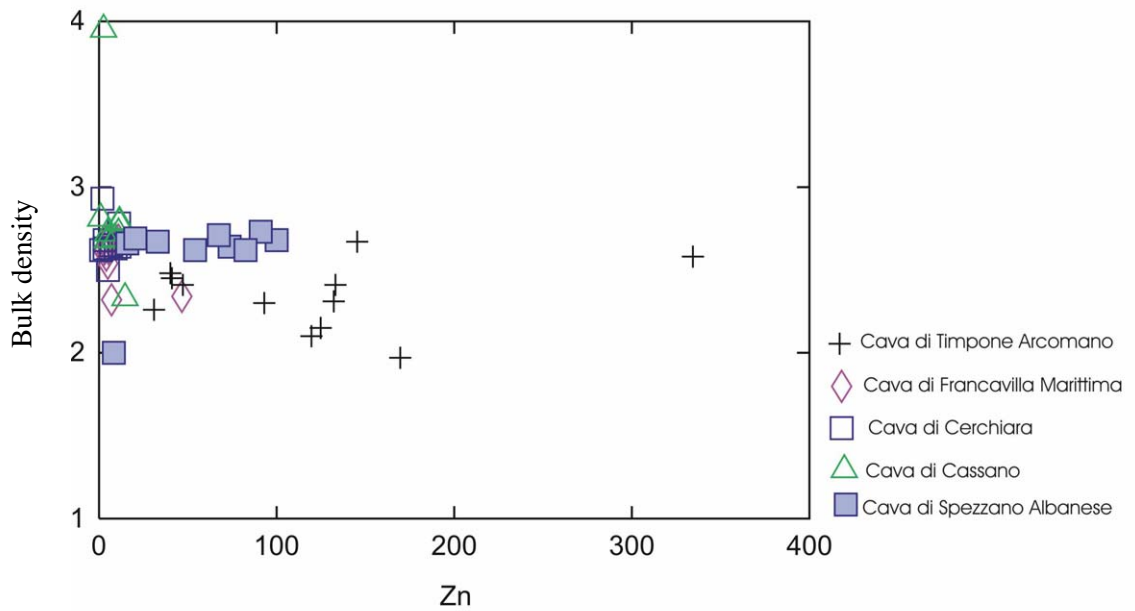


Fig. 6.62 Diagramma binario densità reale/Zn.

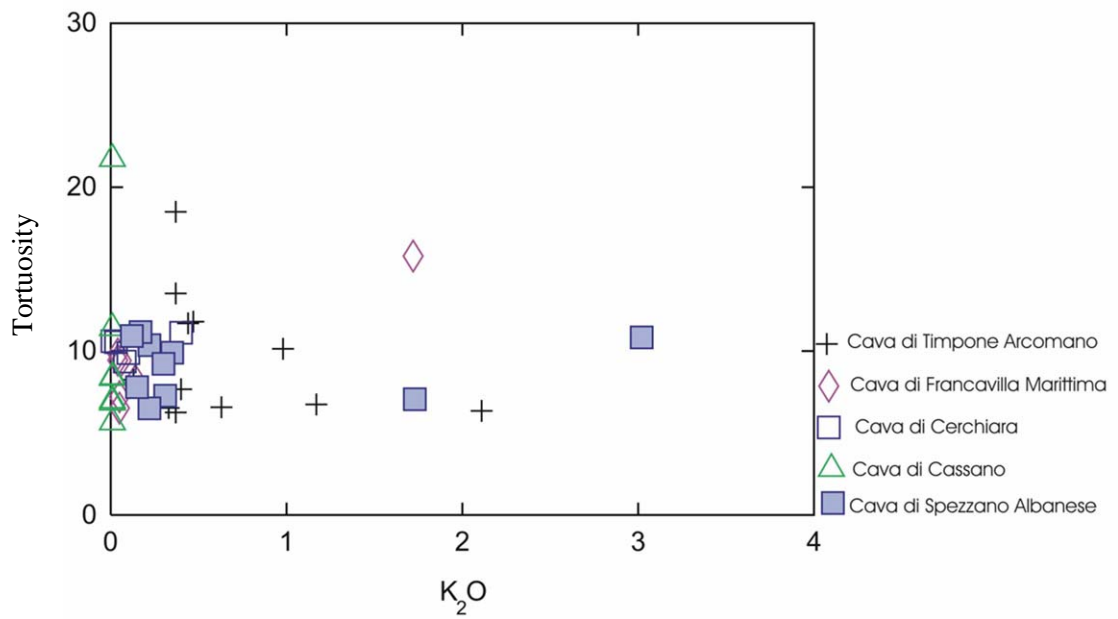


Fig. 6.63 Diagramma binario tortuosità/ K_2O .

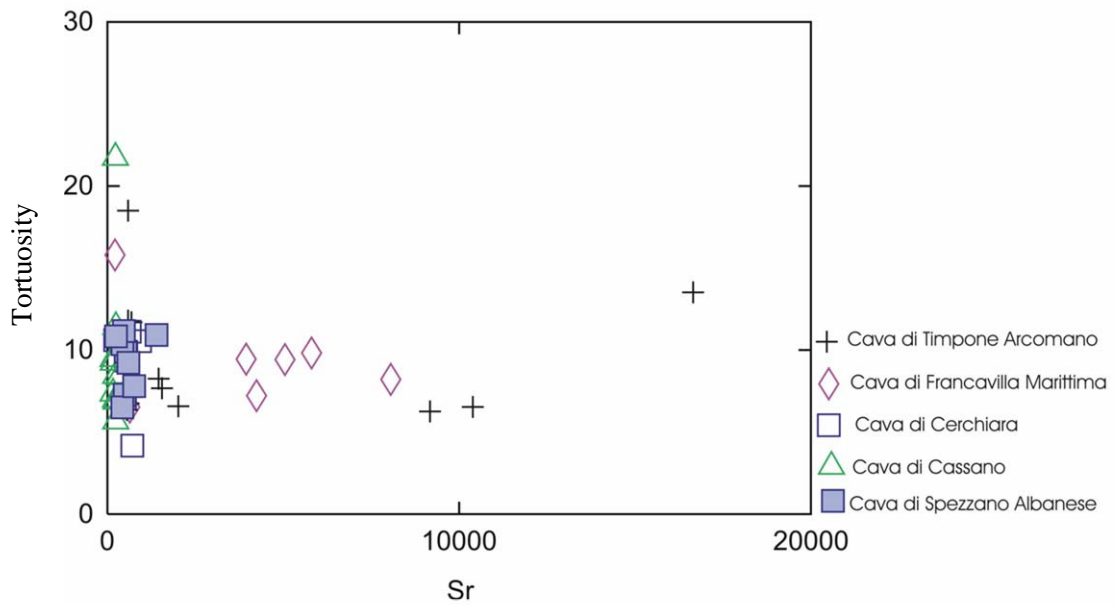


Fig. 6.64 Diagramma binario tortuosità/Sr.

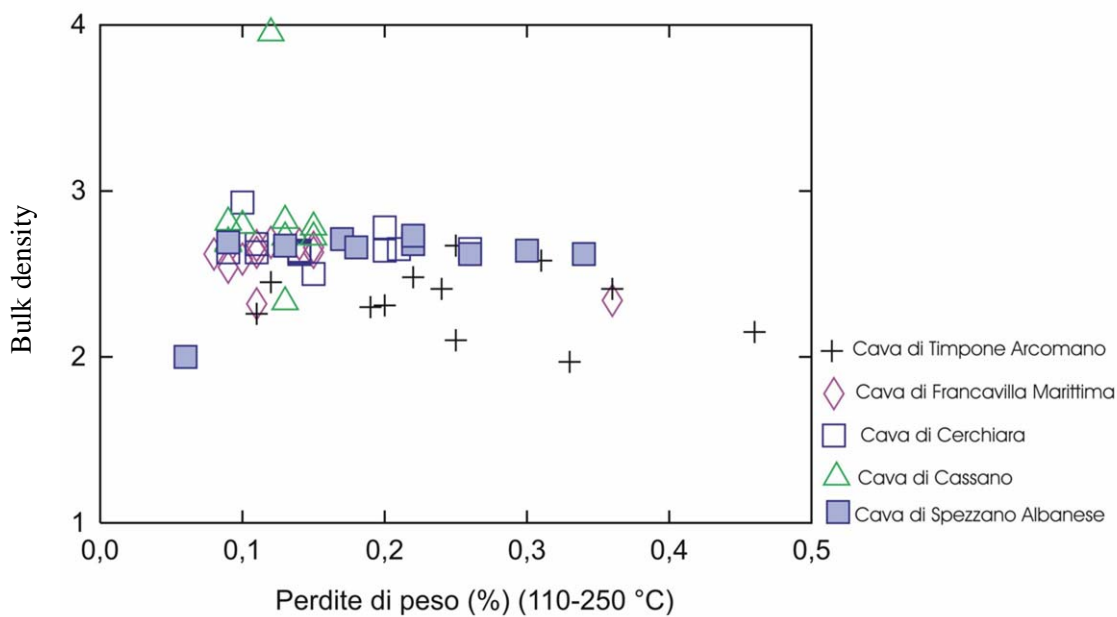


Fig. 6.65 Diagramma binario densità reale/perdita di peso nell'intervallo di temperatura compreso tra (110- 250°C).

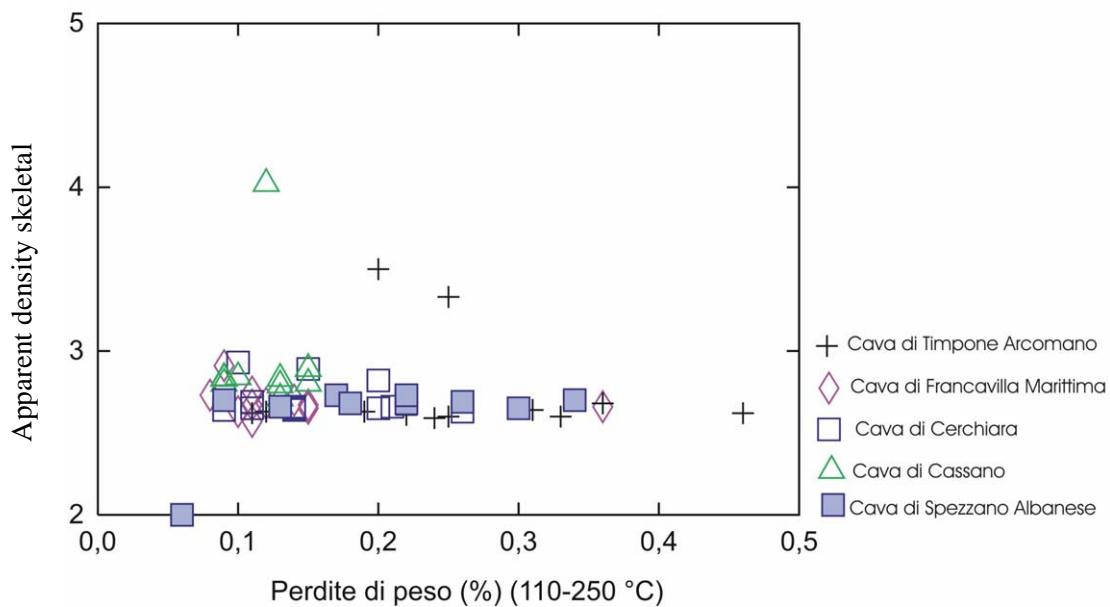


Fig. 6.66 Diagramma binario densità apparente/perdita di peso nell'intervallo di temperatura compreso tra (110- 250°C).

6.6 Analisi discriminante dei dati composizionali

Al fine di verificare la possibilità di separare in modo univoco tutte le cinque cave, i dati sono stati elaborati per mezzo di tecniche statistiche di analisi multivariata; nella fattispecie è stata utilizzata l'analisi discriminata (vedi capitolo quarto) . Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzando il software "statistica". Il primo passo è stato quello di costruire una matrice dati in cui sono state inserite come variabili i risultati ottenuti dall'applicazione delle diverse metodologie analitiche (fluorescenza a raggi X, colorimetria spettrofotometrica, porosimetria a mercurio, termogravimetrica). Dei risultati colorimetrici è stato considerato tutto lo spettro di riflettanza oltre alla luminosità (L) ed alle coordinate di cromaticità (a^* e b^*); mentre dell'analisi porosimetrica, oltre al valore della porosità, sono state considerate come variabili il diametro medio dei pori, l'area dei pori, la densità reale, la densità apparente e la tortuosità. Ai dati ottenuti dalle su dette metodologie sono stati aggiunti i risultati ottenuti dall'analisi spettrofotometrica IR in trasformata di Fourier, considerando tutta l'informazione contenuta nello spettro IR e non soltanto quella relativa ai singoli picchi; pertanto, sono state considerate come variabili i numeri d'onda (circa 3000) in corrispondenza dei quali è stata misurata la derivata seconda della trasmittanza.

La matrice dati, costituita da circa 4000 variabili, è stata elaborata attraverso l'analisi discriminante, che ha consentito di trovare la combinazione ideale delle variabili che meglio separano le varie cave, sottoforma di "funzioni discriminanti". Tali funzioni sono state usate, successivamente, per l'individuazione della provenienza di campioni archeologici.

La ricerca delle variabili in grado di separare le varie cave è avvenuta in varie fasi ed attraverso combinazioni iterative. Il primo tentativo è stato quello di calcolare funzioni discriminanti che tenessero conto dei soli dati XRF. Attraverso la trattazione statistica degli elementi chimici maggiori ed in tracce è possibile separare soltanto due cave, quella di Timpone Arcomano e di Spezzano Albanese; ma le altre cave non sono ancora perfettamente discriminabili (Fig. 6.68.).

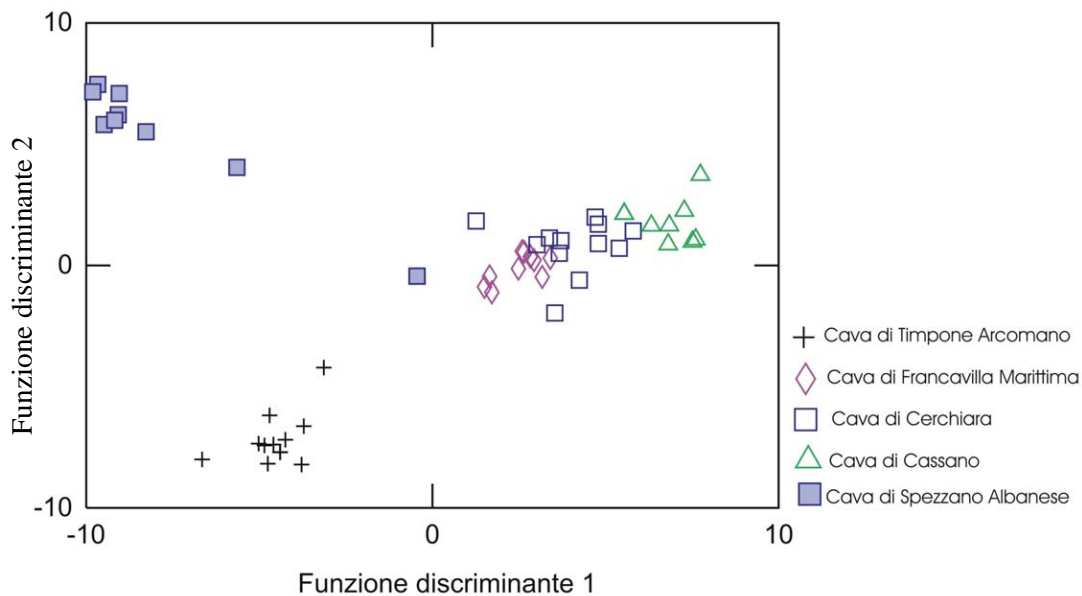


Fig. 6.68 Diagramma discriminante considerando come variabili gli elementi chimici maggiori ed in tracce.

Successivamente sono stati considerati nell'analisi discriminata tutte le variabili provenienti dalla sola analisi IR. Dalla combinazione dei risultati della spettrofotometria IR in trasformata di Fourier non risulta possibile separare le cinque cave (Fig. 6.69).

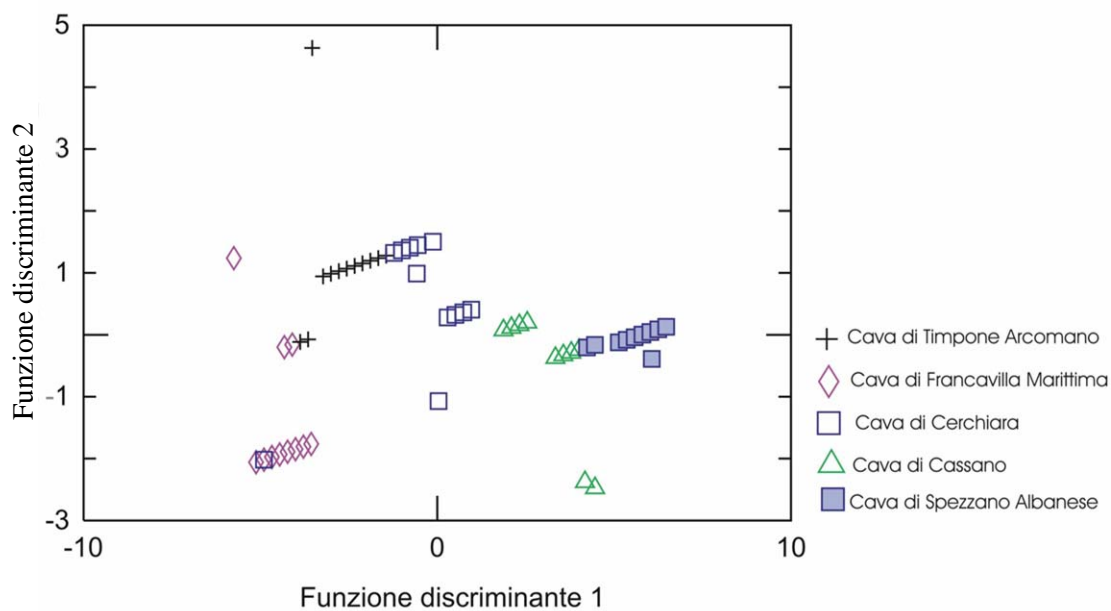


Fig. 6.69 Diagramma discriminante considerando come variabili le derivate seconde degli spettri IR

Combinando le analisi chimiche XRF con quelli provenienti dalla porosimetria a mercurio risultano discriminate le sole cave di Timpone Arcomano e di Spezzano Albanese (Fig. 6.70).

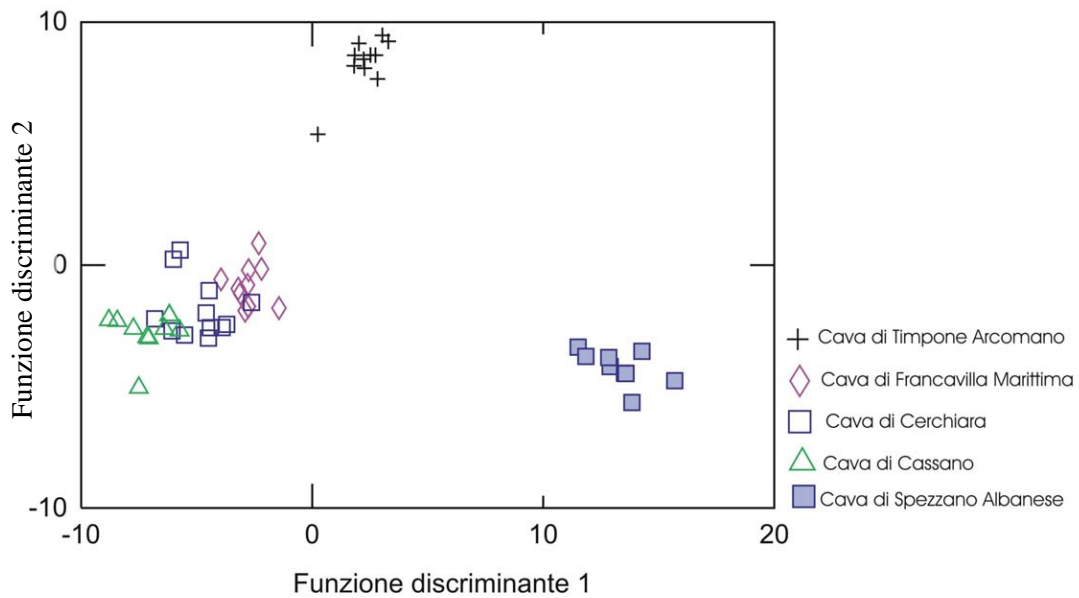


Fig. 6.70 Diagramma discriminante considerando come variabili i valori della porosità e gli elementi chimici maggiori ed in tracce.

Anche dalla combinazione dei risultati dell'analisi chimica e dell'analisi termogravimetrica risultano discriminabili le sole cave di Timpone Arcomano e di Spezzano Albanese (Fig. 6.71).

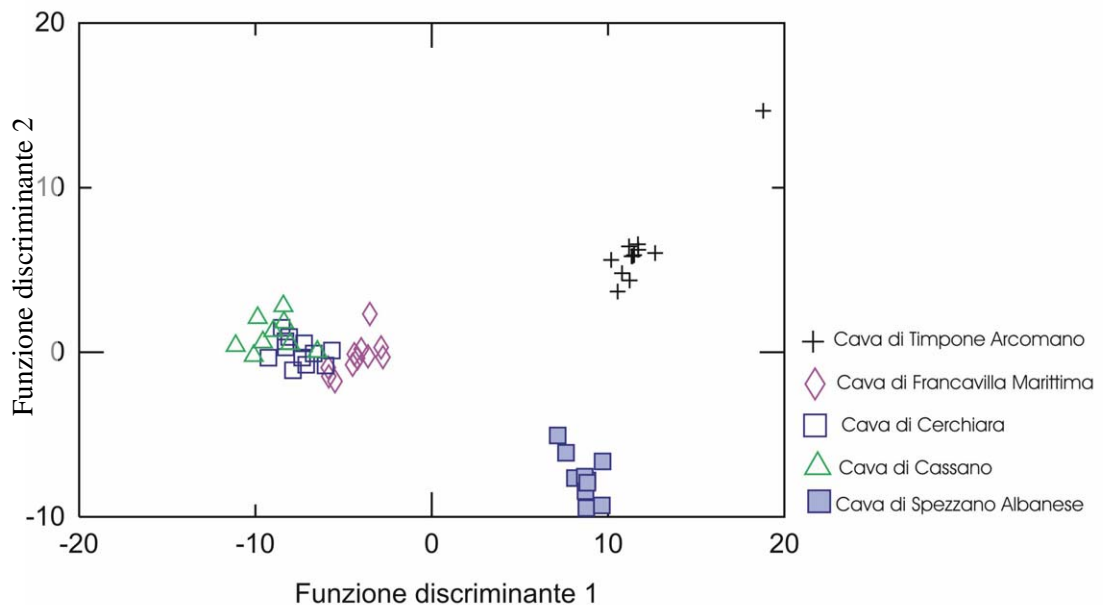


Fig. 6.71 Diagramma discriminante considerando come variabili i picchi termogravimetrici e gli elementi chimici (maggiori ed in tracce).

Dalla combinazione dei risultati dell'analisi chimica e della spettrofotometria IR in trasformata di Fourier, risulta discriminabile la sola cava di Cassano (Fig. 6.72).

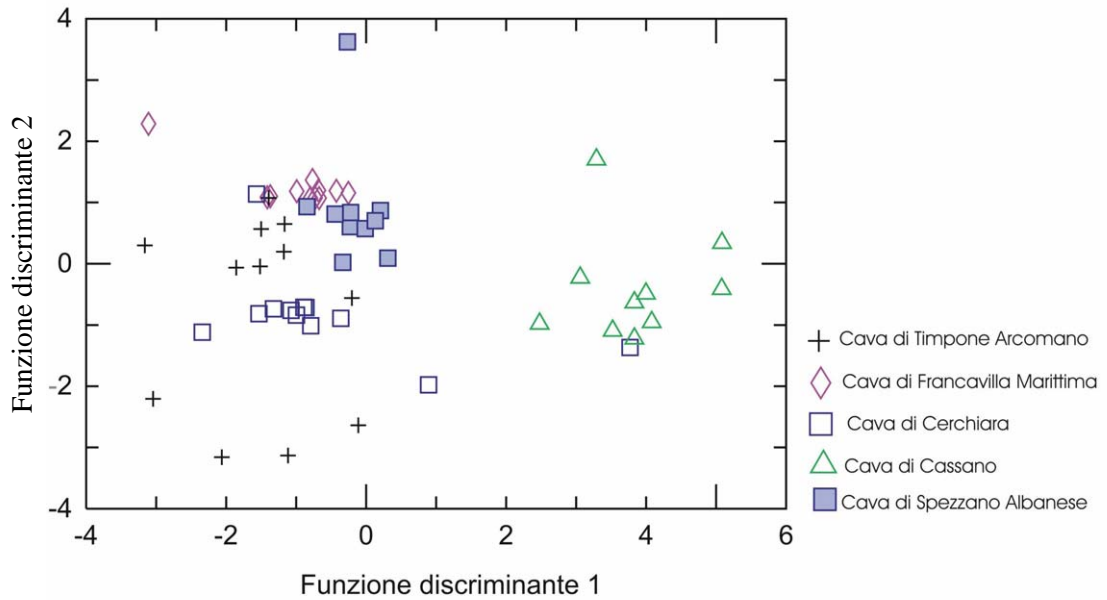


Fig. 6.72 Diagramma discriminante considerando come variabili i picchi termogravimetrici e le derivate seconde degli spettri IR (maggiori ed in tracce).

Combinando i risultati dell'analisi termogravimetrica, della colorimetria spettrofotometrica e della porosimetria a mercurio, è possibile separare dalle altre la cava di Cassano in modo ottimale, mentre meno efficacemente si discriminano la cava di Spezzano Albanese e di Timpone Arcomano (Fig. 6.73).

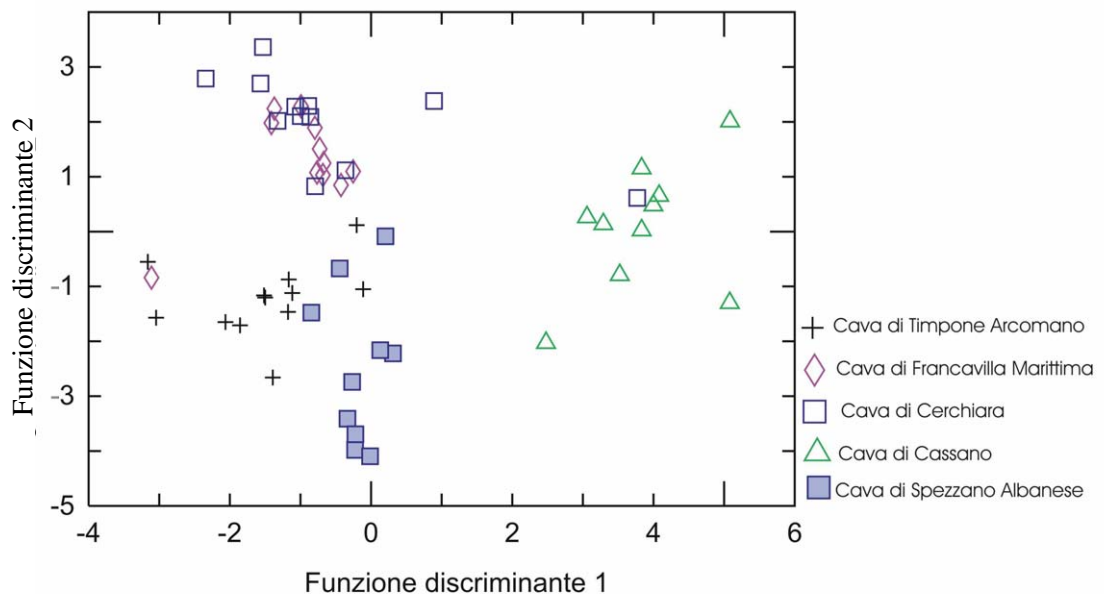


Fig. 6.73 Diagramma discriminante considerando come variabili i picchi termogravimetrici, i dati colorimetrici ed i valori della porosità.

Dalla combinazione dei risultati dell'analisi termogravimetrica della colorimetria spettrofotometrica, della porosimetria a mercurio e dell'analisi chimica si riescono a separare abbastanza bene la cava di Spezzano Albanese e di Cerchiara (Fig. 6.74).

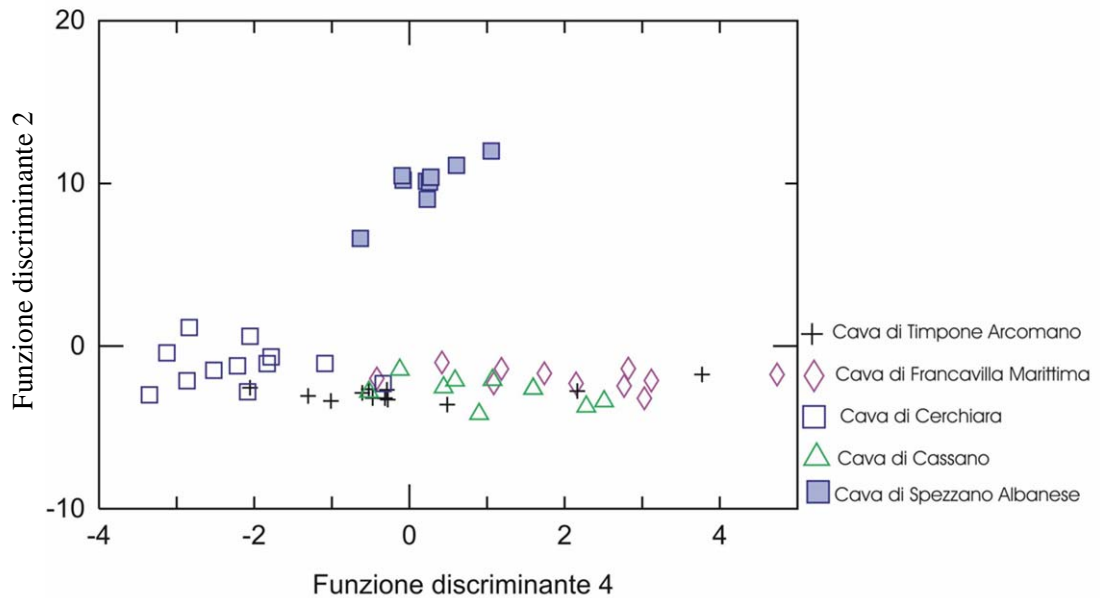


Fig. 6.74 Diagramma discriminante considerando come variabili i picchi termogravimetrici, i dati colorimetrici, i valori della porosità e gli elementi chimici (maggiori e tracce).

La combinazione statistica dei risultati dell'analisi termogravimetrica e della porosimetria a mercurio consente di separare bene la cava di Cassano e meno bene la cava di Spezzano Albanese e Timpone Arcomano (Fig. 6.75).

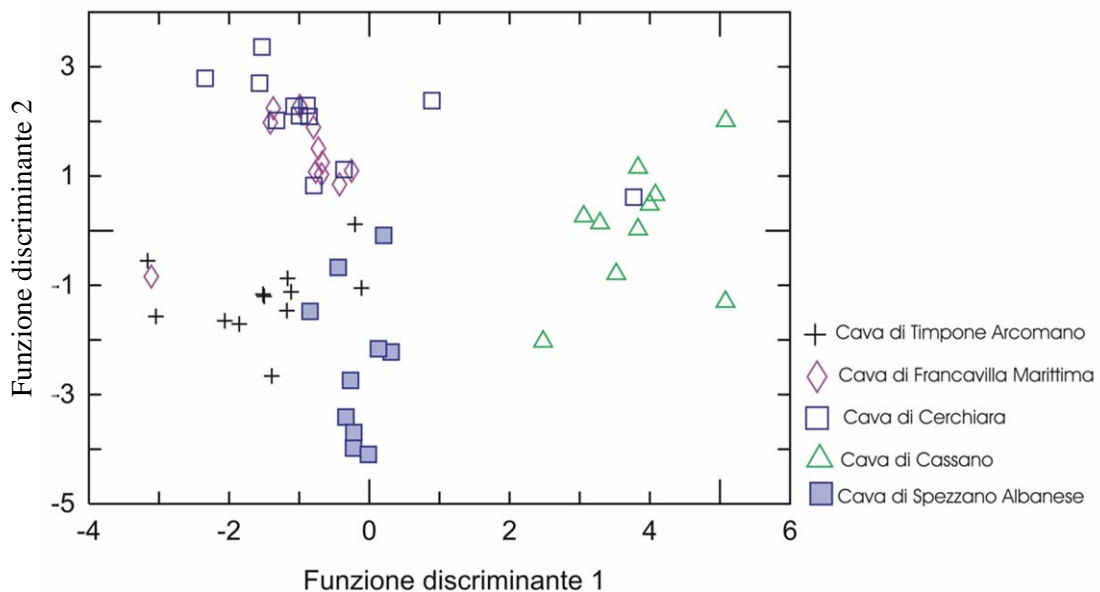


Fig. 6.75 Diagramma discriminante considerando come variabili i picchi termogravimetrici ed i valori della porosità.

Dopo numerose iterazioni è stata trovata la combinazione ideale di variabili che consente di separare, perfettamente le cinque cave in modo univoco. Questa è la seguente: MgO, CaO, Fe₂O₃, MnO, P₂O₅, Nb, Sr, Ce, le coordinate cromatiche L a*b* e le derivate seconde della trasmittanza al numero d'onda 2841 cm⁻¹, 2840 cm⁻¹, 2833 cm⁻¹, 2692 cm⁻¹, 2672 cm⁻¹, 2189 cm⁻¹, 1968 cm⁻¹, 1068 cm⁻¹, 962 cm⁻¹, 887 cm⁻¹, 870 cm⁻¹ e 591 cm⁻¹ (Fig. 6.76, 6.77).

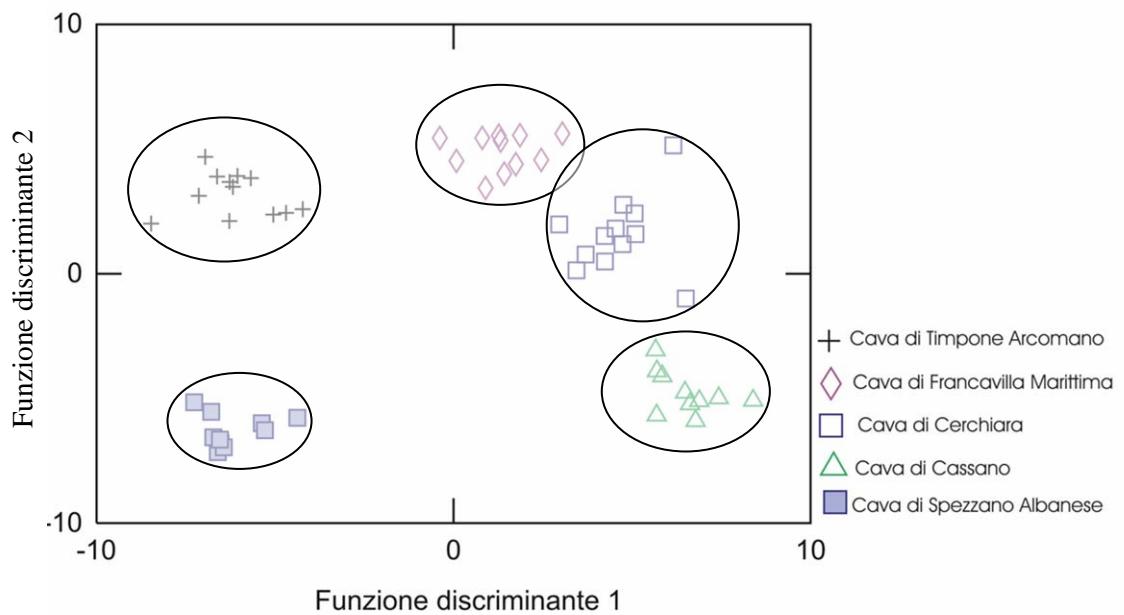


Fig. 6.76 Diagramma discriminante delle cave.

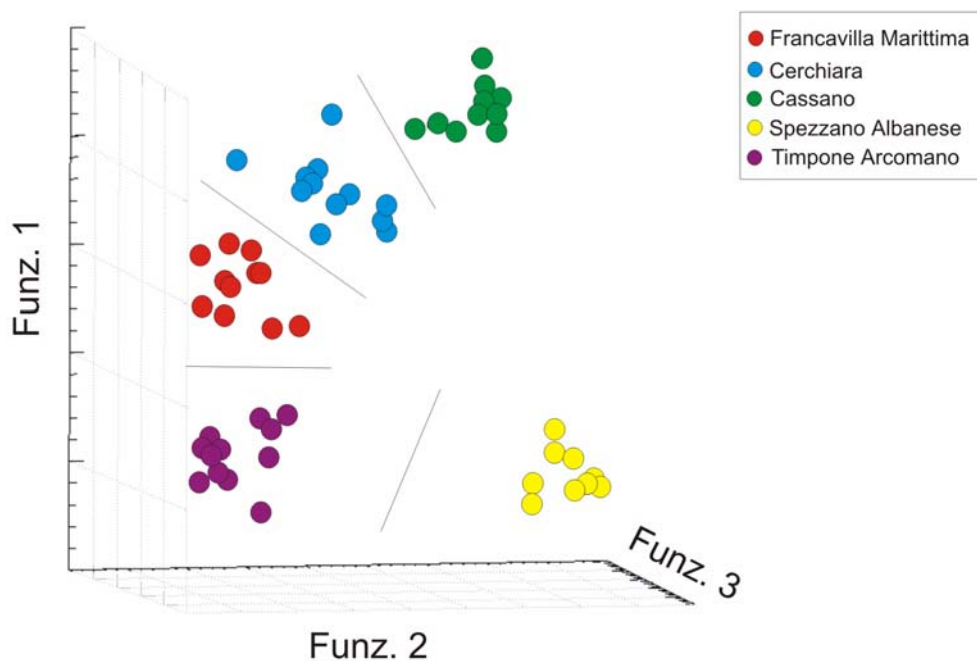


Fig. 6.77 3d scatter plot discriminante delle cave.

Le variabili che hanno permesso di discriminare le cinque cave sono state utilizzate per determinare l'appartenenza dei reperti archeologici alla differenti cave. Dall'analisi è possibile stabilire che il campione SIR1, prelevato alla base di un muro dell'Emiciclo-Teatro, proviene dalla cava di Francavilla Marittima (Fig. 6.78).

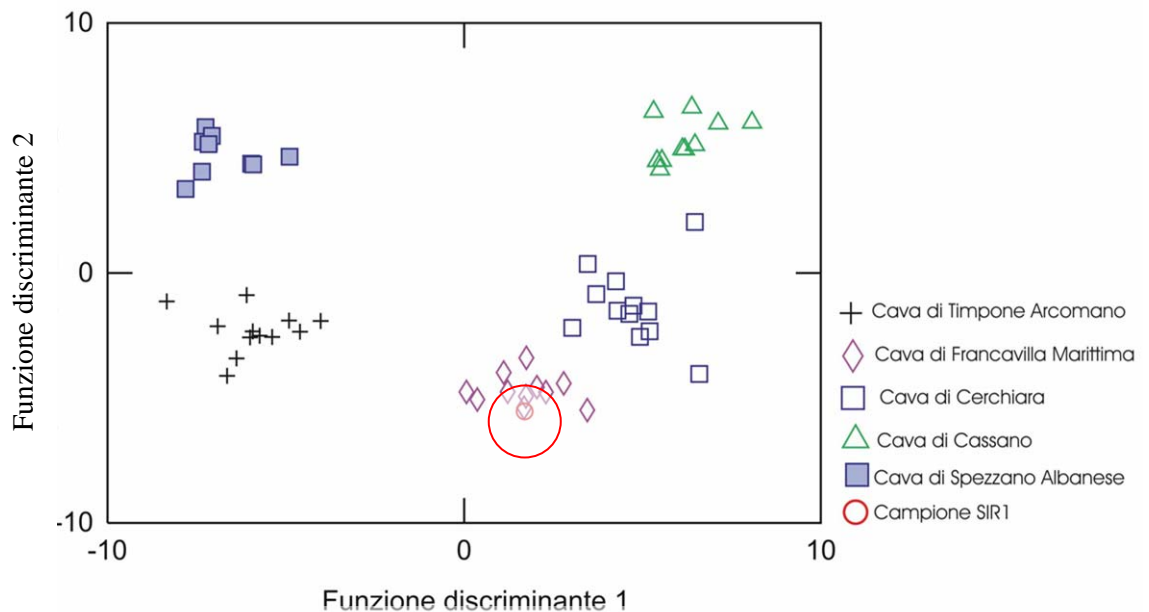


Fig. 6.78 Provenienza del campione SIR1 del Parco Archeologico di Sibari

Il reperto archeologico SIR2, prelevato all'interno dell'Emiciclo-Teatro tra la settima e l'ottava colonna, proviene dalla cava di Francavilla Marittima (Fig. 6.79).

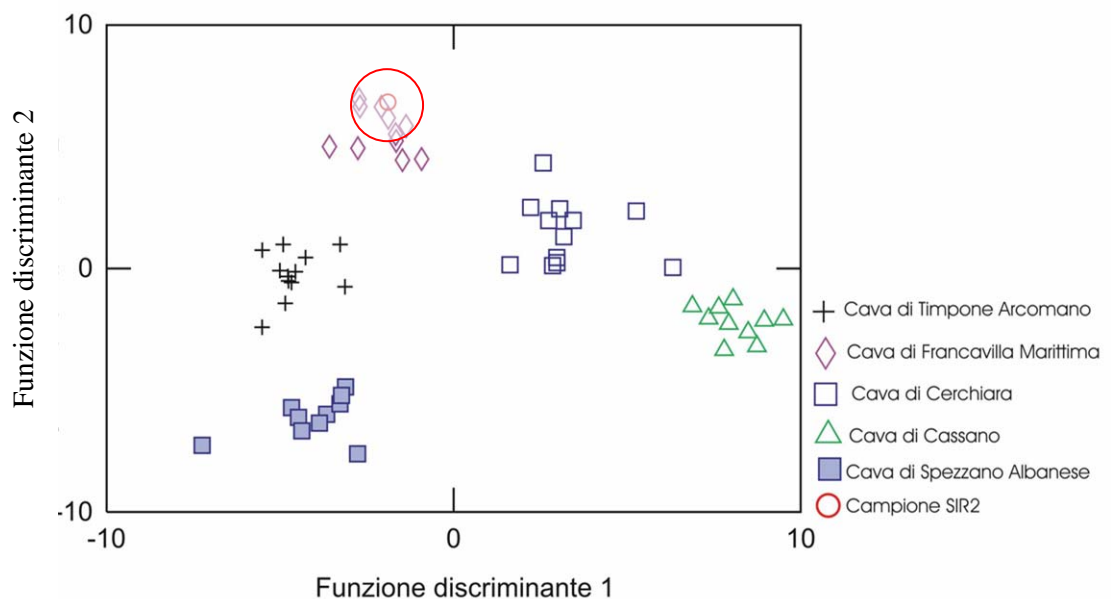


Fig. 6.79 Provenienza del campione SIR2 del Parco Archeologico di Sibari

Il campione SIR3, prelevato all'interno dell'Emiciclo- Teatro tra la settima e l'ottava colonna, proviene dalla cava di Spezzano Albanese (Fig. 6.80).

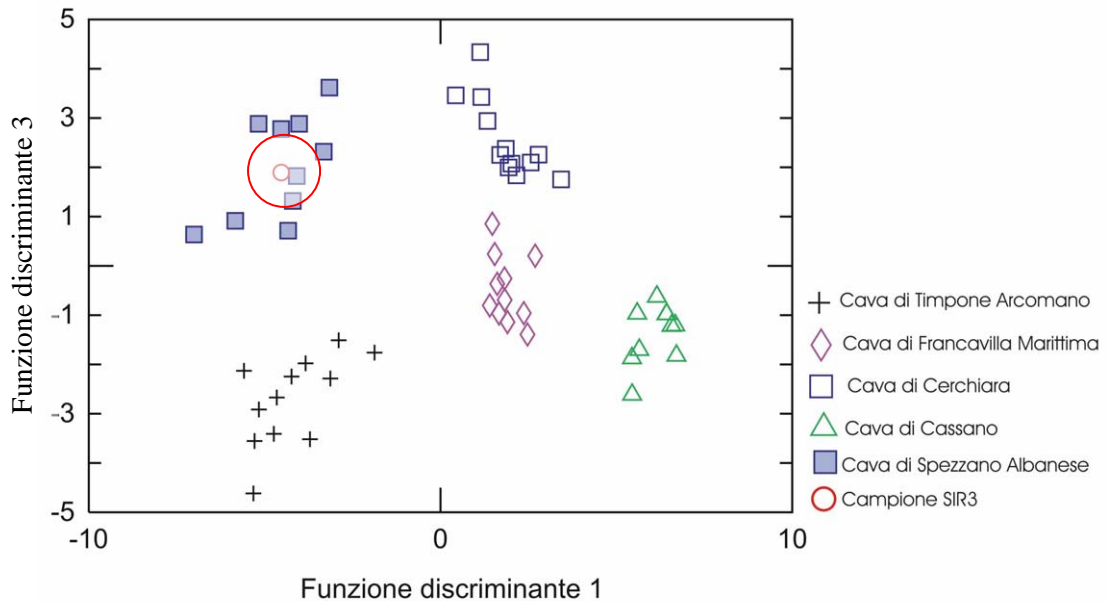


Fig. 6.80 Provenienza del campione SIR3 del Parco Archeologico di Sibari

Il reperto archeologico SIR4 campionato all'interno dell'Emiciclo- Teatro tra l'ottava e la nona colonna, proviene dalla cava di Timpone Arcomano (Fig. 6.81).

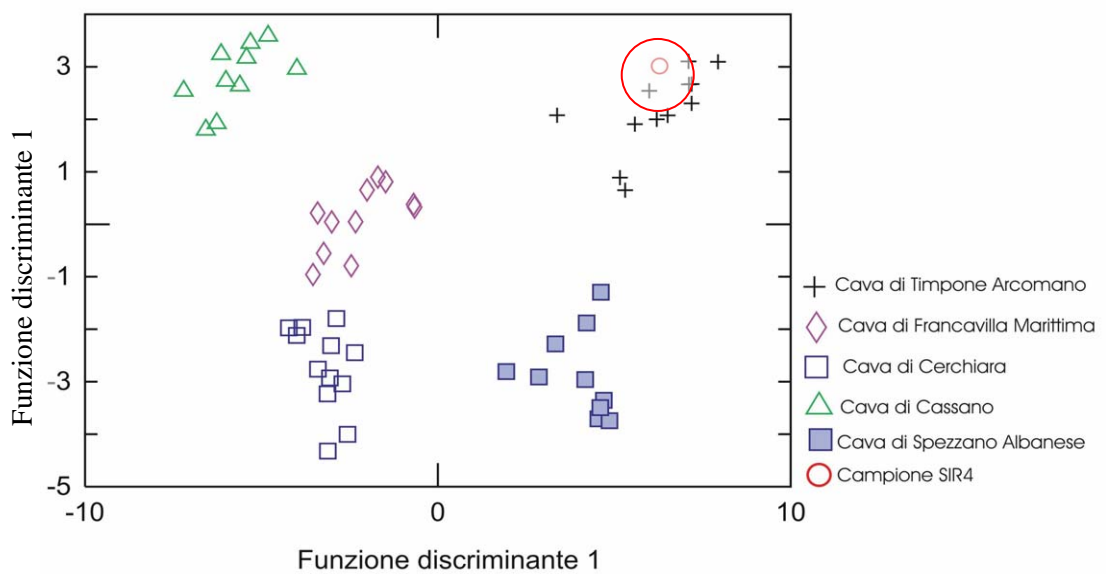


Fig. 6.81 Provenienza del campione SIR4 del Parco Archeologico di Sibari

Il campione SIR5 prelevato all'interno dell'Emiciclo-Teatro nella parte superiore del fusto dell'ottava colonna, appartiene alla cava di Timpone Arcomano (Fig. 6.82).

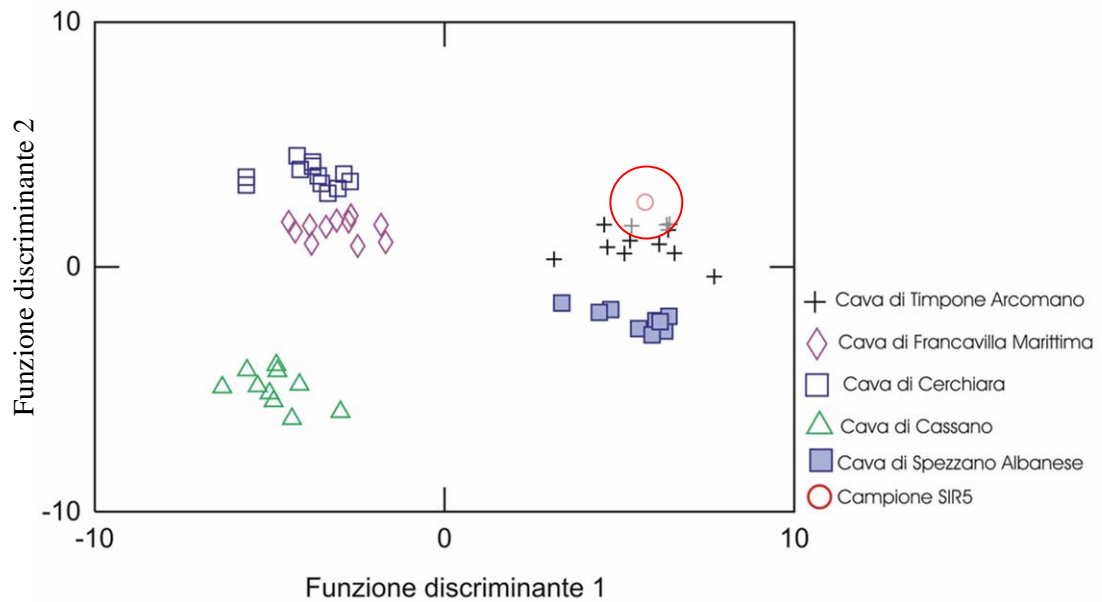


Fig. 6.82 Provenienza del campione SIR5 del Parco Archeologico di Sibari

Il campione SIR6 prelevato alla base di un muro dell'Emiciclo- Teatro, appartiene alla cava di Cerchiara (Fig. 6.83).

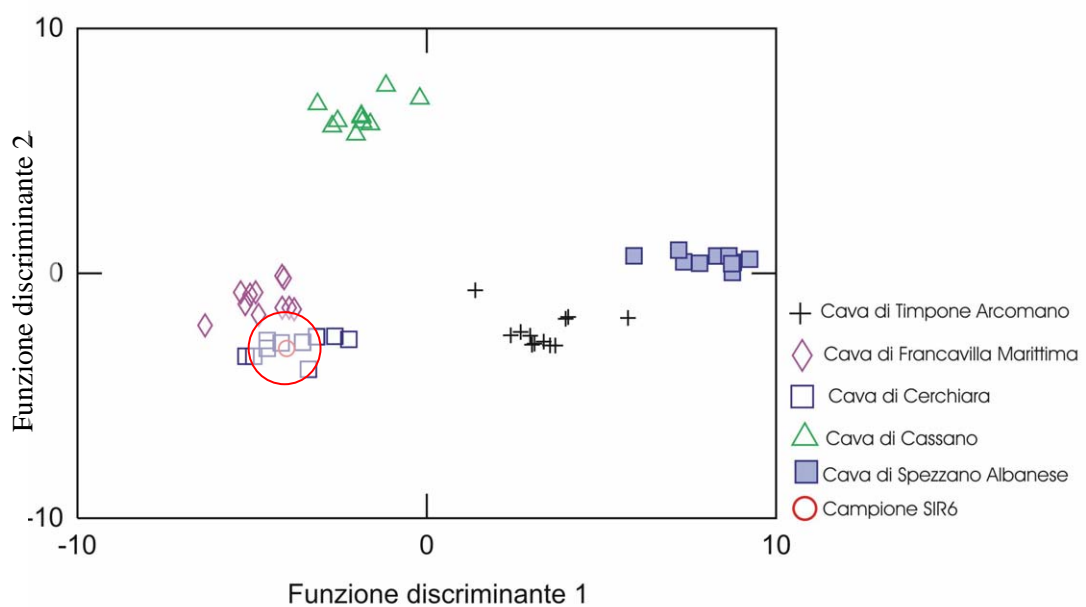


Fig. 6.83 Provenienza del campione SIR6 del Parco Archeologico di Sibari

Il reperto archeologico SIR8 campionato lungo la strada di collegamento N-S, proviene dalla cava di Timpone Arcomano (Fig. 6.84).

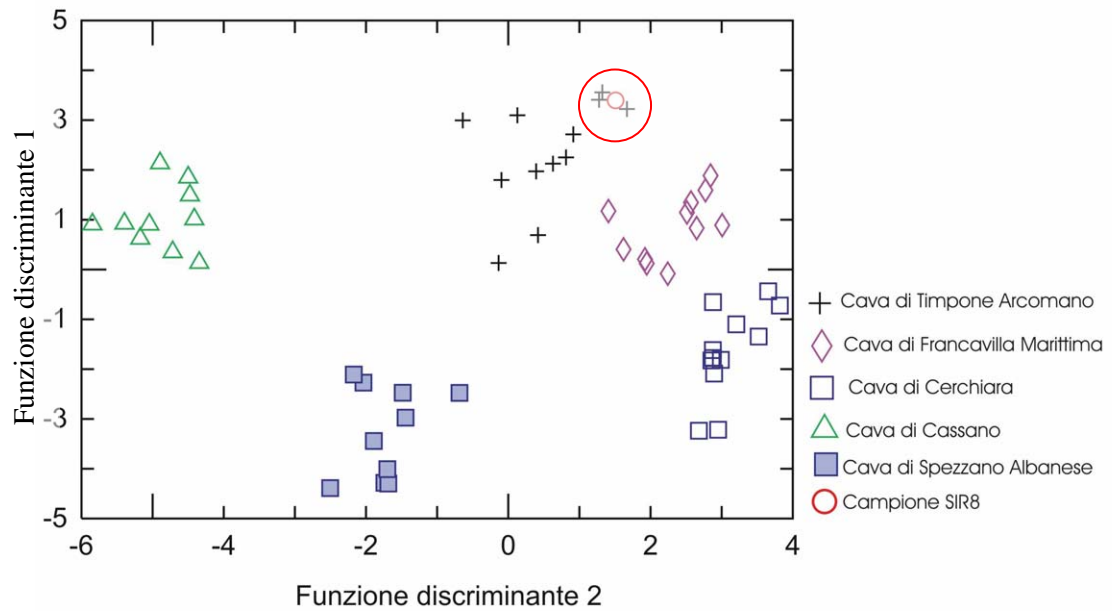


Fig. 6.84 Provenienza del campione SIR8 del Parco Archeologico di Sibari

Il campione SIR9 prelevato lungo la strada di collegamento N-S, appartiene alla cava di Timpone Arcomano (Fig. 6.85).

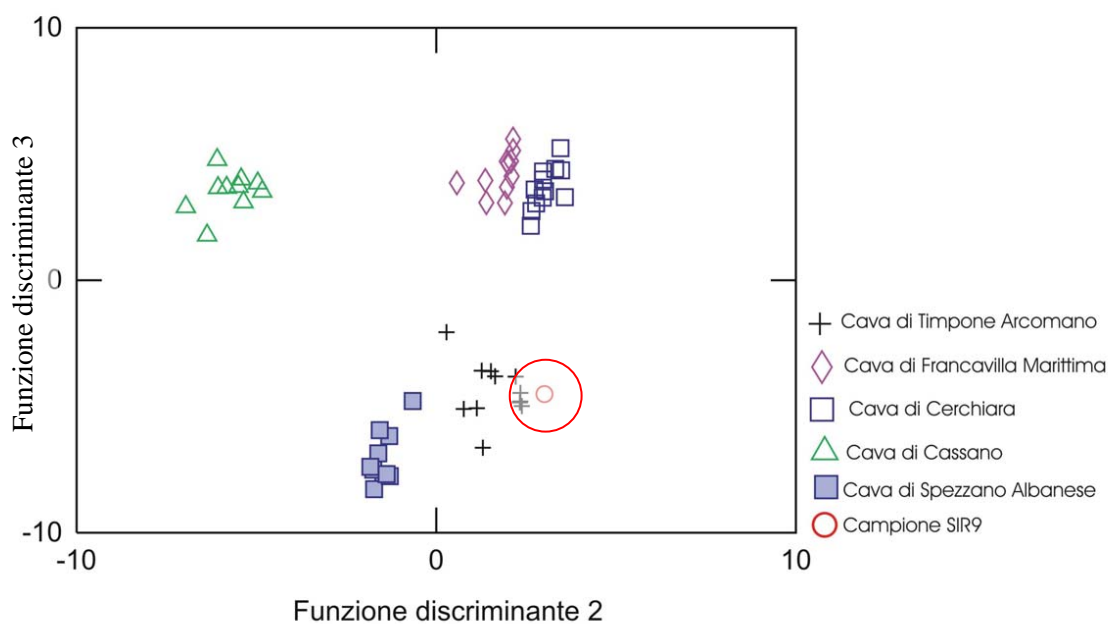


Fig. 6.85 Provenienza del campione SIR9 del Parco Archeologico di Sibari

Il reperto archeologico SIR10 prelevato in un piazzale adibito al deposito dei reperti recuperati all'interno dell'Emiciclo-Teatro appartiene alla cava di Timpone Arcomano (Fig. 6.86).

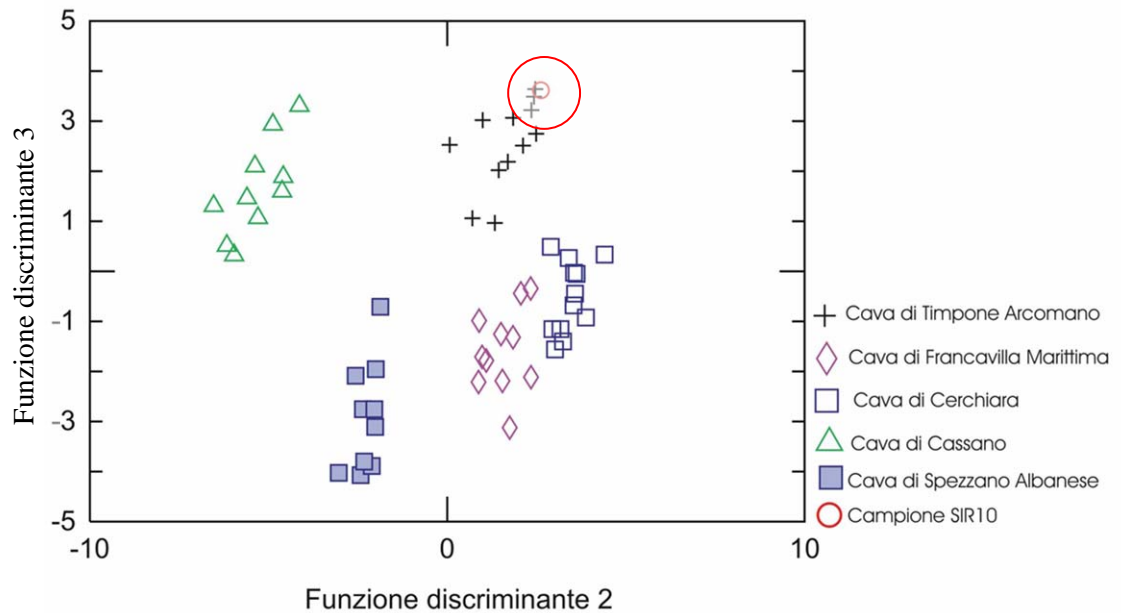


Fig. 6.86 Provenienza del campione SIR10 del Parco Archeologico di Sibari

Infine, il reperto archeologico SIR11 campionato in un piazzale adibito al deposito dei reperti prelevati all'interno dell'Emiciclo-Teatro, proviene dalla cava di Timpone Arcomano (Fig. 6.86).

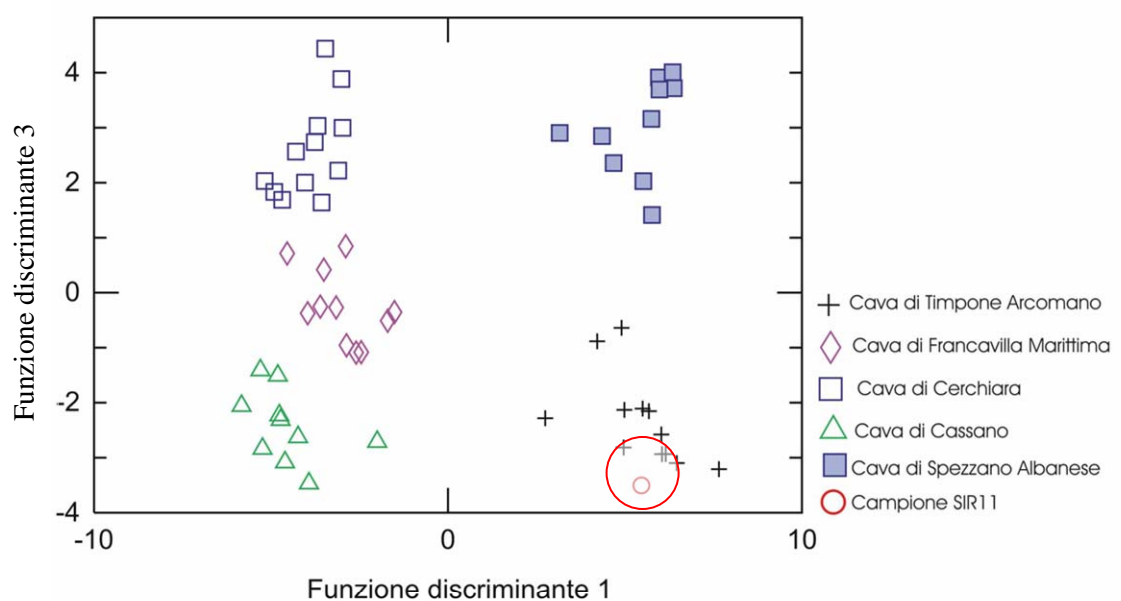


Fig. 6.87 Provenienza del campione SIR11 del Parco Archeologico di Sibari.

I risultati della spettrofotometria IR in trasformata di Fourier giocano un ruolo fondamentale nella separazione delle cave e la conseguente appartenenza dei reperti archeologici ad ognuna di esse. Da una prima osservazione degli spettri, riportati nel Cap. IV, non sembra possibile percepire delle differenze, tuttavia, realizzando degli ingrandimenti, in corrispondenza delle lunghezze d'onda che consentono di separare le cinque cave, è possibile osservare che in ogni spettro l'intensità dei picchi varia da campione a campione (Fig. 6.88, 6.89, 6.90, 6.91, 6.92, 6.93, 6.94), ecco perché determinati valori di trasmittanza ad un determinato numero d'onda sono fondamentali per la discriminazione delle differenti cave.

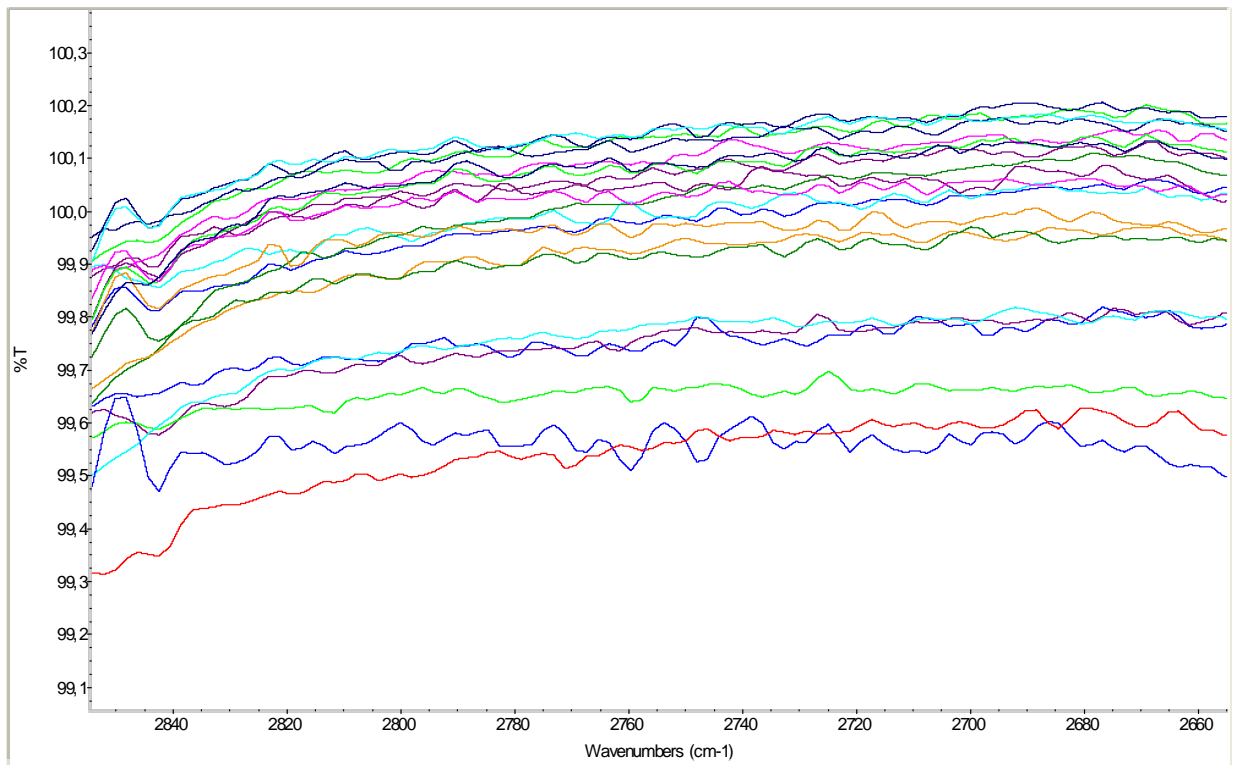


Fig. 6.88 Ingrandimenti degli spettri IR dei campioni della cava di Timpone Arcomano e di Spezzano Albanese relativi al numero d'onda compreso tra 2855 e 2655 cm^{-1} .

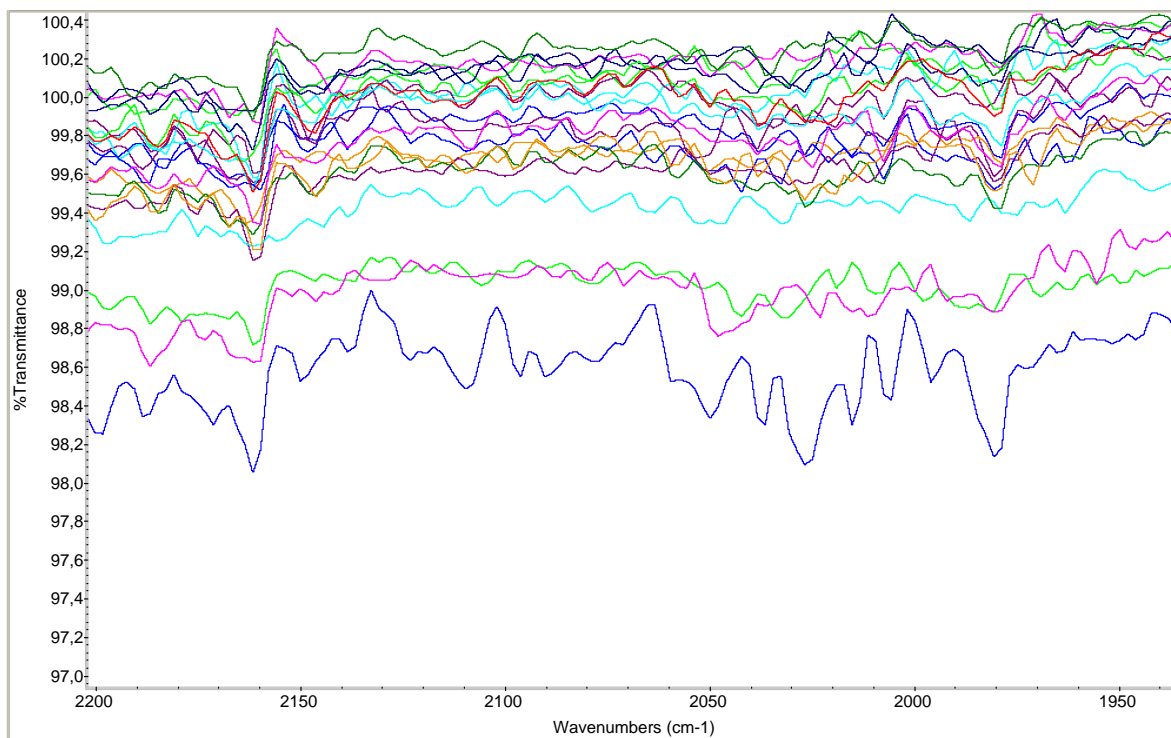


Fig. 6.89 Ingrandimenti degli spettri IR dei campioni della cava di Timpone Arcomano e di Spezzano Albanese relativi al numero d'onda compreso tra 2207 e 1935 cm^{-1} .

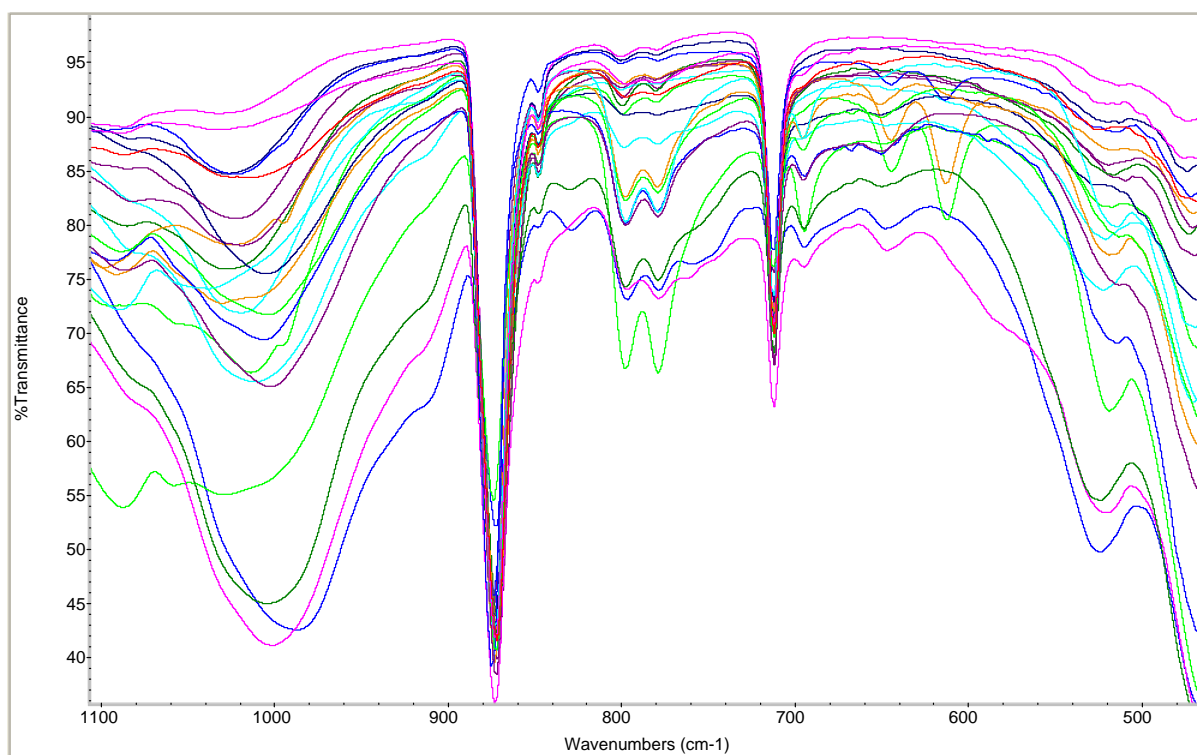


Fig. 6.90 Ingrandimenti degli spettri IR dei campioni della cava di Timpone Arcomano e di Spezzano Albanese relativi al numero d'onda compreso tra 1107 e 489 cm^{-1} .

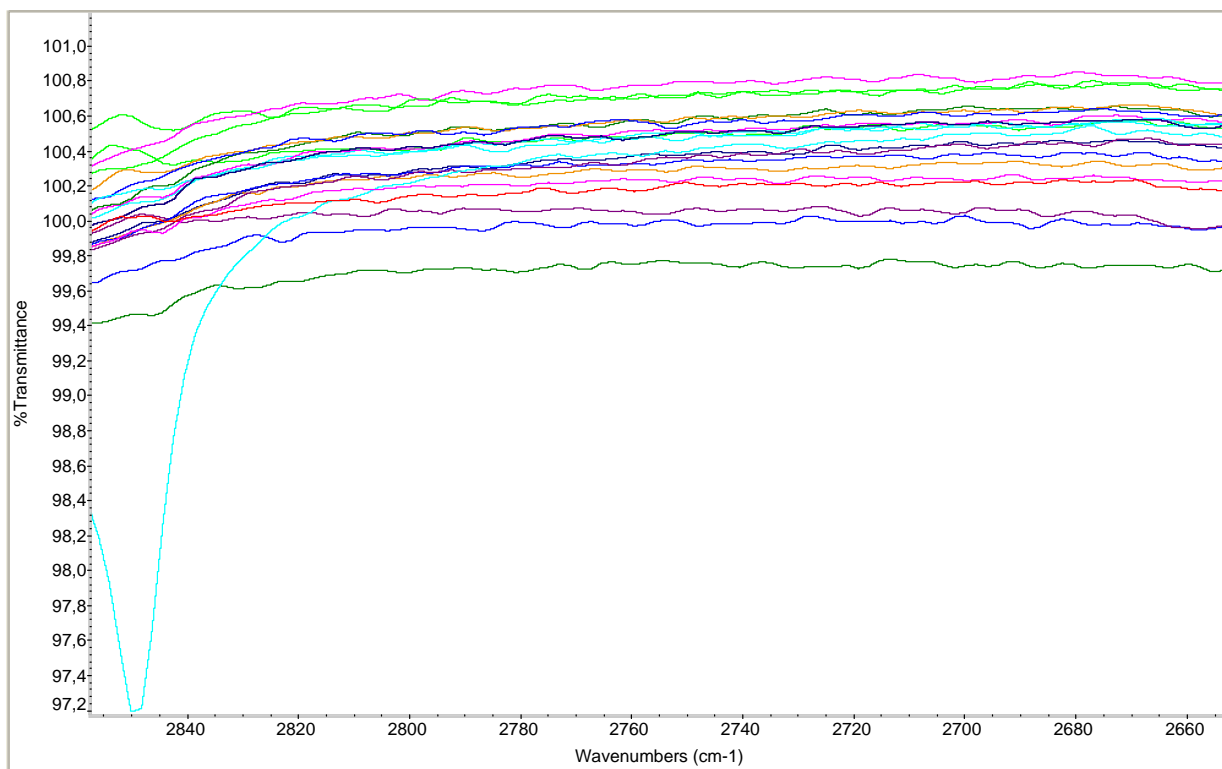


Fig. 6.91 Ingrandimenti degli spettri IR dei campioni della cava di Francavilla Marittima e di Cerchiara relativi al numero d'onda compreso tra 2855 e 2655 cm^{-1} .

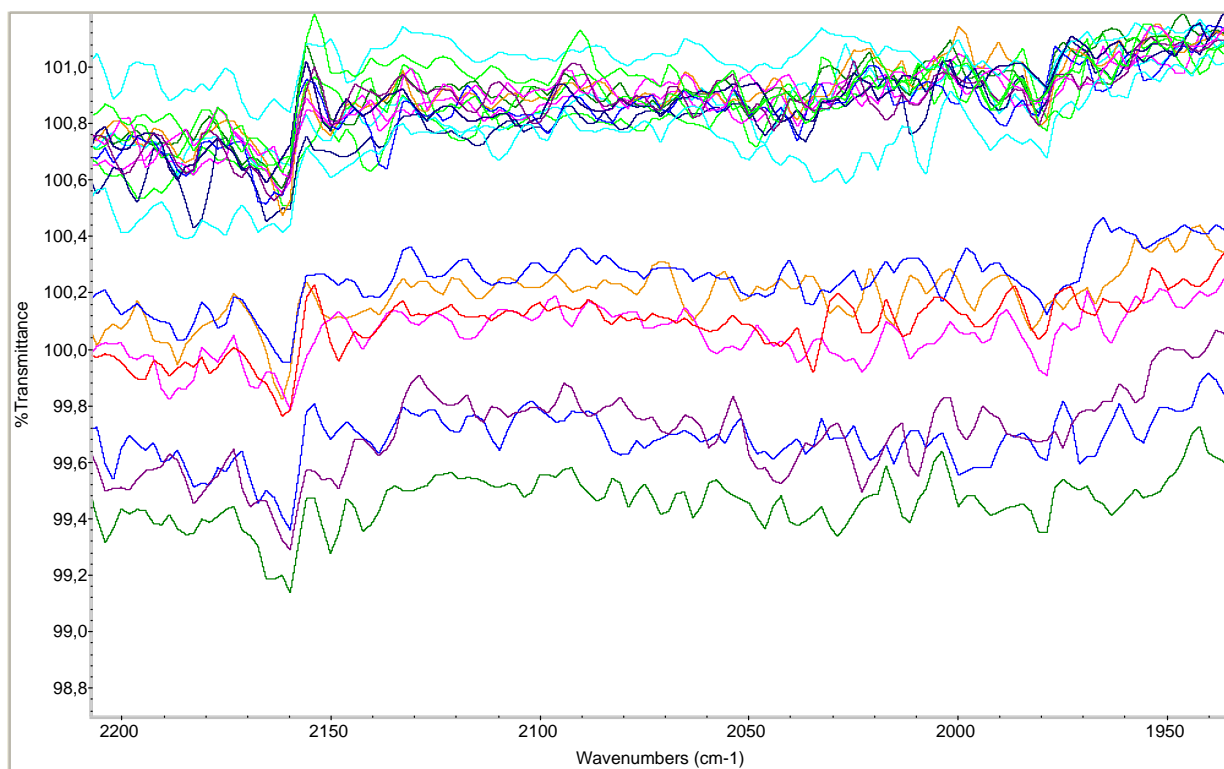


Fig. 6.92 Ingrandimenti degli spettri IR dei campioni della cava di Francavilla Marittima e di Cerchiara relativi al numero d'onda compreso tra 2207 e 1935 cm^{-1} .

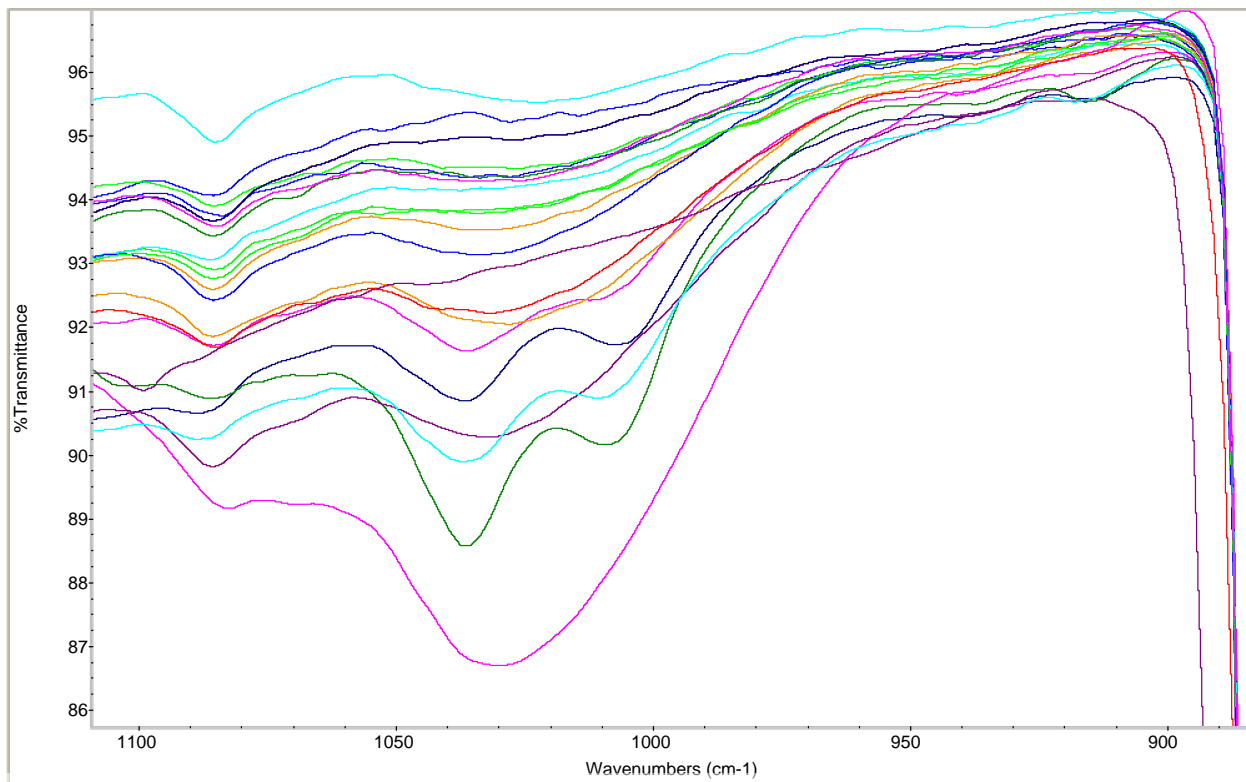


Fig. 6.93 Ingrandimenti degli spettri IR dei campioni della cava di Francavilla Marittima e di Cerchiara relativi al numero d'onda compreso tra 1107 e 884 cm^{-1} .

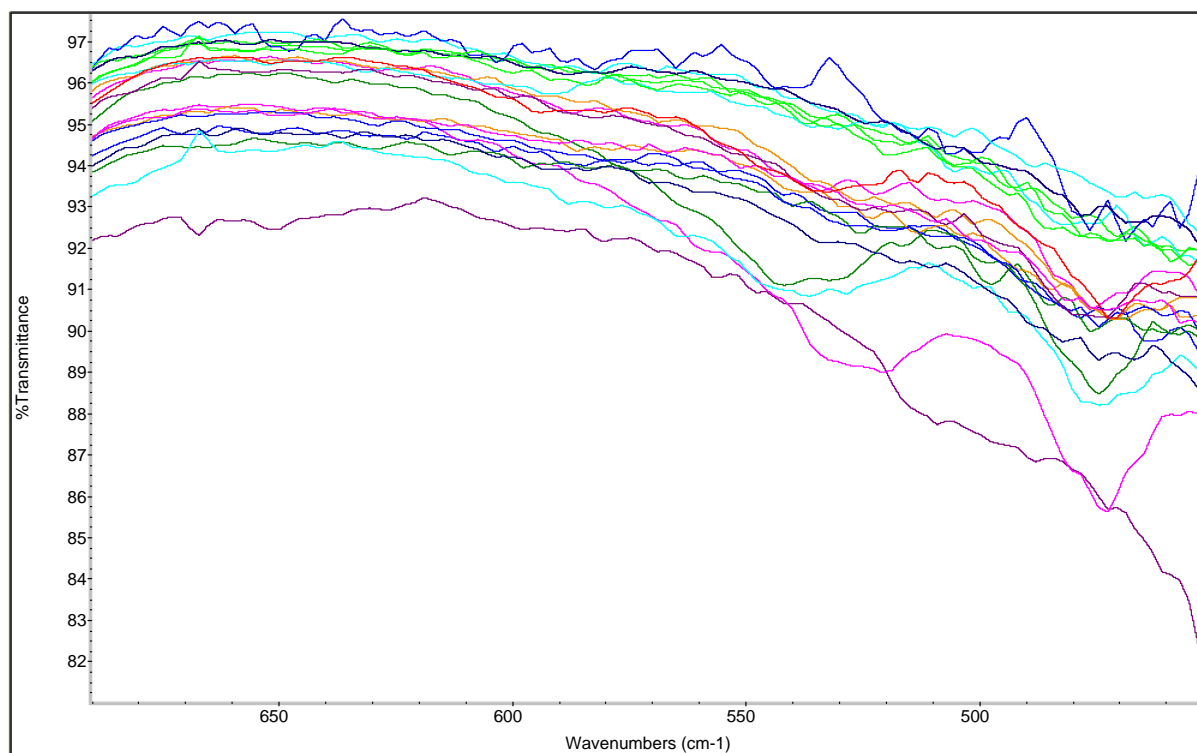


Fig. 6.94 Ingrandimenti degli spettri IR dei campioni della cava di Francavilla Marittima e di Cerchiara relativi al numero d'onda compreso tra 660 e 450 cm^{-1} .

Conclusioni

Lo studio sulla provenienza dei materiali lapidei del Parco Archeologico di Sibari fin'ora ha riguardato i manufatti architettonici di elevato pregio, come le colonne in marmo, ma non è stato affrontato uno studio inerente la provenienza delle rocce carbonatiche, usate come blocchi nella costruzione delle mura, in considerazione anche della complessità metodologica del problema. Con questo studio è stata colmata tale lacuna, determinando in modo univoco la provenienza dei materiali lapidei impiegati per la realizzazione del Parco Archeologico di Sibari. Nello specifico è stato possibile stabilire la provenienza di diversi campioni prelevati all'interno dell'area archeologica. La separazione delle differenti cave e l'assegnazione dei reperti archeologici alle stesse è stata possibile attraverso la messa a punto di una nuova procedura analitica basata su elaborazioni statistiche multivariate, che combina simultaneamente dati provenienti dagli spettri IR (usati in modo da considerare tutta l'informazione presente nello spettro e non soltanto quella relativa ai soli picchi) e da altre metodologie analitiche (XRF, colorimetria, Tg, Porosimetria). Tale procedura consente di discriminare rocce fortemente omogenee come quelle delle cave e dell'Emiciclo Teatro. La messa a punto di un nuovo approccio analitico è stata necessaria in quanto la sola applicazione delle metodologie classiche, quali la fluorescenza a raggi X, l'analisi microscopica in sezione sottile, l'analisi XRD ecc., non ha consentito di separare rocce fortemente omogenee, come quelle delle cave.

La spettrofotometria IR in trasformata di Fourier fin'ora, in letteratura, non ha prodotto risultati apprezzabili per la discriminazione di rocce carbonatiche fortemente omogenee; ma questo soltanto perché le variabili ricavate da tale tecnica, non erano mai state combinate in modo statisticamente rigoroso con quelle provenienti da altre metodologie analitiche e non era stata utilizzata tutta l'informazione spettrale.

In particolare, grazie all'applicazione di questo nuovo approccio multi analitico, è stato stabilito che il reperto archeologico SIR1, campionato alla base del muro dell'Emiciclo-Teatro, proviene dalla cava di Francavilla Marittima; il reperto archeologico SIR2, campionato tra la settima e l'ottava colonna all'interno dell'Emiciclo-Teatro, proviene dalla cava di Francavilla Marittima; il reperto archeologico SIR3, prelevato tra la settima e l'ottava colonna all'interno dell'Emiciclo-Teatro, proviene dalla cava di Spezzano Albanese; il reperto archeologico SIR4, campionato tra l'ottava e la nona colonna all'interno dell'Emiciclo-Teatro, proviene dalla cava di Timpone Arcomano; il campione SIR5, prelevato all'interno dell'Emiciclo-Teatro nella parte superiore del fusto dell'ottava colonna, appartiene alla cava di Timpone Arcomano; il campione SIR6 prelevato alla base di un muro dell'Emiciclo-Teatro, appartiene alla cava di Cerchiarà; i reperti archeologici SIR8 e SIR9, campionati lungo la strada di collegamento N-S, provengono dalla cava di Timpone Arcomano ed infine anche i reperti archeologici contraddistinti con la sigla SIR10 e SIR11, prelevati in un'area adibita al deposito dei reperti recuperati all'interno dell'Emiciclo-Teatro, provengono dalla cava di Timpone Arcomano. L'unica cava da cui non sono stati estratti anticamente materiali lapidei è la cava di Cassano.

Il lavoro ha dimostrato che i materiali impiegati per la realizzazione del Parco Arco Archeologico di Sibari provengono da zone prossime al sito archeologico. Probabilmente l'antico popolo della sibaritide usava come mezzo di collegamento il fiume Esaro per spostarsi verso occidente ed il fiume Crati per spostarsi verso sud. I due fiumi rappresentavano le uniche vie di collegamento; in effetti, lungo le valli dell'Esaro e del Crati, sono stati ritrovati resti di santuari che erano probabilmente utilizzati come zone di scambio e di mercato. Per i materiali provenienti dalla cava di Spezzano Albanese è possibile presupporre che la via di trasporto sia stata il fiume Crati, mentre i materiali lapidei provenienti dalla cava di Timpone Arcomano con ogni probabilità sono stati trasportati attraverso il fiume Esaro.

Bibliografia

- ADROVER GRACIA I., - 2001 – *Applicazione della spettrofotometria IR allo studio dei beni culturali*. Il Prato eds. Collana I Talenti, Milano, pagg. 1-95.
- AMOROSO G. G. 2002 – *Trattato di scienza della conservazione dei monumenti*, Alinea Editrice, Firenze.
- ANTONIOLI F., LAMBEK K., AMOROSI A., CORREGGIATI A., DEVOTI S., DEMURO S., MONACO C., MAROCCO R., PAGLIARULO R., ORRÚ P., SILENZI S. 2004 *Sea level at 8 and 22 ka cal BP along the Italian coastline*. In Antonioli F., Vai G.B. (eds.) . *Climex Maps Italy Explanatory Notes* pagg. 11-14.
- ARCOLAO C. 2001 – *Le ricette del restauro. Malte, intonaci, stucchi dal XV al XIX sec.*, Marsilio ed., Padova.
- BALDI P. 1996 – *Appunti di metodi matematici e statistici*, Clueb, Bologna.
- BARBIROLI G., RAGGI A. 1999/2000 – *La misura oggettiva del colore dei Beni Artistico-Architettonici come elemento di conoscenza scientifica e applicativa*, quaderni di ottica e fotonica - Colorimetria e Beni Culturali "Atti dei convegni di Firenze e Venezia", Centro editoriale toscano, Firenze.
- BARTON CHRISTOPHER C., LA POINTE PAUL R. 1995– *Fractals in the earth sciences*, Plenum Press, New York.
- BARRESE E., CIRRINCIONE R., CRISCI G.M., DE FRANCESCO A.M., GAGLIARDI F., GATTUSO C., MIRIELLO D. 2003– *Studio minero-petrografico e geochimico dei laterizi dell'emiciclo-teatro di Sibari(Calabria, Italia)*, Bollettino Acc. Gioenia Sci. Nat. Vol. 36 N° 363, pagg. 191-202..
- BASTOGNI M., FRATINI F. 2004– *Geologia, litologia, cave e deterioramento delle pietre fiorentine*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It. Vol. LXVI pagg. 27-42.
- BEARDSLEY F. R., GOLES G.G. 2001– *Sampling for provenance: Tailings from Prehistoric Stone Quarries in the South Pacific*. *Journal of Archeological Science*, vol. 28, pagg. 587-595.
- BELLUCCI R., TOZZI A., RADICATI B. 1999/2000 – *Le tecniche di indagine colorimetriche: un'applicazione e una prospettiva di ricerca*, quaderni di ottica e

- fotonica-Colorimetria e Beni Culturali "Atti dei convegni di Firenze e Venezia", Centro editoriale toscano, Firenze.
- BENGTSSON T., & NYCHKA D., 2001 – *Adaptive methods in numerical weather*. Proc. First Spanish workshop on spatio-modeling of environmental processes, Beniassin, Castellan (Spanish).
- BRANDI C. 2000 – *Teoria del restauro*, Einaudi.
- BELLUCCI R., TOZZI A., RADICATI B. 1999/2000 – *Le tecniche di indagine colorimetriche: un'applicazione e una prospettiva di ricerca*, quaderni di ottica e fotonica-Colorimetria e Beni Culturali "Atti dei convegni di Firenze e Venezia", Centro editoriale toscano, Firenze.
- BIORCIO R. 1993 – *L'analisi dei gruppi*, Franco Angeli, Milano.
- CARLONI G.C., 1963 – *Studio geologico del monte Sellaro (Calabria Settentrionale)*. Mem. Soc. Geol. It., IV, Bologna.
- CARROL R.J., CHEN R., LI. T.H., NEWTON H.J., SCHMIEDICHE H., WANG N., GEORGE E.I., 1997 – *Modeling ozone exposure in Harris Country, Texas*. Journal of the American Statistical Association Vol. 92, pgg. 392-413.
- CASTELLANO A., MARTINI M., SIBILIA E. 2002 - *Elementi di archeometria. Metodi fisici per i Beni Culturali*, Egea, Milano.
- CASTINO M., ROLLETTA EZIO 1991 – *Statistica applicata, metodi di trattamento dei dati per studenti universitari, ricercatori e tecnici*, Pccin, Padova.
- CHERUBINI C., COTECCHIA V., CUCCOVILLO T. 1991 – Caratterizzazione geotecnica dei sedimenti della Piana di Sibari in relazione ai ritrovamenti archeologici. Attività di ricerca nell'anno 1990-1991. SGE editoriali, pgg. 263-266.
- CHERUBINI C., COTECCHIA V., PAGLIARULO R. 1994 – Geological and geotechnical problems connected with the disappearance of the ancient city of Sybaris. Sc. And Tech. For Cultural Heritage Vol. 3, pgg. 95-112.
- CHERUBINI C., COTECCHIA V., PAGLIARULO L. 2000 – Subsidence in the Sybaris Plain (Italy). In Carbognin L., Gambolati G., Johnson A.I. (eds.) Land Subsidence, Ravenna, pgg. 3-15.
- CHERUBINI C., COTECCHIA V., PAGLIARULO L. 2005 – Review on Land subsidence in the Archaeological Site of Sybaris (Southern Italy). Giornale di Geologia Applicata vol. 1, pgg. 13-21.

- COLELLA A., 1988 – *International Workshop on fan deltas, Calabria, Italy*. Excursion guidebook.
- COLELLA A., 1988 – *Fault-controlled marine Gilbert-type fan deltas*. *Geology* vol. 16 pgg. 1031-1034.
- COLELLA A., DE BOER P.L. & NIO S.D. 1987 – *Sedimentology of a marine intermontane Pleistocene Gilbert-type fan delta complex in the Crati Basin, Calabria, Southern Italy*, *Sedimentology*, Vol. 34, pgg. 721-736.
- COTECCHIA V., & PAGLIARULO R., 2001 – *Environmental evolution of some archaeological sites on coastal areas: the case of ancient Sybaris*. *Proceedings 3rd International Congress on Science and technology for the safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin*, vol. 1 Alcalà de Henares, Spain, pgg. 96-101.
- COTECCHIA V., & PAGLIARULO R., 1996 – *State of the art in geological, hydrogeological and geotechnical researches carried on the archeological site of Sybaris*. *Geol. Appl. Idrogeol.*, Vol. 30, pgg. 43-54.
- COTECCHIA V., PAGLIARULO R., 1996 – *Evoluzione geo-ambientale dell'area ed indirizzi progettuali per la deviazione della falda idrica dal sito archeologico*. *Periodico di Mineralogia*, Vol. LXXIII, Bardi Editore, Roma.
- COTECCHIA V., DAI PRA G., MAGRI G., 1969 – *Oscillazioni tirreniane e Oloceniche del livello del mare nel Golfo di Tarant., corredate da datazioni col metodo del Radiocarbonio*. *Geol. Appl. Idrogeol.*, Vol. IV.
- CRESSIE N., 1993a – *Statistics for Spatial Data*. Wiley, New York.
- CRESSIE N., VERHOEF J.M., 1993b – *Spatial statistics analysis for the environmental and ecological data*. In Goodchild M.F., Parks B.O., Steyaert L.T. eds., *Environmental modelling with GIS*, Oxford University Press, New York, pgg. 404-413.
- CRESSIE J., & HUANG C., 1999 – *Classes of nonseparable, spatio-temporal stationary covariance functions*. *Journal of the American Statistical association*, vol. 94, pgg. 1330-1340.
- CRATI GROUP, 1981 – *The Crati submarine fan. A preliminary report*. 2nd IAS European Regional Meeting, Bologna.

- CRISCI G.M., DAVOLI M., DE FRANCESCO A.M., GAGLIARDI F., MERCURIO P., MIRIELLO D. 2001 – Metodo di studio delle fasi costruttive in architettura, Arkos, Fascicolo 4, N. 3, pgg. 36-41.
- CRISCI G. M., DE FRANCESCO A. M., GATTUSO C., MIRIELLO D. 2003 – *Un metodo geochimico per la determinazione di lapidei macroscopicamente omogenei. Un esempio di applicazione sui monumenti del centro storico di Cosenza*, Arkos, Anno IV, Nardini Editore, Aprile/Giugno, pgg. 52-59.
- CUCCI L. 2004 – *Raised marine terraces in the Northern Calabrian Arc (Southern Italy): a ~ 600000 years – long geological record of regional tectonic deformation*. Annals of Geophysics vol. 47 n°4 pgg. 1391-1406.
- CUCCI L. 2005 – *Geology versus myth: the Holocene evolution of the Sybaris Plain*. Annals of Geophysics vol. 48 n°6 pgg. 1017-1032.
- CULTRONE G. M., BARONE G., GANGEMI G., IOPPOLO S. RICCARDI M.P. 2001 – *Analysis of lapideous materials from the columns of the cathedral of St. Maria in Randazzo (Catania, Italy) and from their ancient quarries*. Journal of Cultural Heritage vol. 2 pgg. 199-207.
- DAVIS JOHN C. 1986 – *Statistics and data analysis in geology*. Second edition, John Wiley & Sons, New York.
- DE IACO S., MYERS D.E. & POSA D., 2001 – *Space-time analysis using a general product-sum model*. Statistics & Probability Letters, vol. 52, pgg. 21-28.
- DIGGLE P.J., RIBEIRO P.J.JR., 2007 – *Model-based Geostatistics*. Springer eds., pgg. 228.
- EVERITT B.S., DUNN G., 2001 – *Applied multivariate data analysis*. Second edition, Arnold, London.
- FABBRIS L., 1991 – *Abbinamento tra fonti d'errore nella formazione dei dati e misure dell'effetto degli errori sulle stime*. SIS Bollettino Contributi della Commissione Scientifica sulla qualità dei dati, vol. 22, pgg. 19-54.
- FEDER J. 1989 – *Fractals*, Plenum Press, New York.
- FONDAZIONE LERICI POLITECNICO DI MILANO UNIVERSITY MUSEUM PHILADELPHIA PENNSYLVANIA, 1967- *The search of Sybaris 1960-1965*. Lericci Editori.
- FOTI G. 1968 – *Sibari ieri e oggi*, L'arte tipografica eds.

- FUENTES M., SMITH R., 2001 – *A new class of nonstationary models*. Tech. report at North Carolina State University, Institute of statistics Mimeo Series 2534.
- FITZNER B. 1993 – *Porosity properties and weathering behaviour of natural stones. Methodology and examples*, Second course “Stone material in monuments: diagnosis and conservation”, Heraklion, 24 – 30 May, pgg. 43-54.
- FRANZINI M., LEZZERINI M. 2002 – *The stones of medieval buildings in Pisa and Lucca (Western Tuscany, Italy). 4 – “Agnano breccias” from Mt. Pisano*, Eur. J. Mineral., N. 14, pgg. 447-451.
- GALÁN E., CARRETERO M.I, MAYORAL E. 1999– *A methodology for locating the original quarries used for constructing historical buildings: application to Malaga Cathedral, Spain*, Engineering Geology Vol. 54, pgg. 287-298..
- GALDENZI S. 1997– *Initial Geological observations in caves boredring the Sibari Plain (Southern Itay)*, *Journal of Cave and Karst Studies* Vol. 59 N° 2, pgg. 81-86.
- GHISSETTI F., VEZZANI L., 1981 - *Contribution of structural analysis to understanding the geodynamic evolution of the Calabrian Arc (Southern Italy)*. *Journal of structural geology*, vol. 3, N°4 .
- GUERRICCHIO A., MELIDORO G., 1975 – *Ricerche di geologia applicata all’archeologia della città di Sibari sepolta*. Geol. Appl. E Idrogeol., Vol. X p.I.
- GUERRICCHIO A., RONCONI M.L., 1997 – *Osservazioni geomorfologiche nella Piana di Sibari e variazioni delle linee di costa storiche nella zona degli scavi archeologici*. I Quaderni I.R.F.E.A. vol. 12 pgg. 31.
- GIOVANNINI P., PARENTI R., CAMPOREALE S. 2002 – *Material structure and constructive history*, *Journal of Cultural Herutage*, N. 3, pgg.73-83.
- GRECO E., 1983– *Le città scomparse della Magna Grecia*, Newton Compton ed.
- GRINZATO E., BISON P.G., MARINETTI S. 2002 – *Monitoring of ancient buildings by thermal method*, *Journal of Cultural Heritage*, N. 3, pgg. 21-29.
- GUIDI G.F., 1999 – *Interventi di restauro - Analisi e costi delle indagini diagnostiche*, Dei, Roma.
- GUIDO D., 2002 – *Enciclopedia dei comuni della Calabria provincia di Cosenza*, Rubettino Editore, Soveria Mannelli.
- GUIDOTTI G.R., CASTAGNOLA A.M. 1987 – *Inquinamento ambientale e patrimonio architettonico*, Notiziario ENEA energia e innovazione, N. 52.

- KANHIGAN S. K., 1991 – *Multivariate statistical analysis. A conceptual introduction, second edition*, Radius Press, New York.
- KOCH GEORGE S. JR., LINK RICHARD F. 1980 – *Statistical analysis of geological data*, Dover publication, Inc., New York.
- KOLENIKOV S., & SMITH R., 2002 – *Spatio temporal modeling of the longitudinal pm2.5 data with missing values*. ASA Proceedings of Joint Statistical Meetings.
- KOSKO B. 1995 – *Il Fuzzy pensiero. Teoria e applicazioni della logica Fuzzy*, Baldini & Castoldi, Milano.
- JENKINS R., DE VRIES J.L., 1971 – *Spettrometria a raggi X in pratica*. Biblioteca tecnica Philips.
- LANZAFAME G. & ZUFFA G.G., 1976 – *Geologia e petrografia del foglio Bisignano (Bacino del Crati, Calabria)*, Geol. Romana, 15, pgg. 223-270.
- LAZZARINI L., 2004 *Pietre e marmi antichi natura, caratterizzazione, origine, storia d'uso, diffusione e collezionismo* Cedam eds., Padova pgg. 1-194.
- LEBART L., MORINEAU A., & FENELON J.P., 1982 – *Traitement des Données Statistiques, Méthodes et Programmes*. Dunod eds. Paris.
- LEVINE M. D., KREHBIEL C. T., BERENSON L. M. 2002 – *Statistica*, Apogeo, Milano.
- LISITZIN E., 1994 – *Sea-level changes*, Elsevier Oceanogr. Ser. 8 Sci. Publ. Co, pgg. 286.
- LORUSSO S., SCHIPPA B. 2001 – *Le metodologie scientifiche per lo studio dei beni culturali*, Pitagora, Bologna.
- LORUSSO S., 2002 – *La diagnostica per il controllo del sistema manufatto-ambiente*, Pitagora, Bologna.
- LUCCO BORLERA M., BRISI C. 1974 – *Lezioni di tecnologia dei materiali e chimica applicata*, Levrotto & Bella, Torino.
- MACCO G. B. 1998 – *Il microscopio polarizzatore e le sue applicazioni in petrografia*, Edizioni Kappa, Roma.
- MANDELBROT B. B. 2000 – *Gli oggetti frattali. Forma, caso e dimensione*, Biblioteca Einaudi, Torino.
- MANDELBROT B. B. 2001 – *Nel mondo dei frattali*, Di Renzo editore, Roma.

- MANTLER M., SHREINER M. 2000 – *X-Ray fluorescence spectrometry in art and archaeology*, X-Ray Spectrometry, N. 29, pgg. 3-13.
- MATTEINI M., MOLES A. 1993 – *Scienza e restauro*, Nardini ed., Firenze.
- MELLO E., 1983 – *Studio della provenienza di marmi bianchi mediante analisi degli elementi in tracce e uso della pattern recognition all'elaboratore elettronico*, Atti del Convegno "Marmo Restauro", Carrara, pgg. 150-162.
- MELLO E., MONNA D., ODDONE M. 1988 – *Discriminating sources of mediterranean marbles: a pattern recognition approach*, Archaeometry, N. 30, pgg. 102-108.
- MELLO E., MELONI S., MONNA D., ODDONE M. 1988 – *A computer-based pattern recognition approach to the provenance study of mediterranean marbles through trace elements analysis*, Proceedings of the Nato advanced research workshop on marble in ancient greece and Rome, Lucca, pgg. 283-301.
- MORBIDELLI L. 2003 – *Le rocce e i loro costituenti*, Bardi Ed., Roma.
- MOROPOULOU A., TSIOURVA TH., BISBIKOU K., TSANTILA V., BISCONTIN G., LONGEGA G., GROGGIA M., DALAKLIS E., PETRITAKI A 2002 – *Investigation Evaluation of cleaning procedures on the facades of the Bank of Greece historical building in the center of Athens*, Building and environment, N. 37, pgg. 753-760.
- MOTTANA A., 1989 – *Fondamenti di mineralogia geologica*, Zanichelli, Bologna.
- NALDI G., PARESCHI L. 2002 – *Matlab. Concetti e progetti*, Apogeo, Milano.
- NIU X. 1995 – *A symptotic properties of maximum likelihood estimates in a class of space-time regression model*, Journal of Multivariate analysis N°55, pgg. 82-104.
- NORMAL 3/80 – *Materiali lapidei: campionamento*. I.C.R.
- NORMAL 6/81 – *Caratterizzazione di materiali litici di cava*, I.C.R.
- NORMAL 10/82 – *Descrizione petrografica dei materiali lapidei naturali*, C.N.R.
- NORMAL 16/84 – *Caratterizzazione di materiali lapidei in opera e del loro stato di conservazione*, C.N.R.
- NORMAL 28/88 – *Composizione chimica dei materiali lapidei*, C.N.R.
- OGNIBEN L. 1969 – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*, memorie della società geologica italiana, vol. VIII, pgg. 453-763.

- ORTOLANI F., PAGLIUCA S., 2006 – *Geoarcheological evidences of cyclical climatic-environmental changes in the Mediterranean area (2500 bp- present day)*. Atti del convegno GeoSed pgg. 81-85.
- PAGANO S., 1997 – *Appunti di storia della Calabria antica*. Prometeo ed.
- PAGLIARULO R., 2006 – Coastal changes and the environmental evolution of the archaeological site of Sybaris (Southern Italy). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, vol. 29, pgg. 51-59.
- PAGLIARULO R., 2002 – The glacio-eustatic control on the evolution of the Sibari alluvial plain (Southern Italy). I Workshop “Late Quaternary sea level changes and coastal zone evolution” GI2 S Coast, Research Publication1, pgg. 57-60.
- PAGLIARULO R., COTECCHIA V., COOP M.R., CHERUBINI C. 1995 – Studio litostratigrafico e geotecnico della Paina di Sibari con riferimento all’evoluzione ambientale del sito archeologico. *Geol. Appl. e Idrogeol. Bari*, vol. 30 pgg. 357-391.
- PAGLIARULO R., COTECCHIA V. 2000 – Le influenze dell’evoluzione geomorfologica e della compressione dei sedimenti sulla scomparsa dell’antica Sybaris. In Lollino G (eds.) *Geological and Geotechnical influences in the preservation of historical and cultural heritage*. Torino, pgg. 715-722.
- PALADINO A., AND TROIANO 1989 – Calabria Citeriore. *Archeologia in Provincia di Cosenza*. Galasso eds, pgg. 1-192.
- PERRI E., 1996 – *Tettonica post-tortoniana del settore nord-occidentale dell’Arco Calabro*, Studi Geologici Camerti, XIV, pgg. 155-175.
- PIERI M., 1966 – *Marmologia dizionario di marmi, graniti italiani ed esteri*. Hoepli eds., Milano.
- POLLICE A., 2002 – *Kriging and mixed effects models: some connections and a case study on soil degradation*. Atti del Convegno dell’International Environmetrics Society “Ties 2002”.
- PALM W. J. 2001 – *Matlab 6 per l’ingegneria e le scienze*, McGraw-Hill Libri Italia, Milano.
- PETTIJOHN F.J. 1949 – *Sedimentary Rocks 1949*, New York.
- POLIKRETI K., MANIATIS Y. 2002 – *A new methodology for the provenance of marble based on EPR spectroscopy*, *Archaeometry*, February, Vol. 44, Part. 1, pgg.1-21.

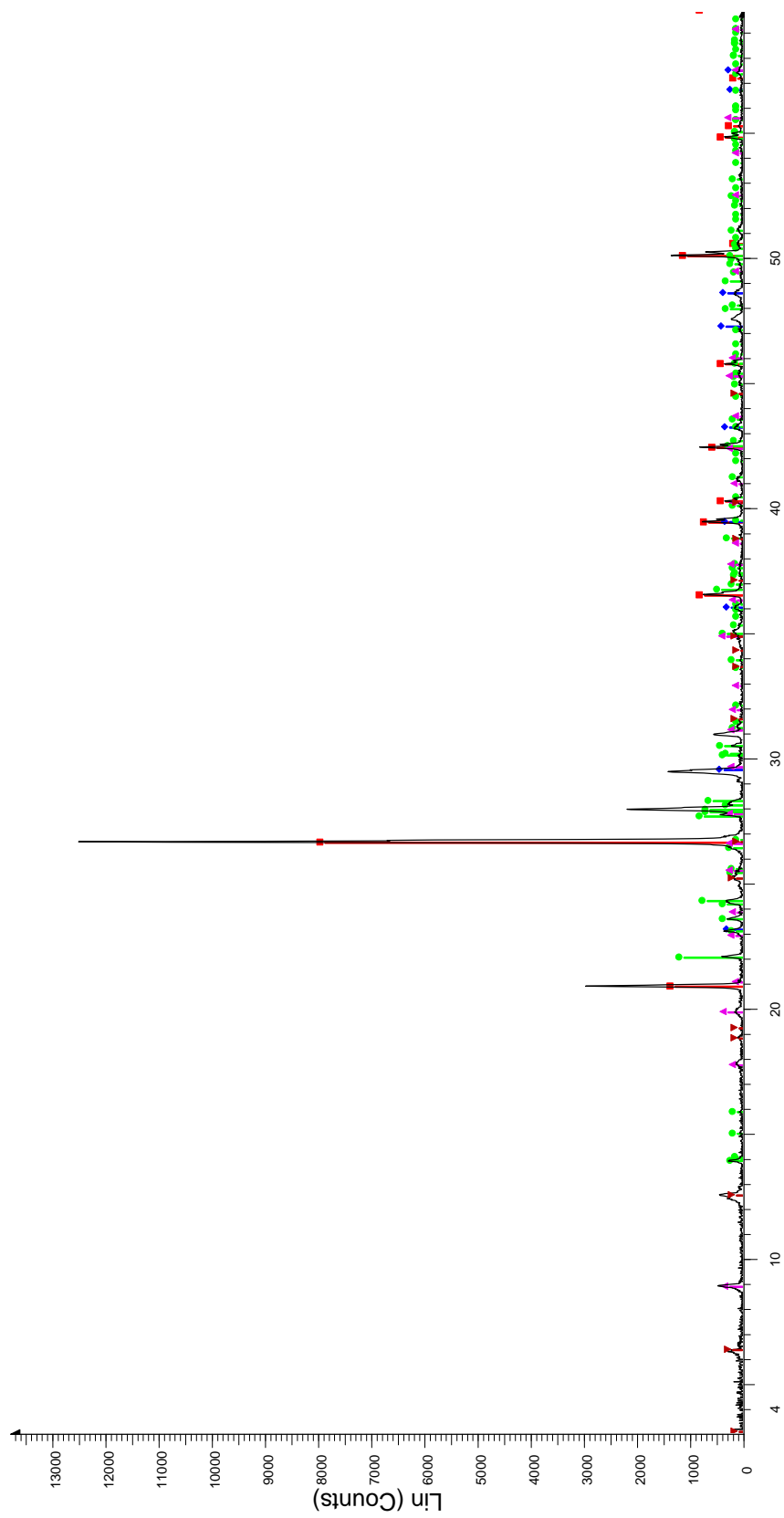
- RASPA G. 2000 - *Il ruolo della geostatistica nella modellizzazione ambientale*.
Acqua&Aria, pgg 81-87.
- RASPA G. 2004 - *Dispense di statistica*.
- RELLA R., SICILIANO P., VASANELLI L., GERARDI C., LICCIULLI A., 1999 –
Physical properties of osmium doped tin oxide thin films. Journal of Applied Physics
vol. 83 n°4 pgg. 2369-2371.
- RICCI LUCCHI F. 1980 – *Sedimentologia parte I. Materiali e tessiture dei sedimenti*,
Clueb, Bologna.
- SAMPER F.J., & CARRERA J., 1990 – *Geoestadística, aplicaciones a la Hidrología
subterránea*. Centro Internacional de Métodos numéricos en Ingeniería. Universidad
Politécnica de Catalunya, Barcelona, España, pgg. 17-64.
- SAMPSON P.D., GUTTORP P., 1992 – *Non parametric estimation of nonstationary
spatial covariance structure*. Journal of the American Statistical Association, Vol.
87, pgg. 108-119.
- SCHWARCZ H. P., RINK W. J. 2001 – *Dating Methods for sediments of caves and
rockshelters with examples from the Mediterranean Region*, Geoarcheology an
International Journal, Vol. 16, N. 4, pgg. 355-371.
- SPADEA P., TORTORICI L., LANZAFAME G., 1980 – *Serie ofiolitifere nell'area tra
Tarsia e Spezzano Albanese (Calabria): Stratigrafia, petrografia, rapporti
strutturali*. Mem. Soc. Geol. It. Vol. 17.
- TACQ J., 1997 – *Multivariate analysis techniques in social science research*, Sage
publications, London.
- TILL R. 1974 – *Statistical methods for the earth scientist, an introduction*, Macmillan,
New York.
- TODESCHINI R. 1998 – *Introduzione alla chemiometria*, Edises, Napoli.
- TORTORICI L., 1980 – *Osservazioni su una sintesi neotettonica preliminare della
Calabria settentrionale*. Pubbl. P.F. Geodinamica.
- VERONESI M., VISIOLI A. 2001 – *Logica Fuzzy: teoria ed applicazioni*, Franco
Angeli editore, Milano.
- VEZZANI L., 1968 – *I terreni plio-pleistocenici del basso Crati (Cosenza)*. Atti Acc.
Gioenia Sc. Nt. Catania, 20, pgg. 28.84.

- VITALI O. 1993 – *Statistica per le scienze applicate. Volume secondo*, Caccucci editore, Bari.
- ZECCHI R., GIORGI. G, FRANCAVILLA F., RONCHI A., 2003 – *Tendenze evolutive recenti del delta del fiume Crati (Calabria - Italy) sulla base della cartografia storica e delle immagini telerilevate*. Atti 7° Conferenza Nazionale ASITA, Verona.
- WALSH N., 1976 – *Nota di Geologia Applicata sul marmo “Grigio di Calabria”*. Geologia Tecnica, vol. 2, pgg. 1-23.
- WEBB P.A. ORR C.V, 1997 – Analytical methods in fine particle technology. Micromeritics Instrument Corporation.
- WESTERMARCK S., MARY JUPPO A., KERVINEN L., YLIRUUSI J. 1998 – Pore structure and surface area of mannitol powder, granules and tablets determined with mercury porosimetry and nitrogen adsorption, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, N. 46, pgg. 61-68.
- WILSON M. A., HOFF W. D., HALL C., MCKAY B., HILEY A. 2003 - Kinetics of moisture expansion in fired clay ceramics: a (time)^{1/4} law, *Physical Review Letters*, Vol. 90, n. 12, pp. da 125503-1 a 125503-4.

Ringraziamenti

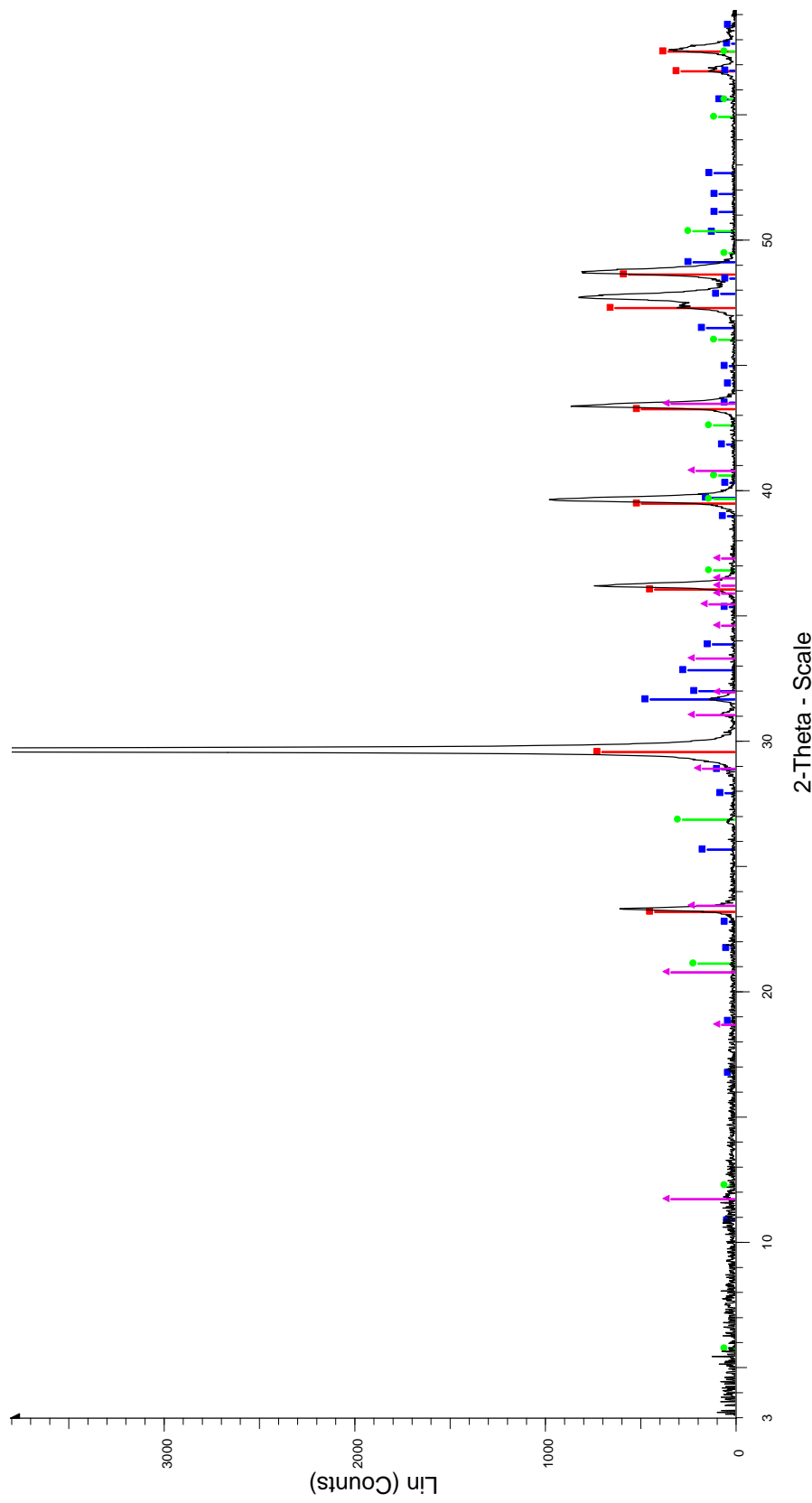
Alla fine di questo lavoro desidero ringraziare il Prof. Gino Mirocle Crisci per la grande fiducia che ha riposto in me, nonché per i preziosi insegnamenti. Un particolare ringraziamento va al Dott. Domenico Miriello guida indispensabile durante questi anni sempre disponibile a dirimere i mie dubbi. Inoltre, vorrei esprimere la mia sincera gratitudine a Marco Bocci per i numerosi consigli e per il sostegno morale. Infine ringrazio Ugo Lanzafame e Giancarlo Niceforo per la grande disponibilità durante l'esecuzione delle analisi chimiche e diffrattometriche.

Appendice



\fm1s - File: fm1s.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2.Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° -
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 ■ 00-046-1045 (*) - Quartz, sym - SiO2 - Y: 62.87 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 113.010 - I/c P
 ■ 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaO-CO2 - Y: 2.66 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36
 ■ 00-019-1184 (I) - Albite, ordered - NaAlSi3O8 - Y: 8.72 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.13800 - b 12.79000 - c 7.16100 - alpha 94.270 - beta 116.600 - gamma 87.690 - Base-centered - C-1 (0) - 4 - 664.590
 ■ 00-003-0849 (D) - Muscovite - H4K2(Al,Fe)6S6O24 - Y: 2.31 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.18000 - b 9.02000 - c 20.04000 - alpha 90.000 - beta 95.500 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/c (15) - 4
 ■ 00-031-0794 (I) - Corrensite - (Mg,Al)9(Si,Al)8O20(OH)10·4H2O - Y: 1.39 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.33700 - b 5.33700 - c 28.590000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P (0)

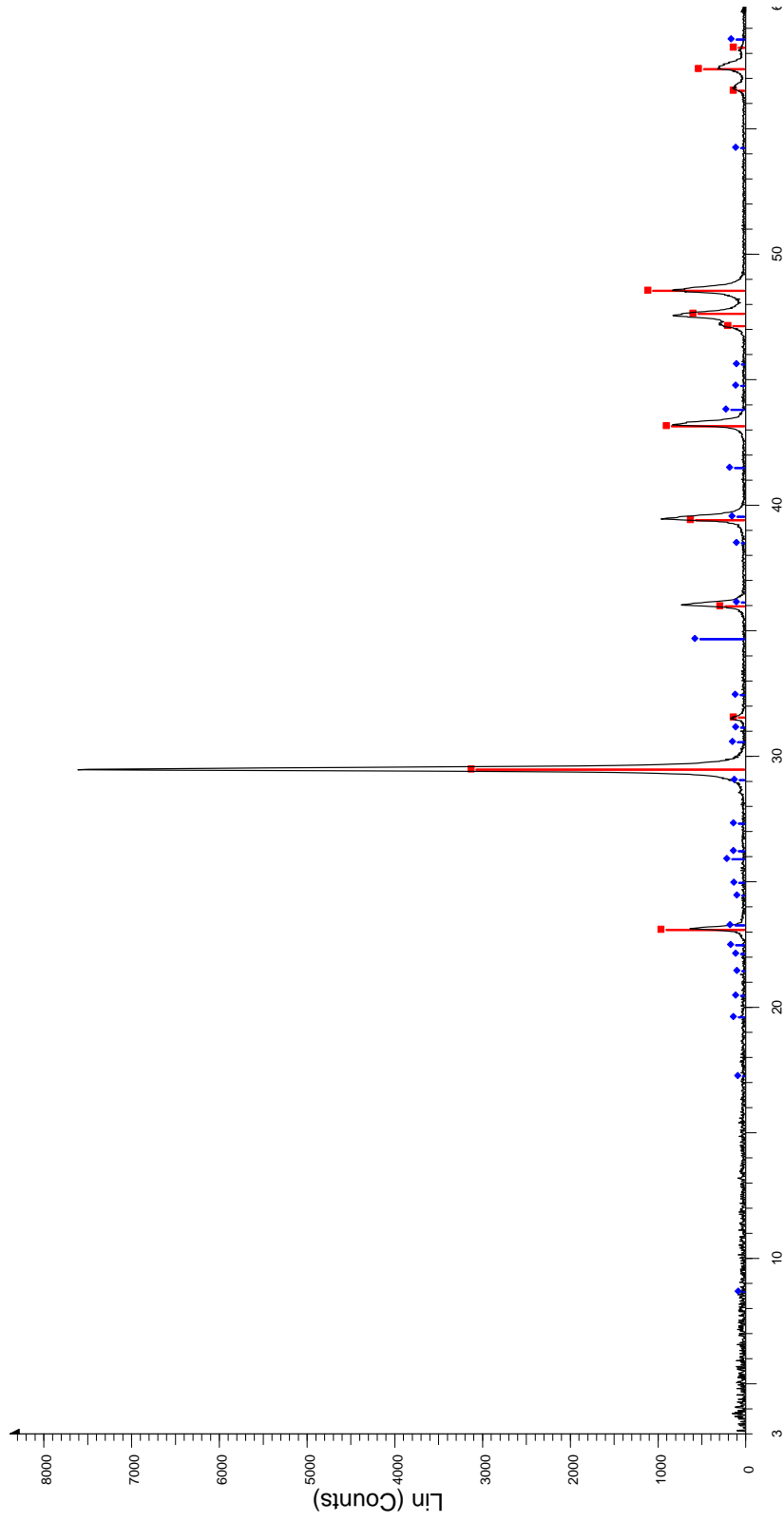
Diffratogramma del campione fms



fm1 - File: fm1.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Phi: 0.00 ° - X: Operations: Background 1.000,1.000 | Import

■ 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 8.32 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36
■ 00-045-0009 (*) - Fluorellestadite, syn - Ca₁₀(SiO₄)₃(SO₄)₃F₂ - Y: 5.28 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 9.44170 - b 9.44170 - c 6.93930 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P63/m (1)
● 00-003-0444 (D) - Quartz - SiO₂ - Y: 3.25 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.39300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.275 - F25= 4(0)
▲ 00-003-0044 (D) - Gypsum - CaSO₄·2H₂O - Y: 3.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 10.47000 - b 15.15000 - c 6.51000 - alpha 90.000 - beta 151.550 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/c (15) - 4 - 491.

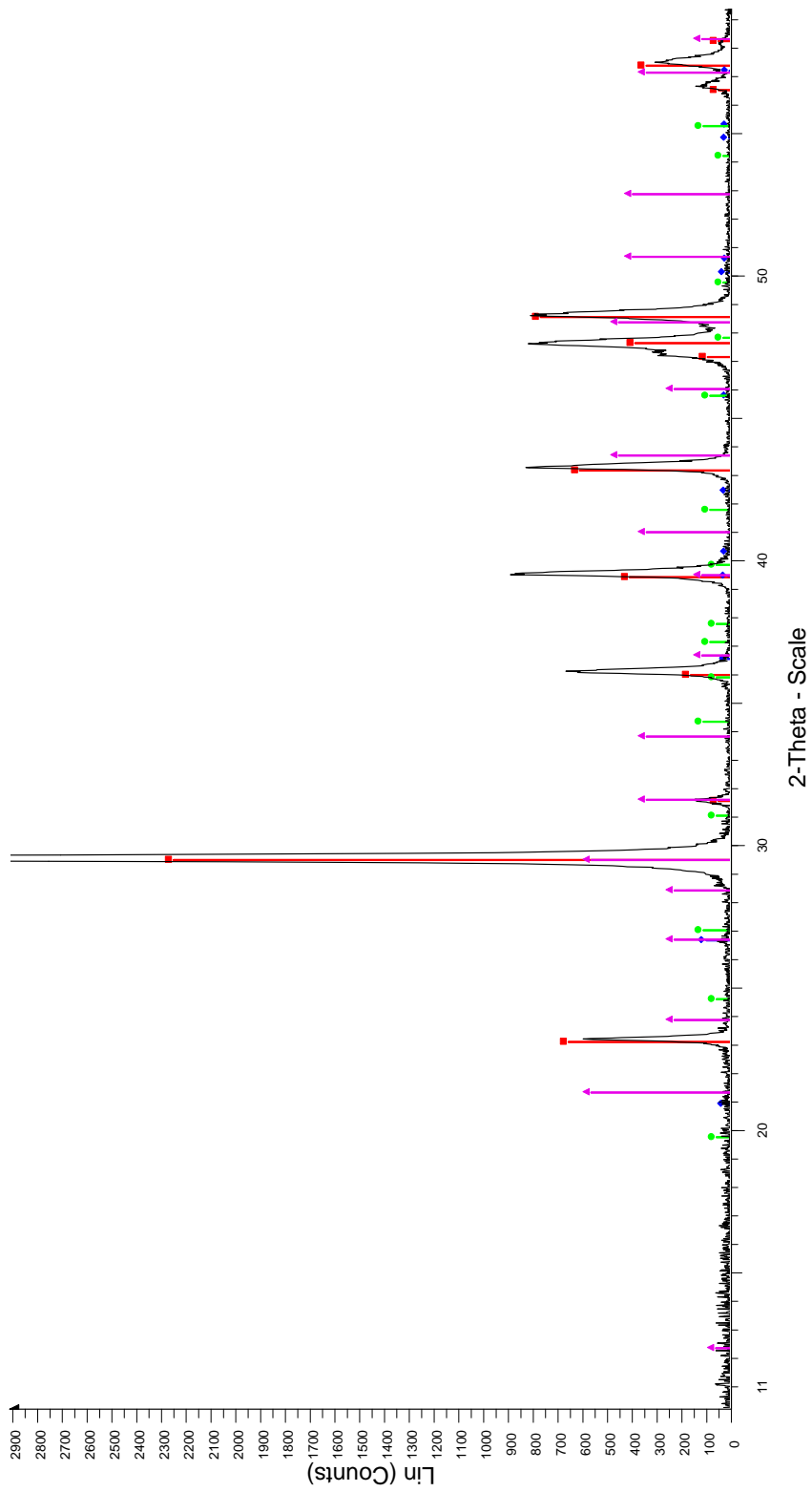
Diffratogramma del campione fm1



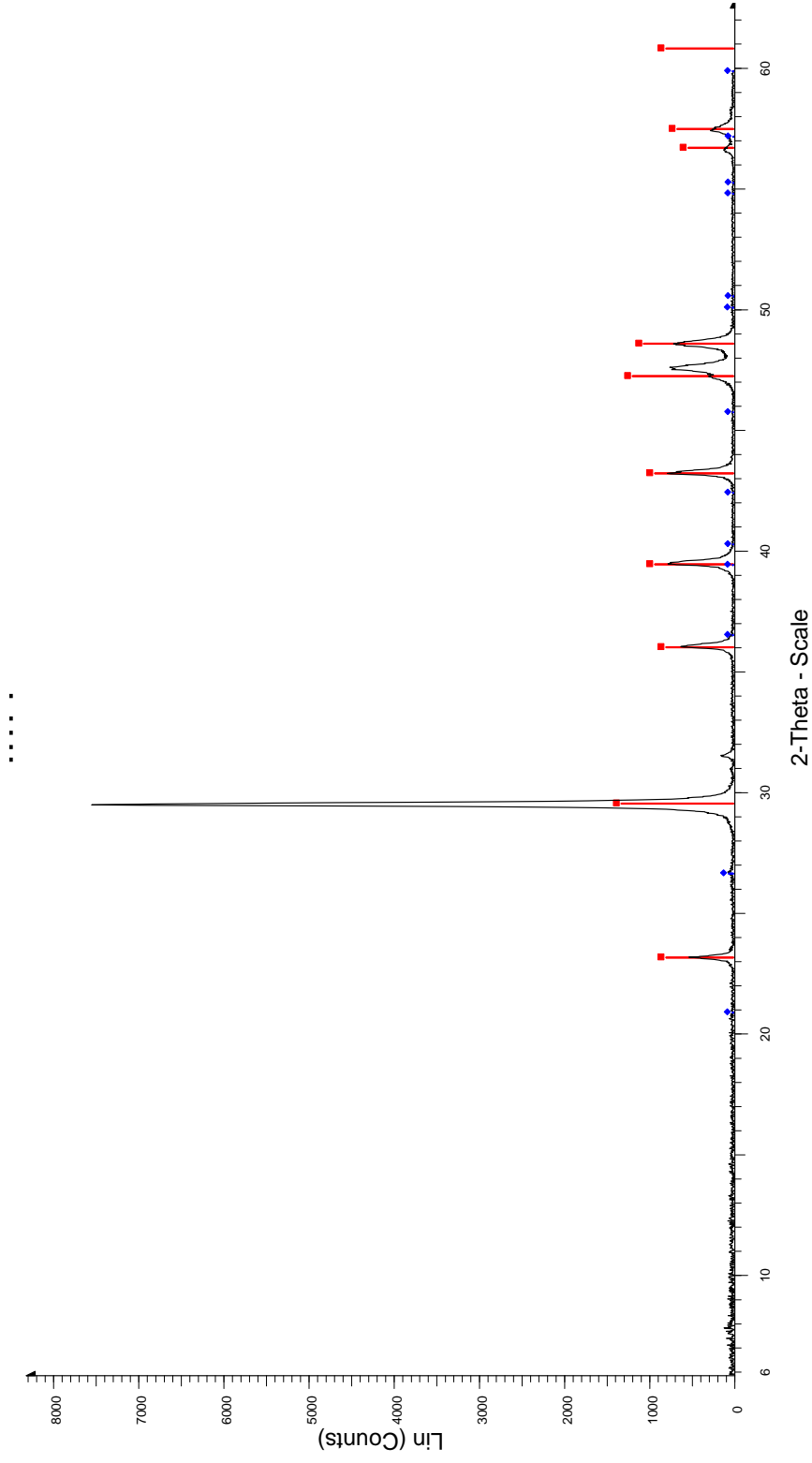
2-Theta - Scale

fm2 - File: fm2.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 00-024-0027 (D) - Calcite - CaCO3 - Y: 40.18 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.99000 - b 4.99000 - c 17.00200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 366.633 - F
 00-046-0742 (I) - Rubidium Aluminum Silicate - RbAl3Si3O11 - Y: 6.59 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.24300 - b 9.19800 - c 20.76400 - alpha 90.000 - beta 95.980 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/

Diffattogramma del campione fm2.

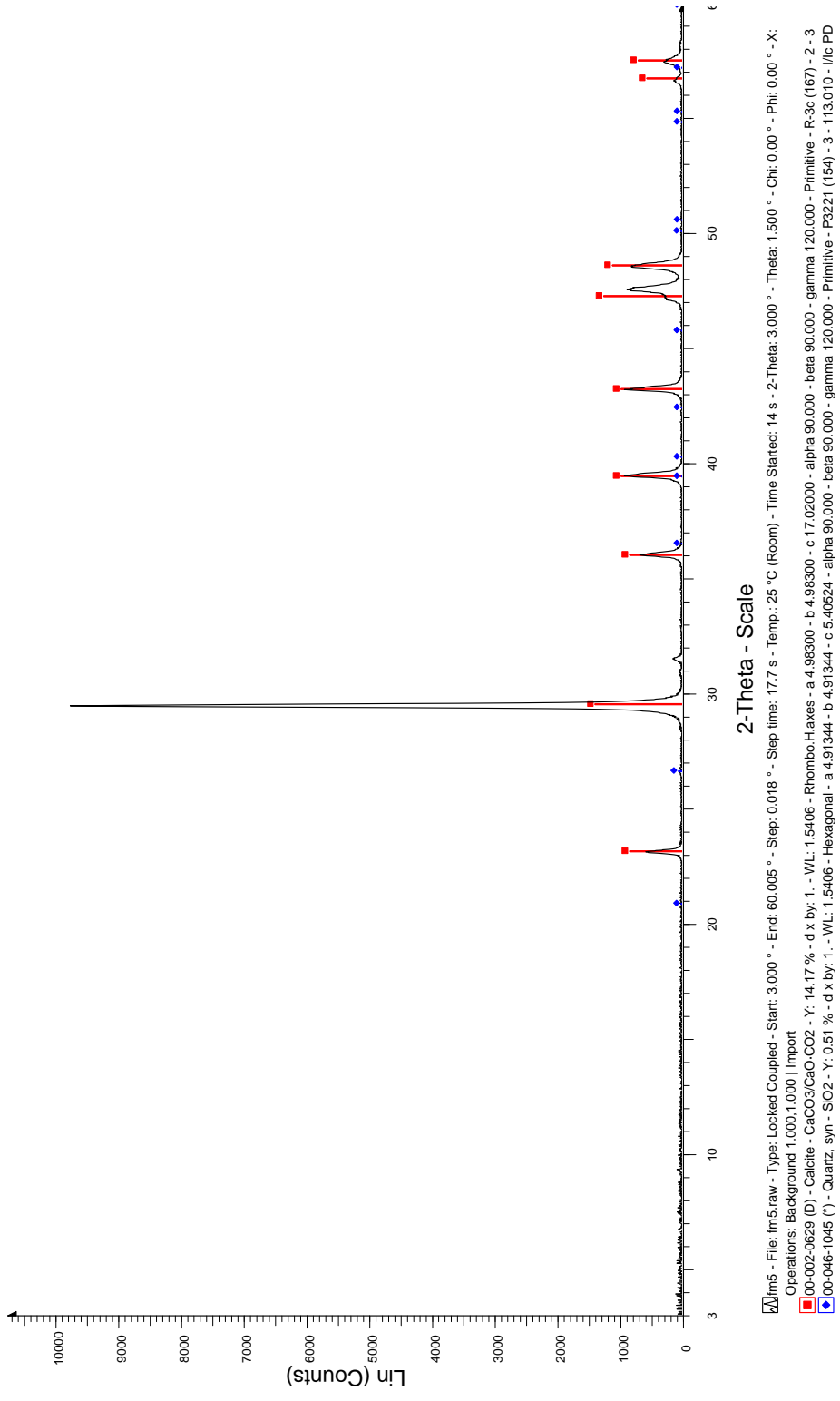


Diffratogramma del campione fm3.

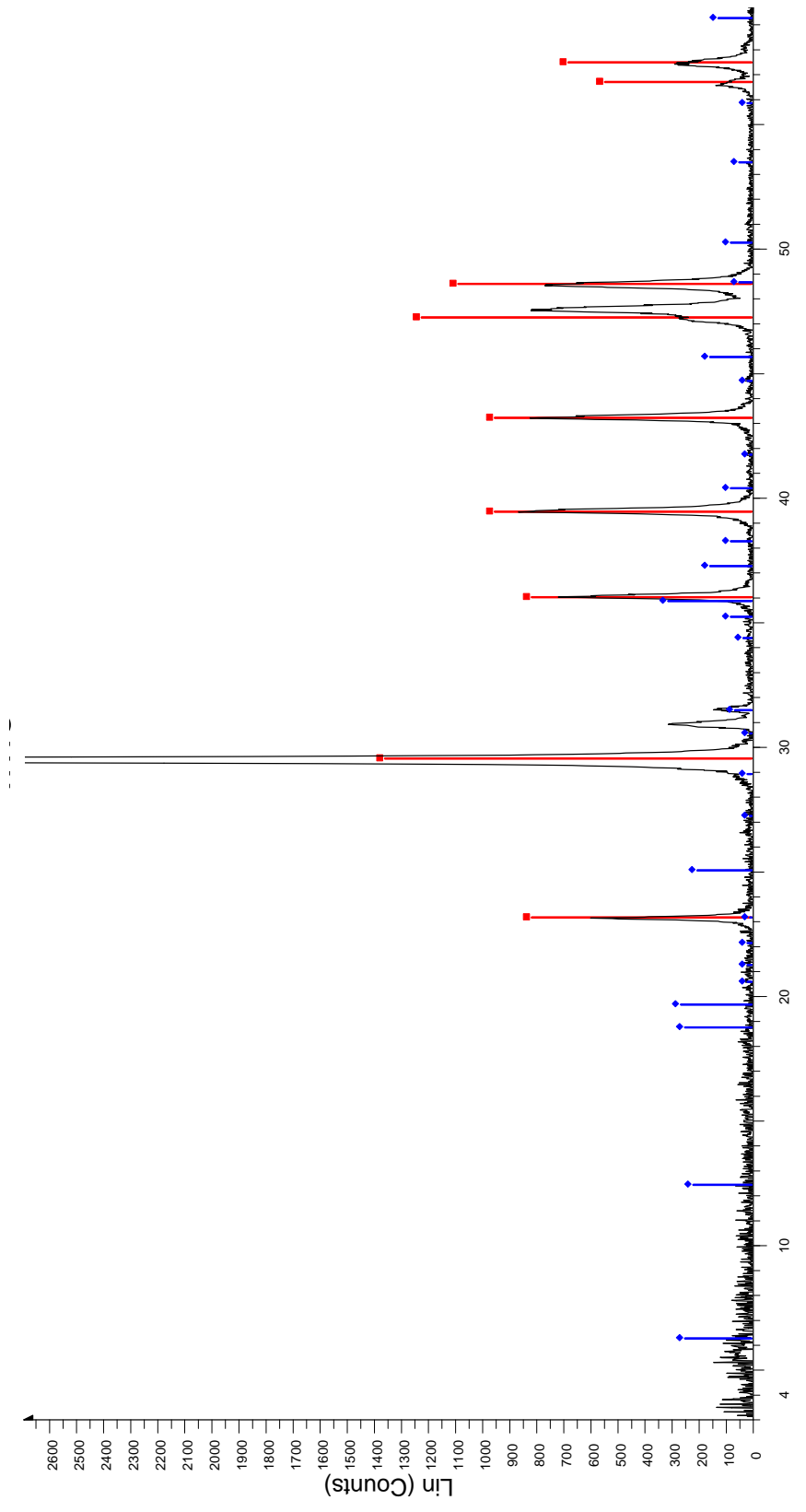


\fm4 - File: fm4.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 [00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 17.42 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 [00-046-1045 (1) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 0.67 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P321 (154) - 3 - 113.010 - I/c PD

Diffratogramma del campione fm4.

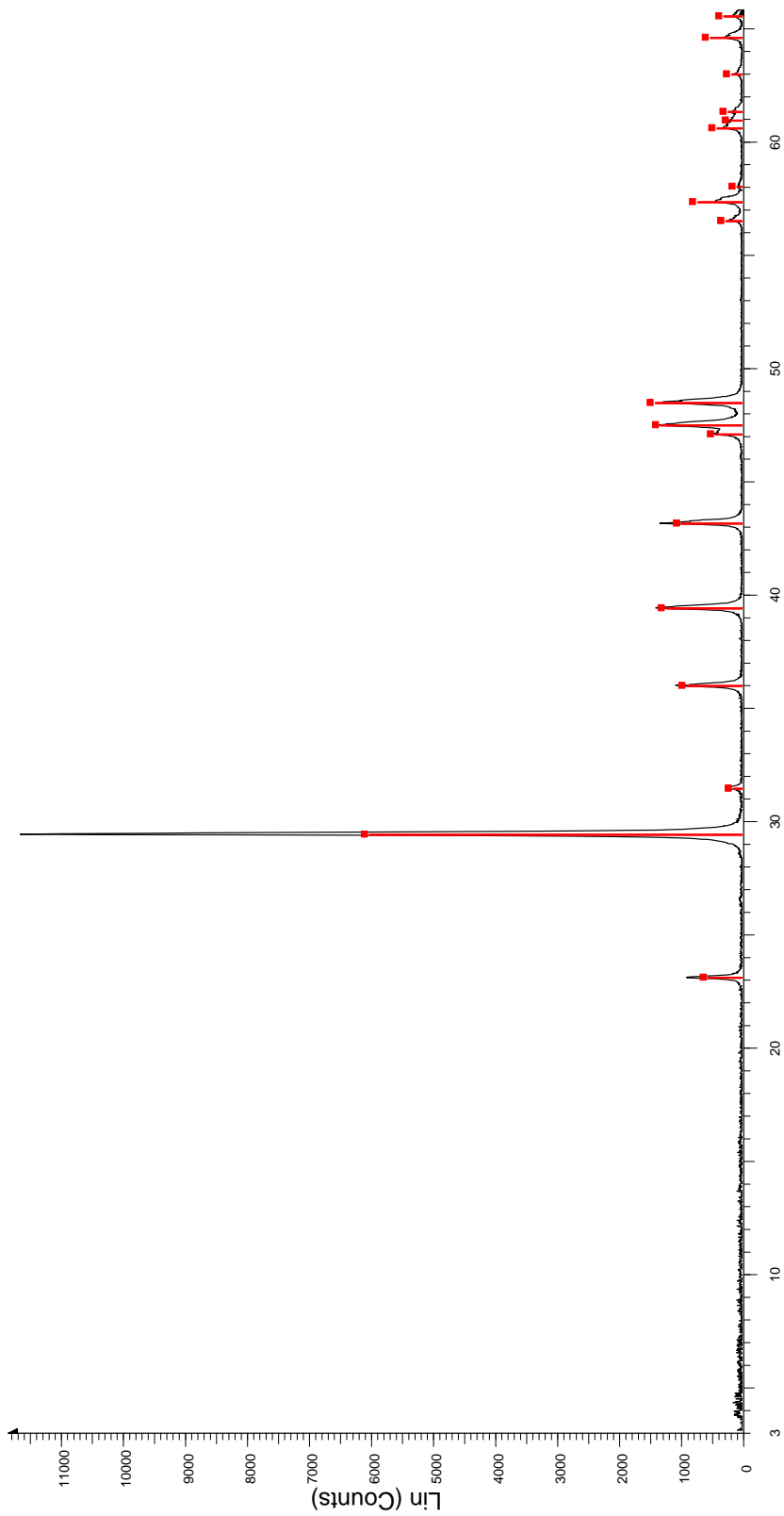


Diffratogramma del campione fm5.



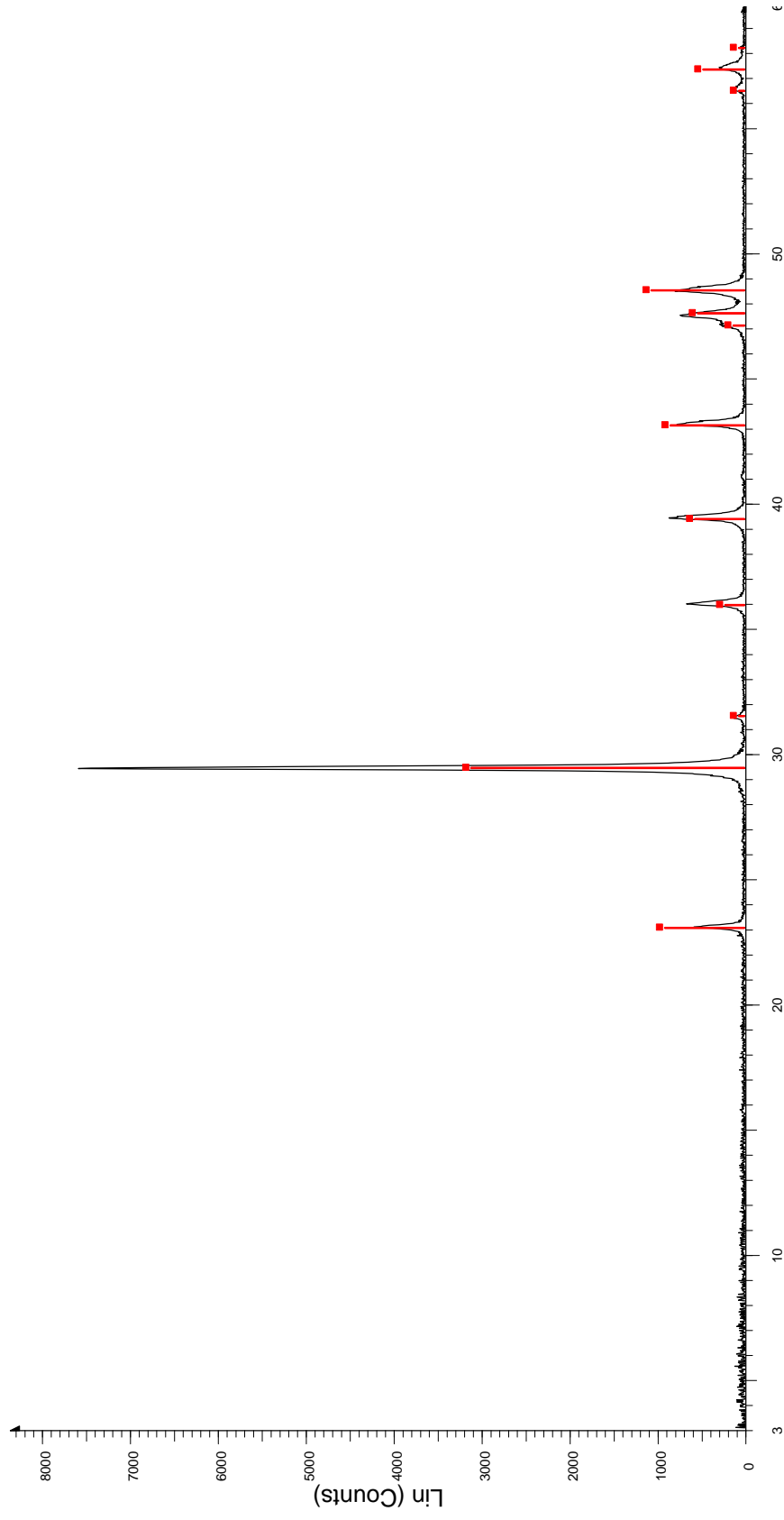
[X] fm6 - File: fm6.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Time Started: 17.7 s - Time Stopped: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 [■] 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 14.96 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 [◆] 00-013-0003 (D) - Chlorite - Mg₂Al₃(Si₃Al)₁₀(O)₈ - Y: 3.40 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.22000 - b 9.10000 - c 14.21000 - alpha 90.000 - beta 97.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 2

Diffattogramma del campione fm6.



fm7 - File: fm7.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 24.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000, 1.000 | X Offset 0.000 | X Offset 0.000 | X Offset 0.000 | X Offset 0.000 | X Offset 0.000 |
 00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO₃ - Y: 51.58 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F

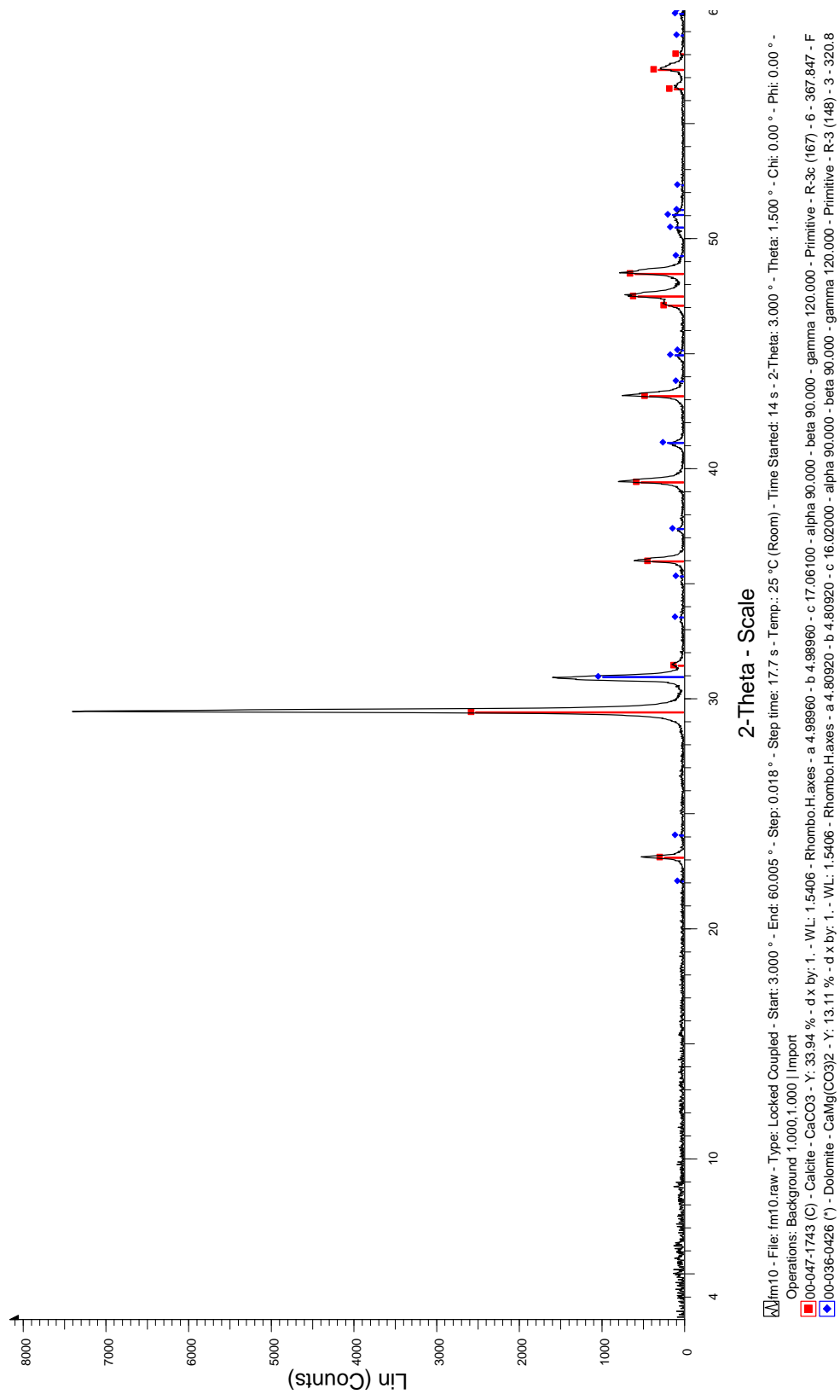
Diffratogramma del campione fm7.



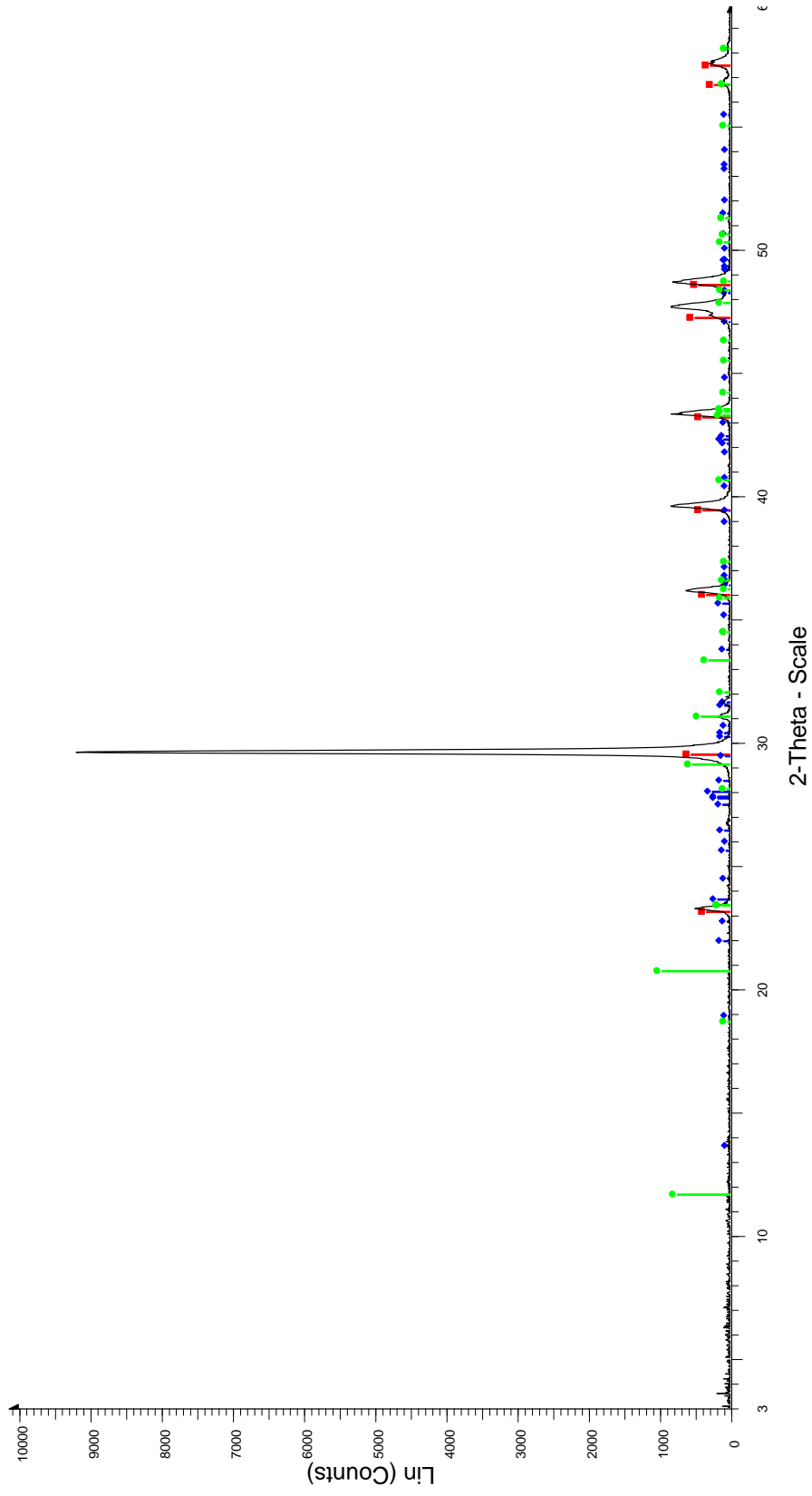
2-Theta - Scale

fm8 - File: fm8.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 00-024-0027 (D) - Calcite - CaCO3 - Y: 41.05 % - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.99000 - b 4.99000 - c 17.00200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 366.633 - F

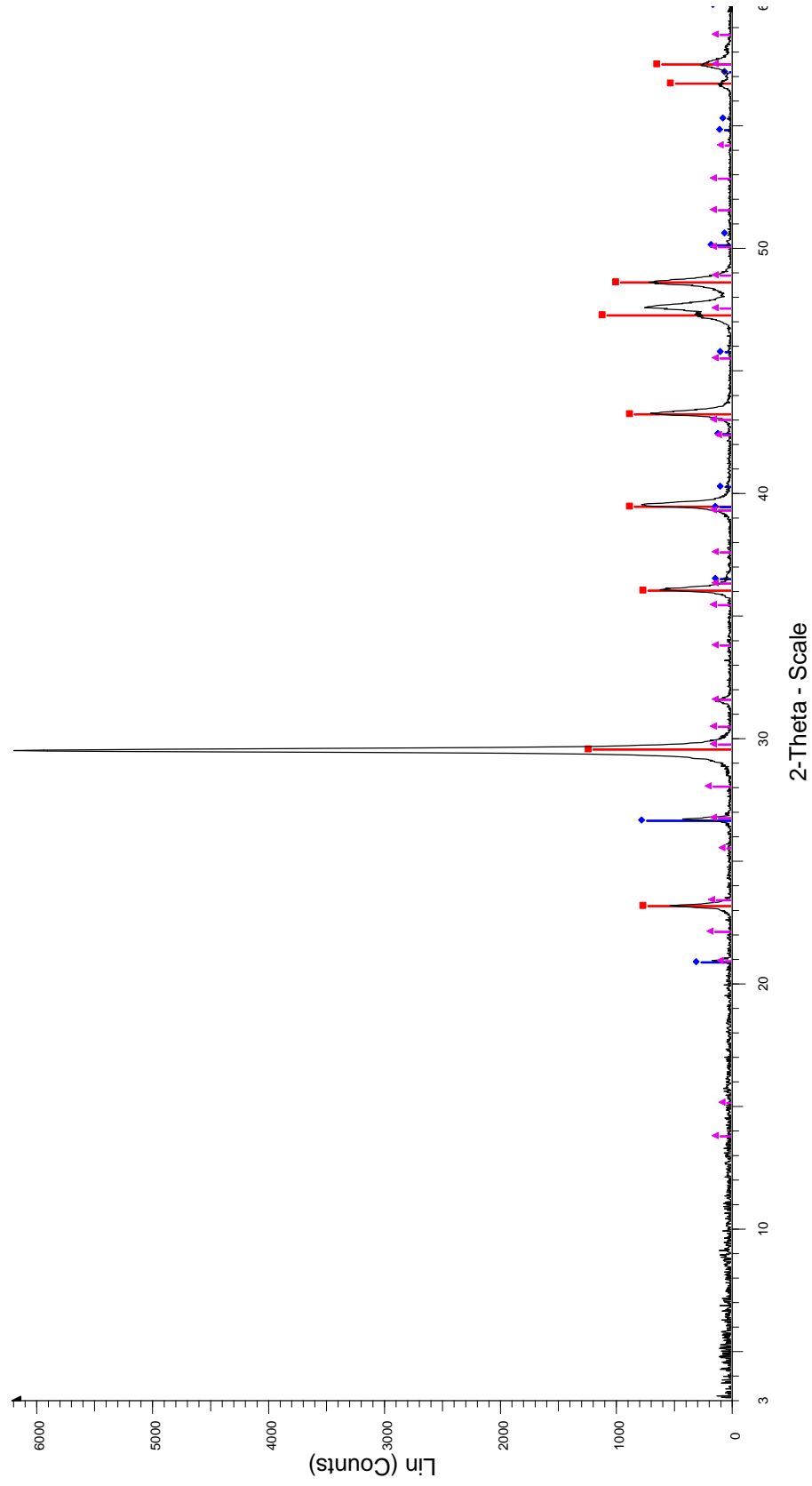
Diffattogramma del campione fm8.



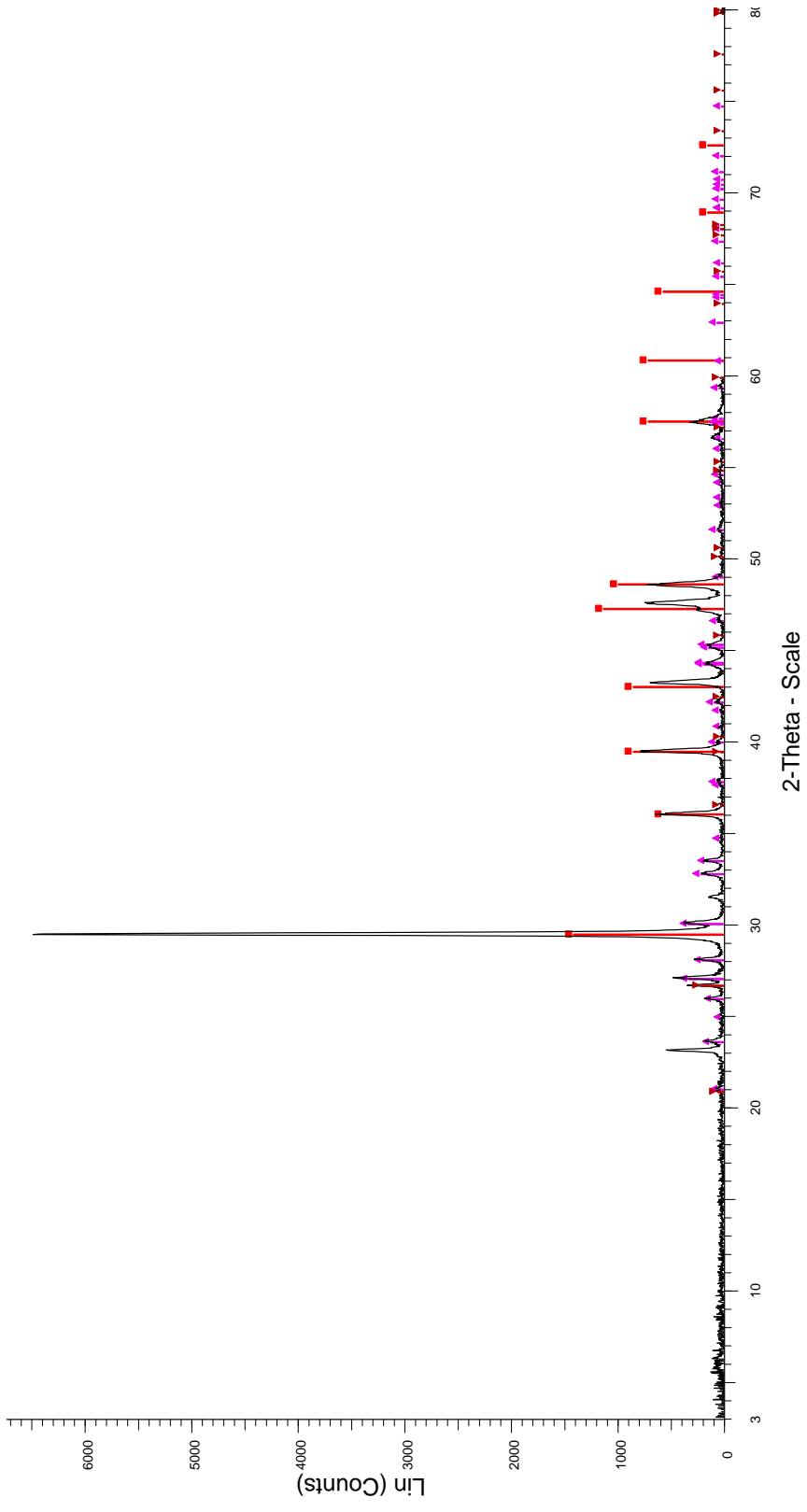
Diffratogramma del campione fm10.



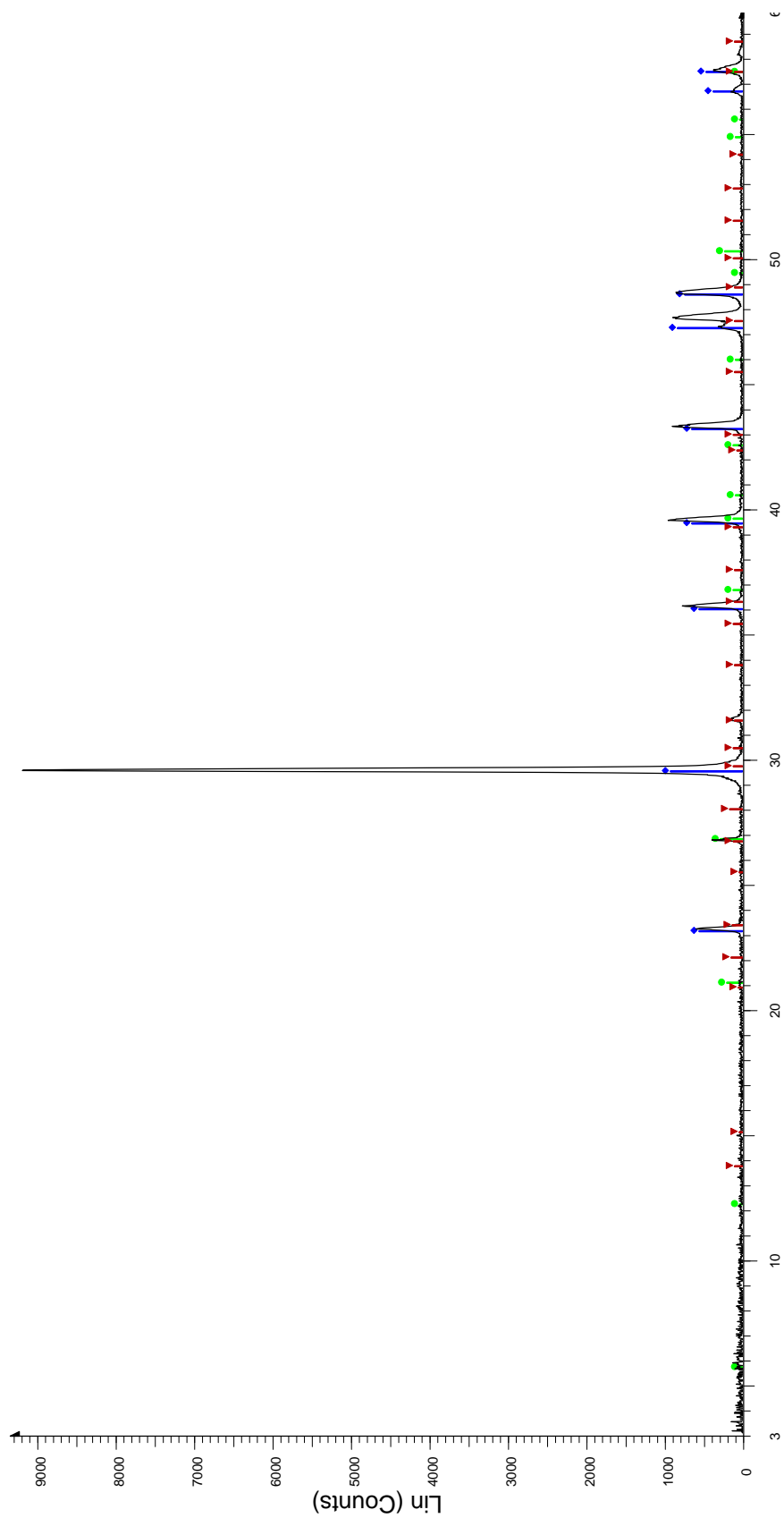
Diffattogramma del campione fm11.



Diffattogramma del campione a0.

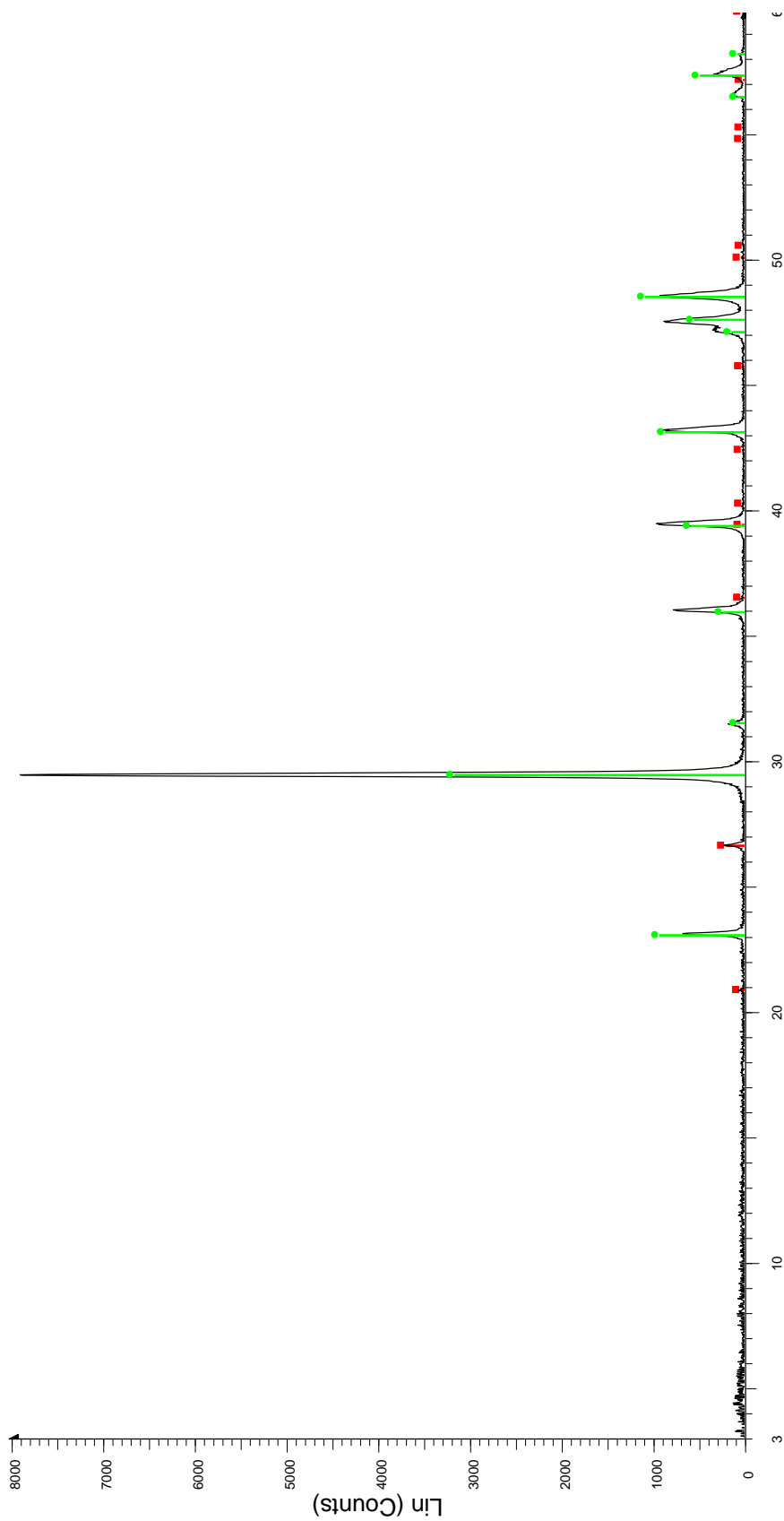


Diffratogramma del campione a1



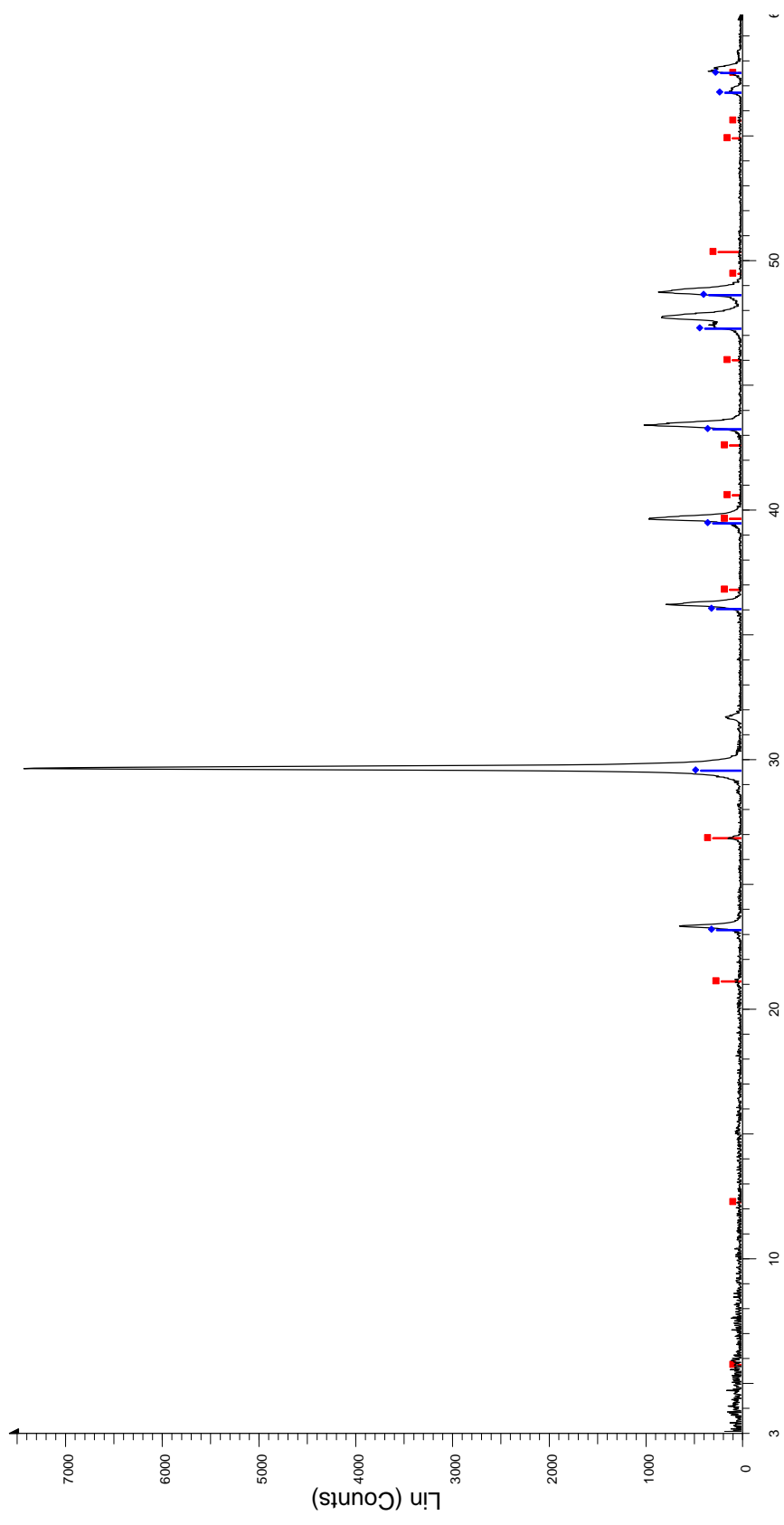
\KLa2 - File: a2.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 [Blue Diamond] 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 9.92 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36
 [Green Circle] 00-003-0444 (D) - Quartz - SiO₂ - Y: 2.98 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.39300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.275 - F25= 4(0).
 [Red Triangle] 00-009-0462 (D) - Orthoclase - KAlSi₃O₈ - Y: 1.66 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.56160 - b 12.99600 - c 7.19340 - alpha 90.000 - beta 116.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 4 - 719.38

Diffratogramma del campione a2.



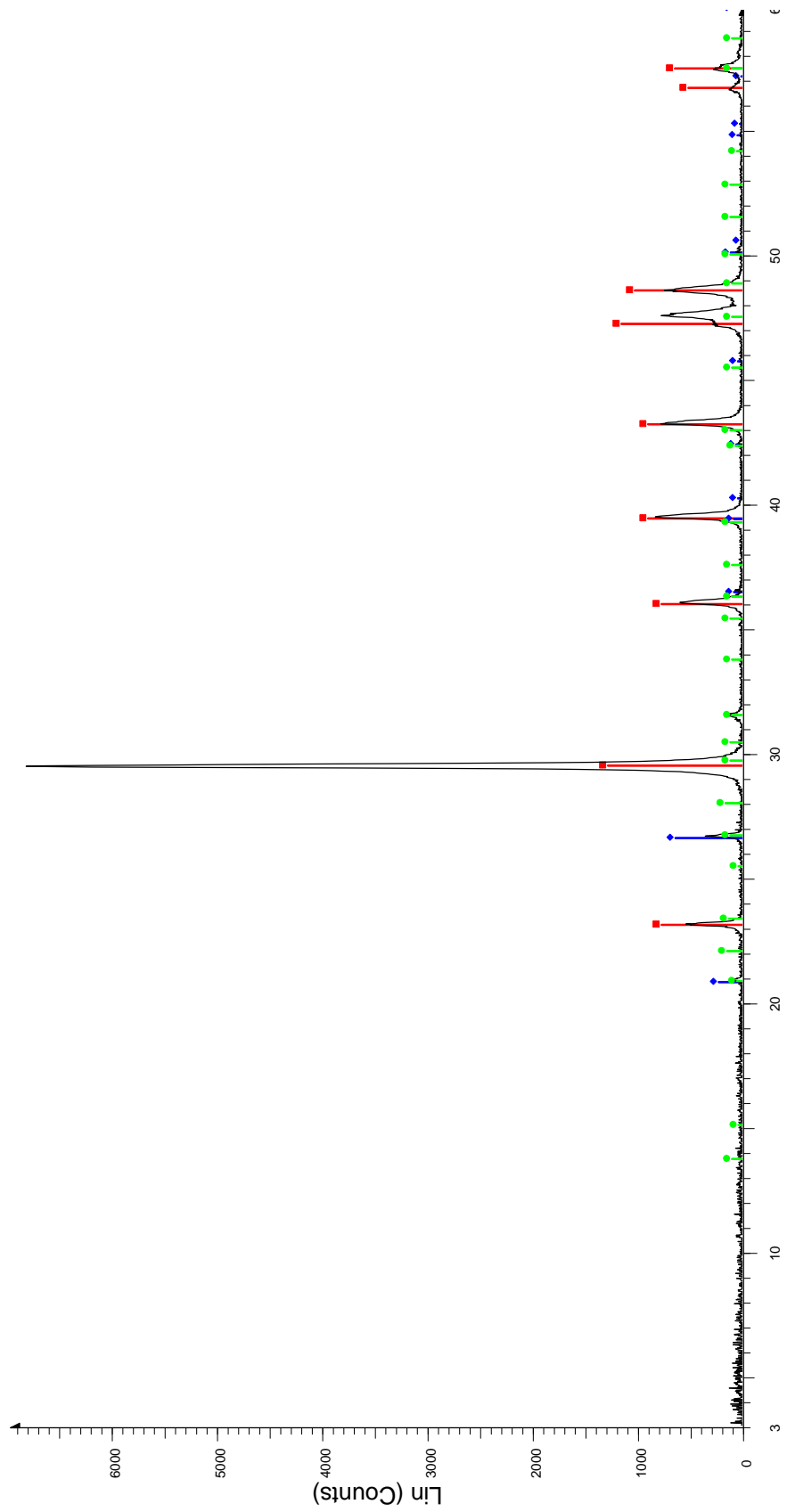
File: a3.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Background 1,000,1,000 | Import
 00-024-0027 (D) - Calcite - CaCO3 - Y: 39.92 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.99000 - b 4.99000 - c 17.00200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 366.633 - F
 00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 2.46 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 113.010 - I/c PD

Diffratogramma del campione a3.



a4 - File: a4.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Background 1,000,1,000 | Background 1,000,1,000 | Import
 00-003-0444 (D) - Quartz - SiO₂ - Y: 3.91 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.39300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P-3121 (152) - 3 - 112.275 - F25= 4(0).
 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO:CO₂ - Y: 5.58 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo. H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36

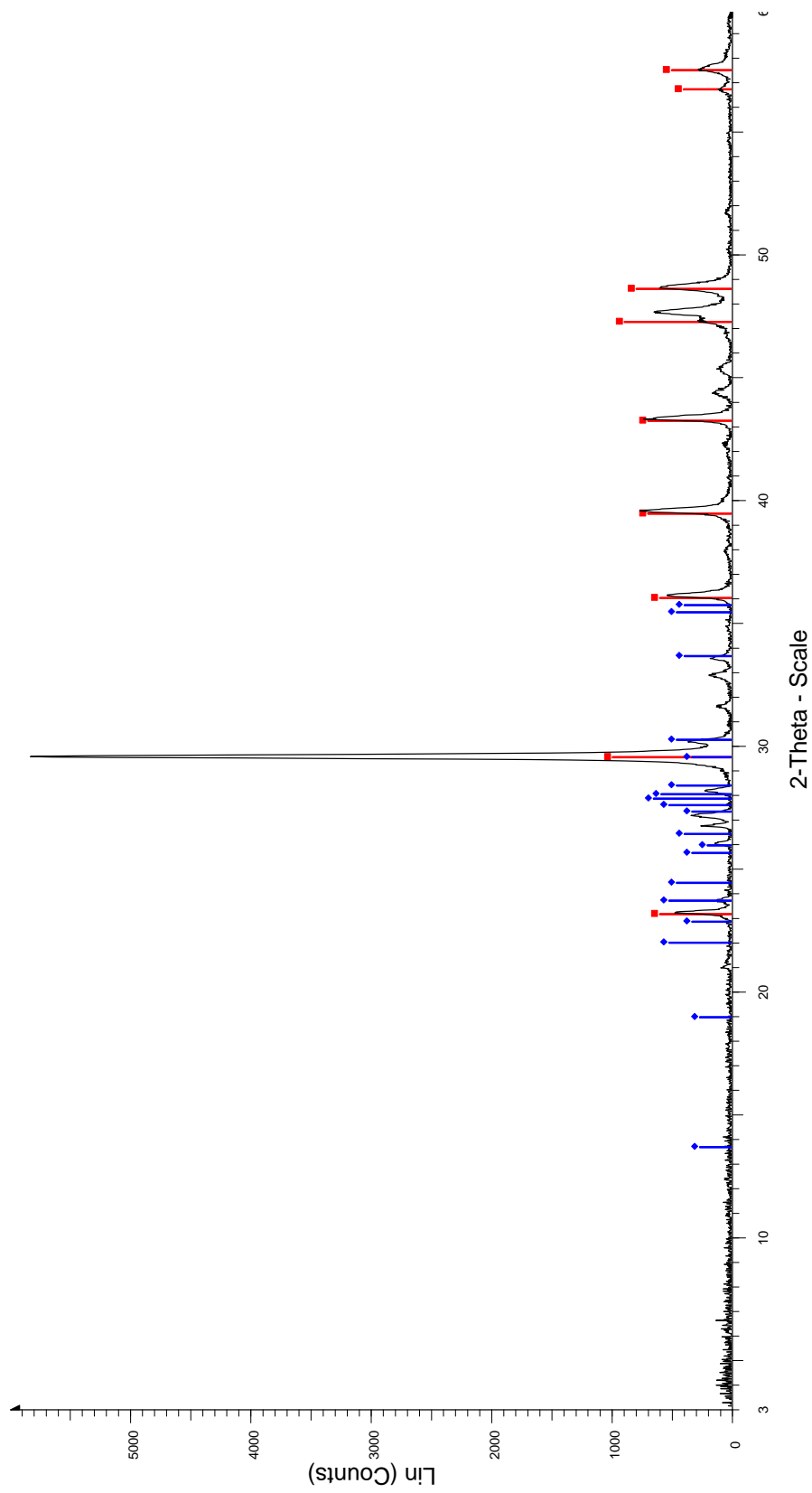
Diffratogramma del campione a4.



2-Theta - Scale

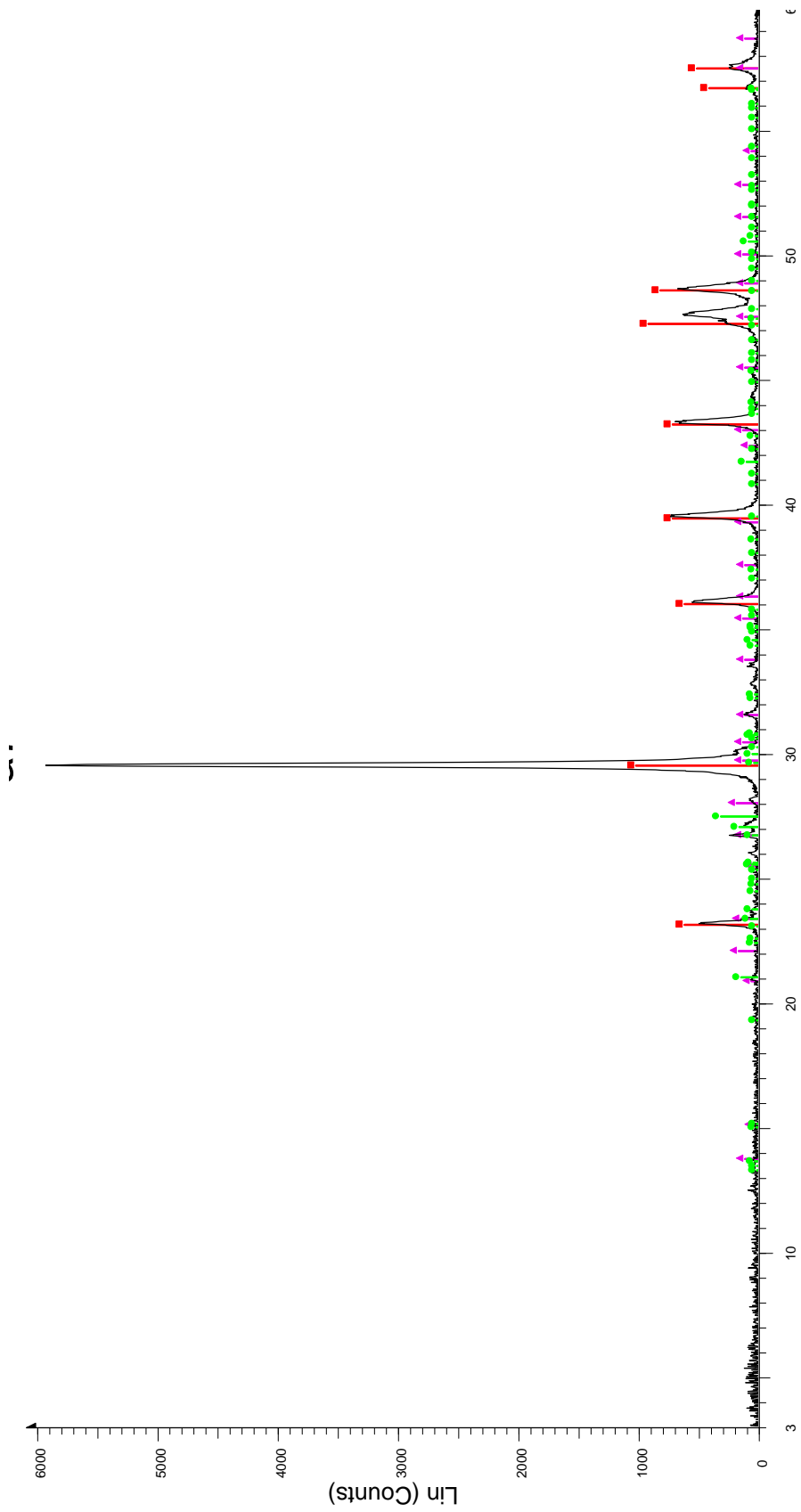
[M]a5 - File: a5.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 [red square] 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 18.71 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 [blue diamond] 00-005-0490 (D) - Quartz, low - alpha-SiO₂ - Y: 9.29 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.985 -
 [green circle] 00-009-0462 (D) - Orthoclase - KAlSi₃O₈ - Y: 2.32 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.56160 - b 12.99600 - c 7.19340 - alpha 90.000 - beta 116.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 4 - 4 - 719.38

Diffratogramma del campione a5.



[X] a6 - File: a6.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Xi: 0.
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 [■] 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 16.86 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo-H.axes - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 [◆] 00-009-0465 (N) - Anorthite, sodian, ordered - (Ca₂Na)(Al₂Si₂O₈ - Y: 11.03 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.16480 - b 12.85900 - c 7.09730 - alpha 93.570 - beta 116.100 - gamma 89.760 - Base-center

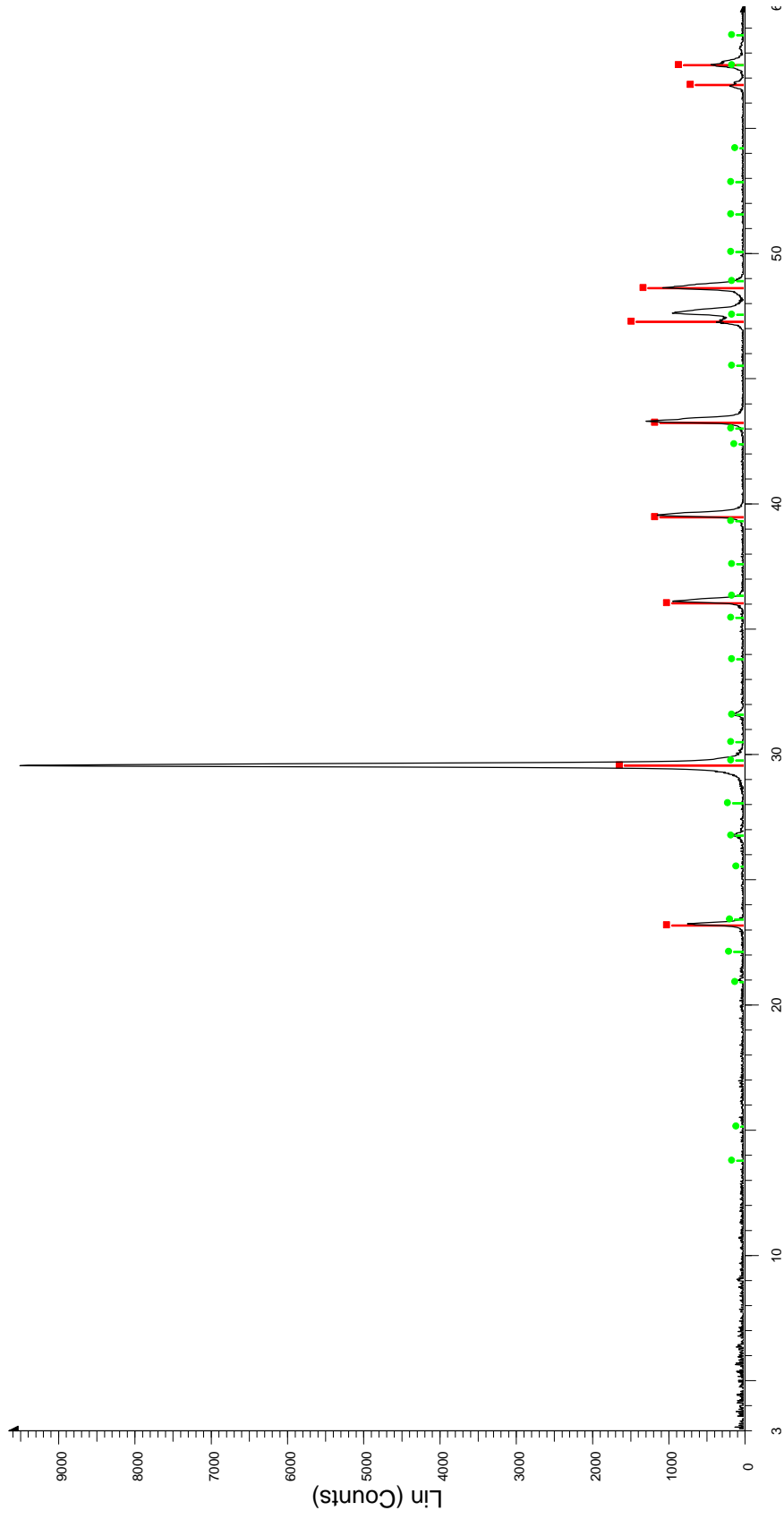
Diffratogramma del campione a6.



2-Theta - Scale

File: a7.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 Legend:
 ■ 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 17.10 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - gamma 90.000 - beta 90.000 - alpha 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 ● 00-019-0932 (I) - Microcline, intermediate - KAlSi₃O₈ - Y: 5.16 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.56000 - b 12.97000 - c 7.21000 - alpha 90.300 - beta 116.100 - gamma 89.000 - Base-centered - C-1 (0) - 4 - 7
 ▲ 00-009-0462 (D) - Orthoclase - KAlSi₃O₈ - Y: 2.96 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.56160 - b 12.99600 - c 7.19340 - alpha 90.000 - beta 116.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 4 - 719.38

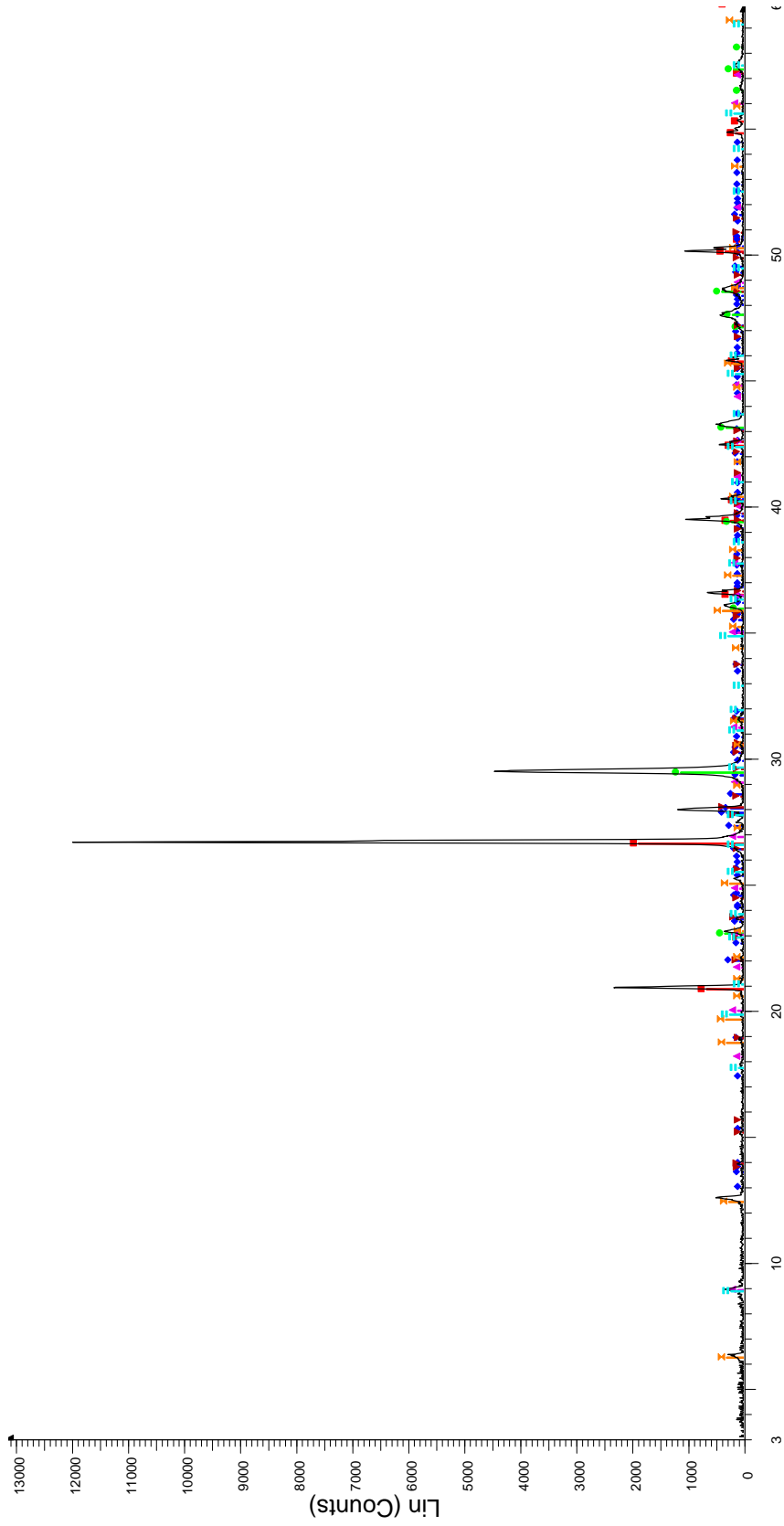
Diffratogramma del campione a7.



2-Theta - Scale

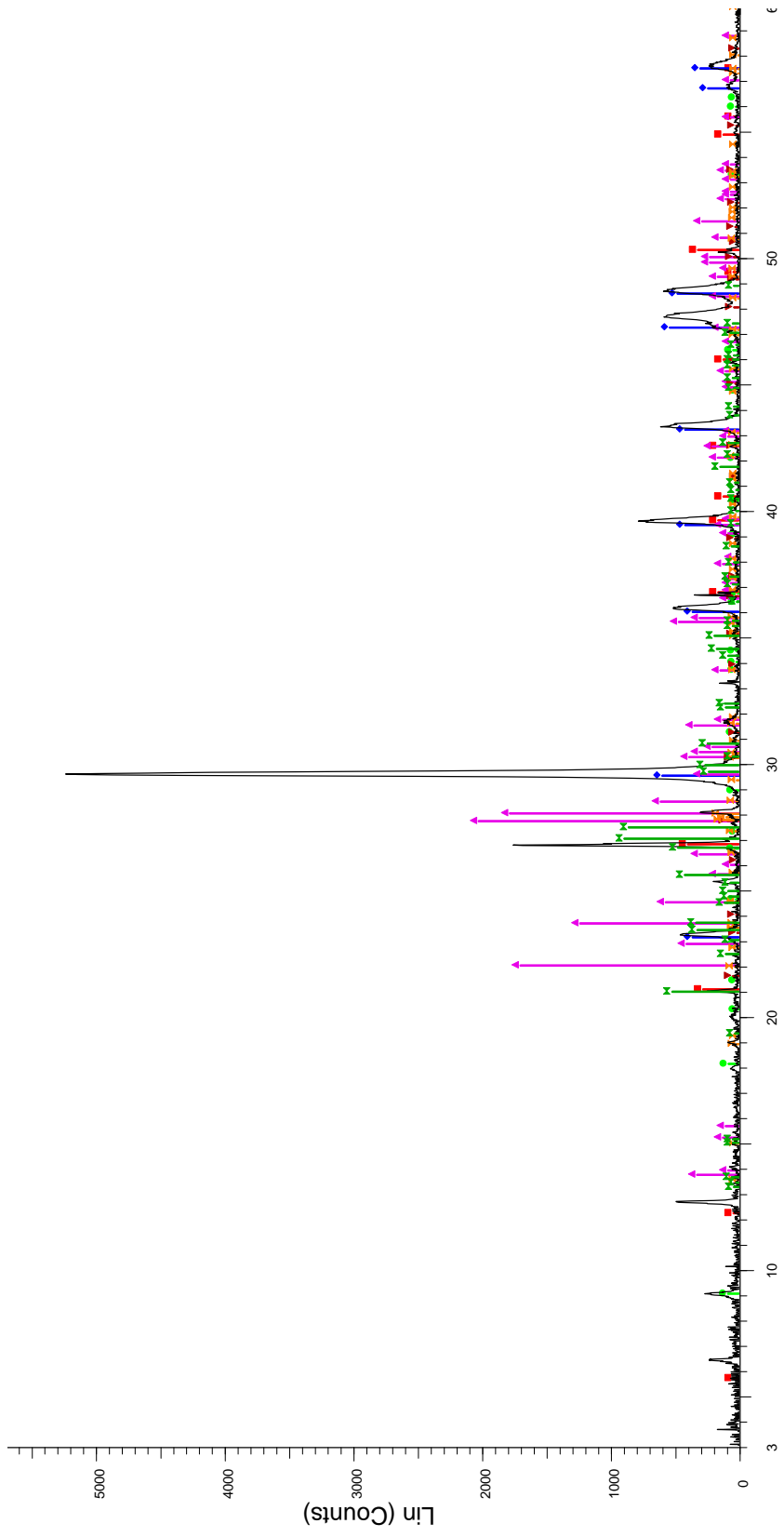
KJLa8 - File: a8.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 [red square] 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 16.44 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - gamma 90.000 - beta 90.000 - alpha 90.000 - gamma 120.000 - Primitiv - R-3c (167) - 2 - 3
 [green circle] 00-009-0462 (D) - Orthoclase - KAlSi₃O₈ - Y: 1.45 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.56160 - b 12.99600 - c 7.19340 - alpha 90.000 - beta 116.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 4 - 719.38

Diffattogramma del campione a8



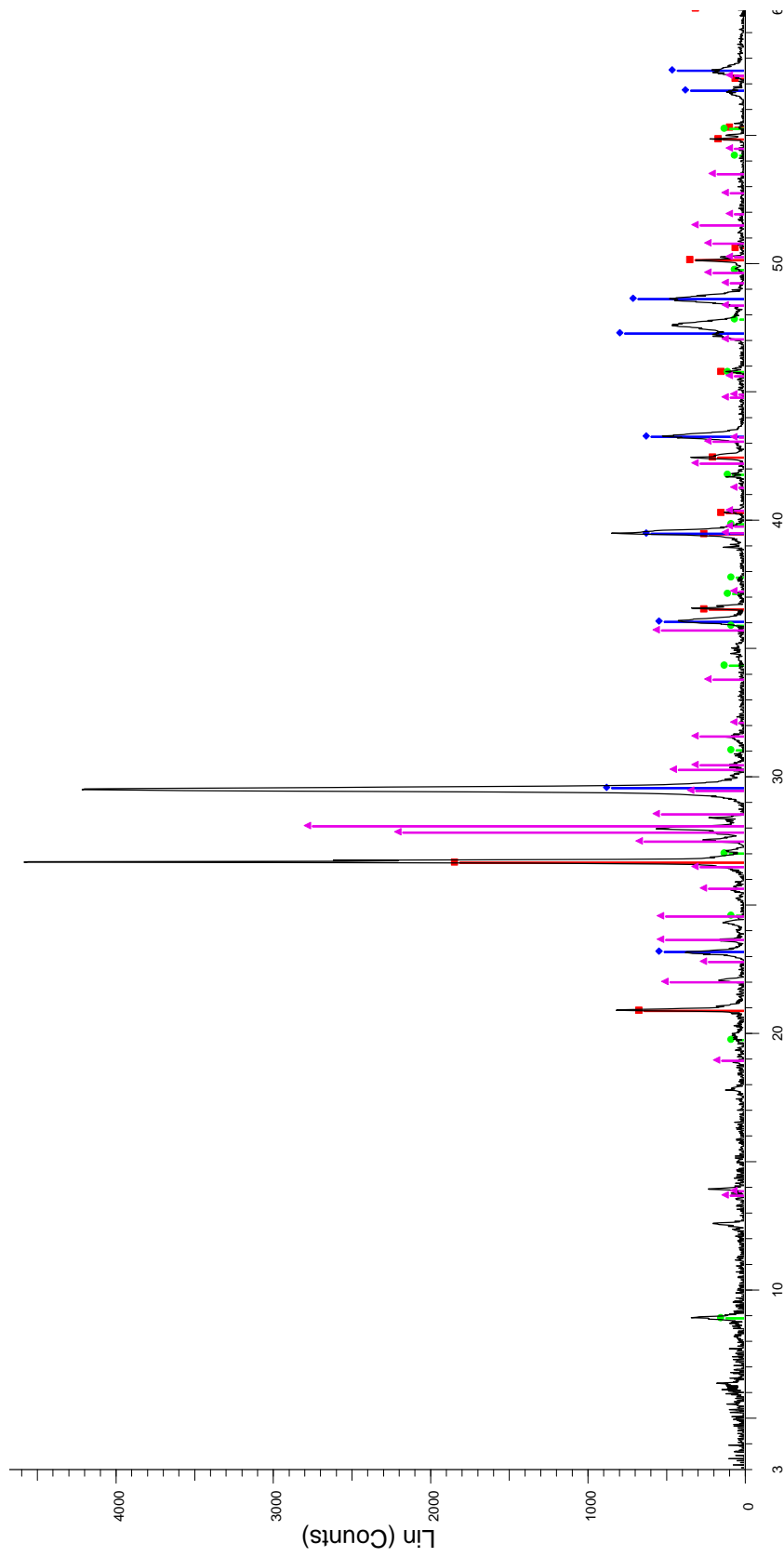
■ a9 - File: a9.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7
■ 00-003-0849 (D) - Muscovite - H4K2(Al,Fe)6Si6O24 - Y: 2.22 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a

Diffratogramma del campione a9.



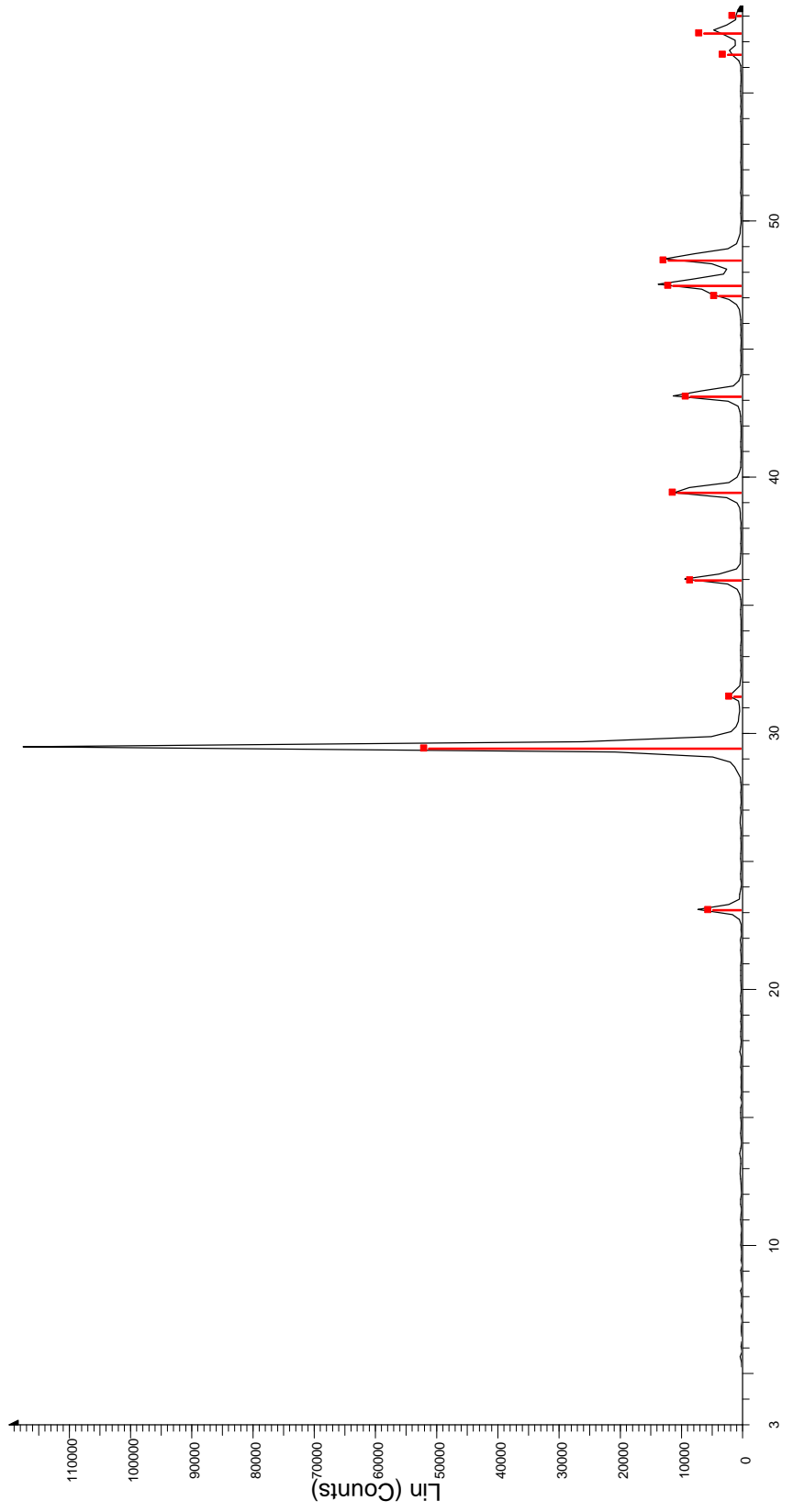
a10 - File: a10.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17 [00-022-0675 (D) - Microcline, intermediate - KAlSi3O8 - Y: 17.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a
 Operations: Background 1.000,1.000 | import
 00-003-0444 (D) - Quartz - SiO2 - Y: 7.54 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.9030
 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaO·CO2 - Y: 11.34 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a
 00-019-0690 (N) - Lead Magnesium Aluminum Fluoride Silicate - PbMg3Al2Si2O10F2 - Y: 1.56 % - d x b
 00-020-0572 (D) - Albite, disordered - NaAlSi3O8 - Y: 38.62 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.14
 00-002-0515 (D) - Albite - Al2O3·Na2O·6SiO2 - Y: 1.65 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.10000
 00-041-1486 (*) - Anorthite, ordered - CaAl2Si2O8 - Y: 2.63 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.17

Diffratogramma del campione a10.



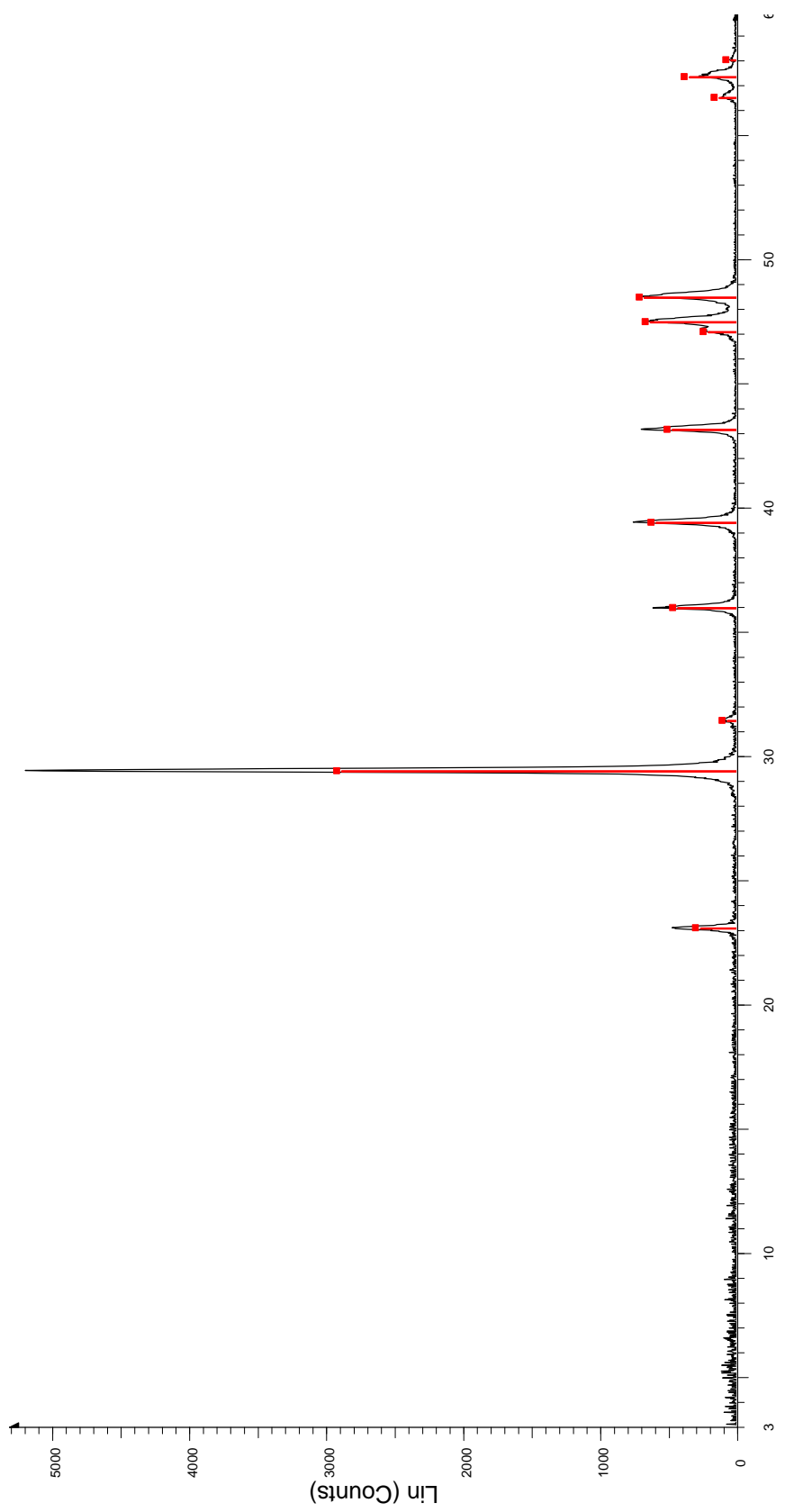
\A1a11 - File: a11.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1,000; 1,000 | Import
 ■ 00-005-0490 (D) - Quartz, low-alpha-SiO2 - Y: 39.43 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.985
 ◆ 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaO-CO2 - Y: 18.29 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 ● 00-003-0024 (D) - Biotite - (K,H)2(Mg,Fe)2(Al,Fe)2(SiO4)3 - Y: 2.41 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 -
 ▲ 00-041-1481 (I) - Anorthite, sodian, disordered - (Ca,Na)(Si,Al)4O8 - Y: 59.89 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.18130 - b 12.87400 - c 7.09700 - alpha 93.378 - beta 115.968 - gamma 90.776 - Primitive - P-1 (

Diffattogramma del campione a11.



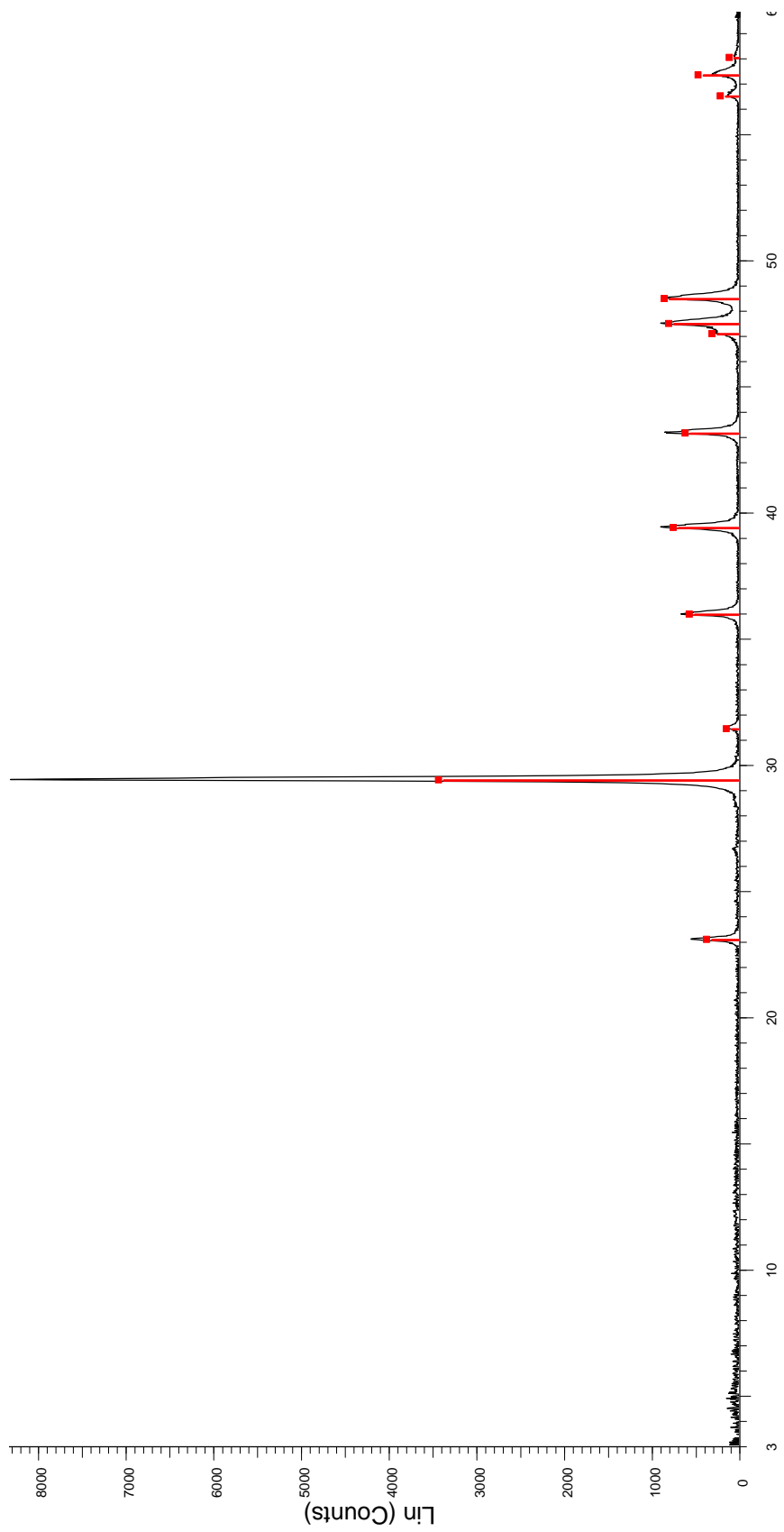
[X] c0 - File: c0.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 58.525 ° - Step: 0.199 ° - Step time: 354. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 [] 00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO3 - Y: 43.46 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F

Diffratogramma del campione c0.



File: c1e.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: Operations: Background 1.000,1.000 | Import
00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO3 - Y: 55.46 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F

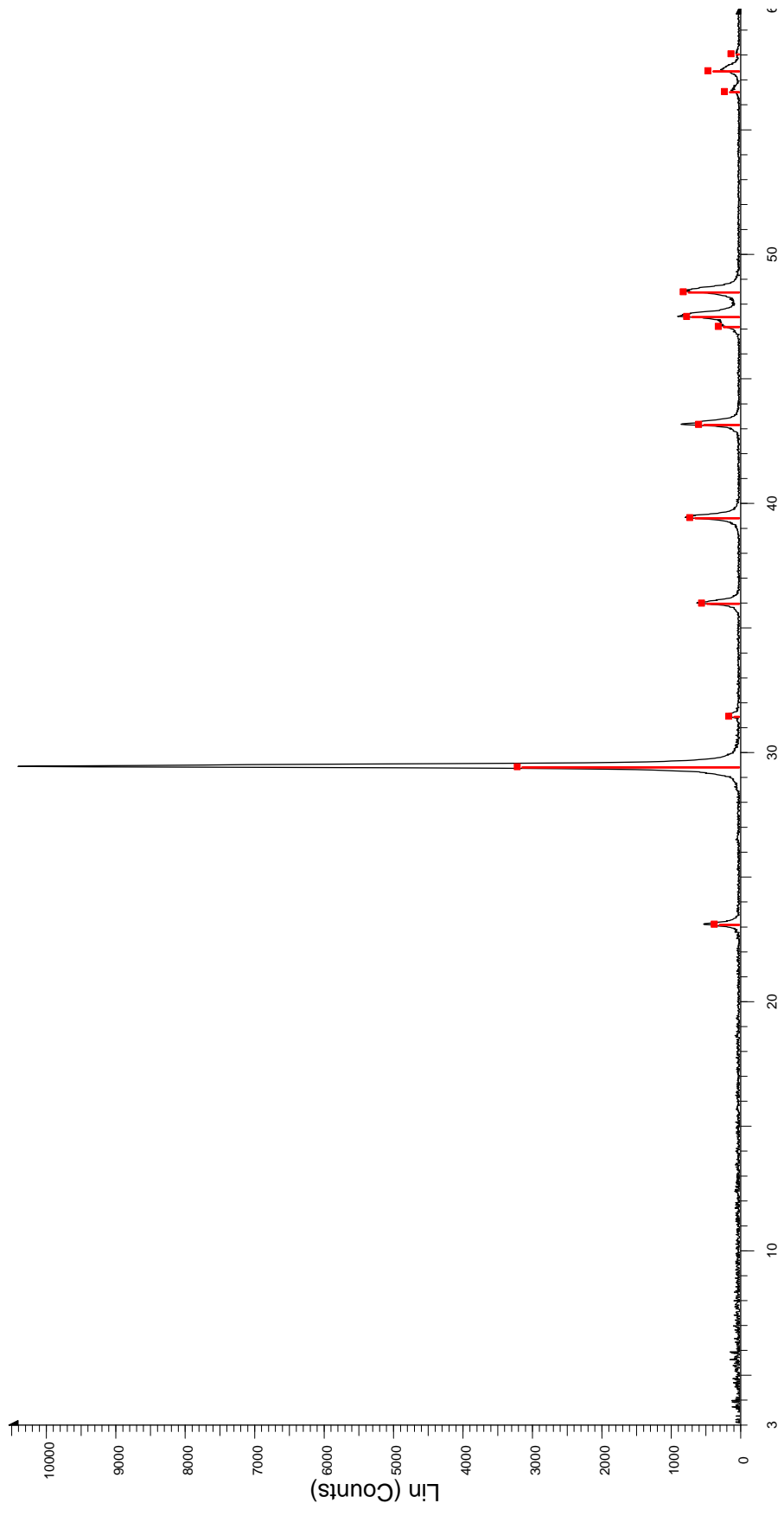
Diffratogramma del campione c1.



2-Theta - Scale

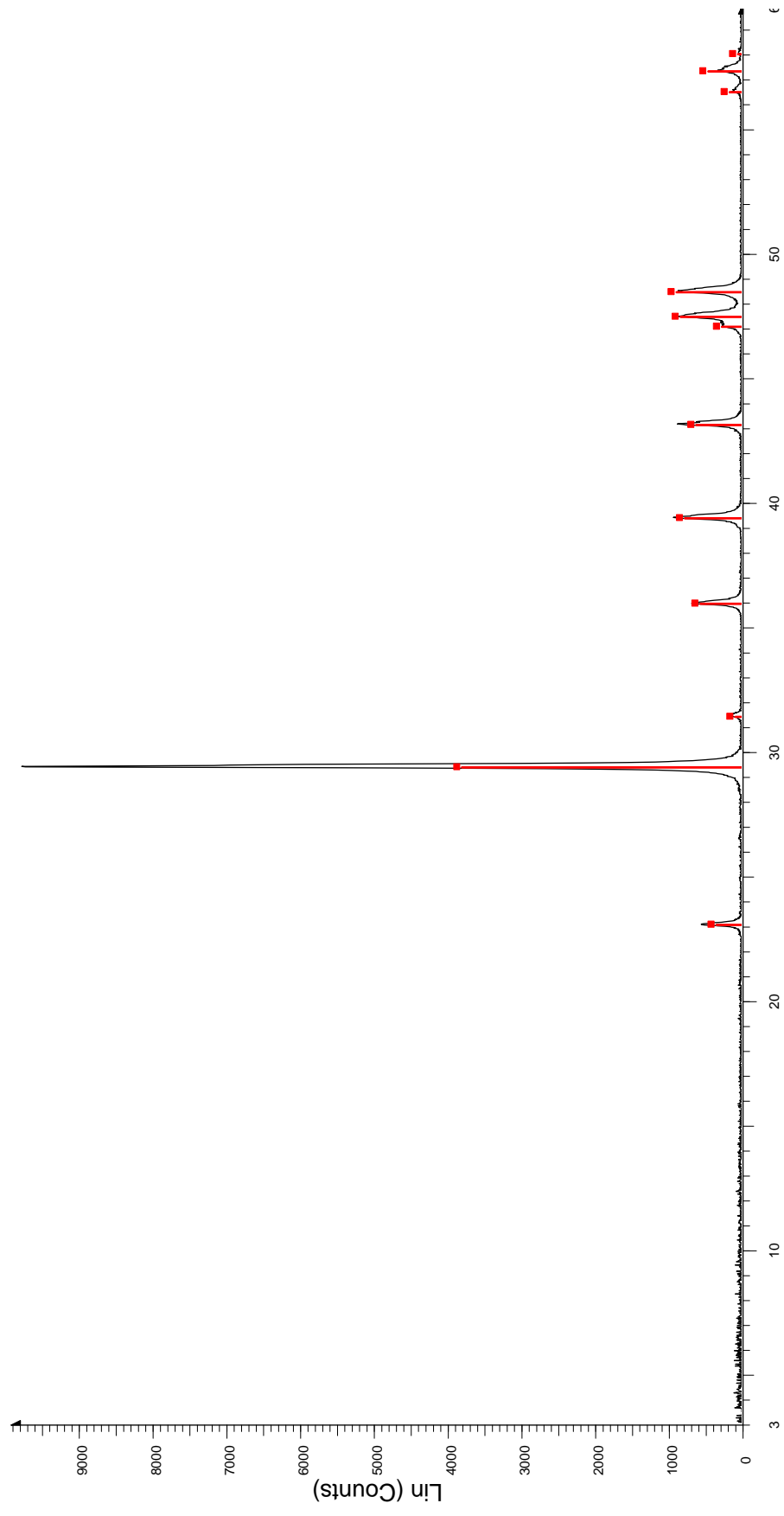
[X] c2e - File: c2.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 [] 00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO3 - Y: 40.47 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - gamma 90.000 - beta 90.000 - alpha 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F

Diffratogramma del campione c2.



[X] c3e - File: c3.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 [■] 00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO3 - Y: 30.04 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F

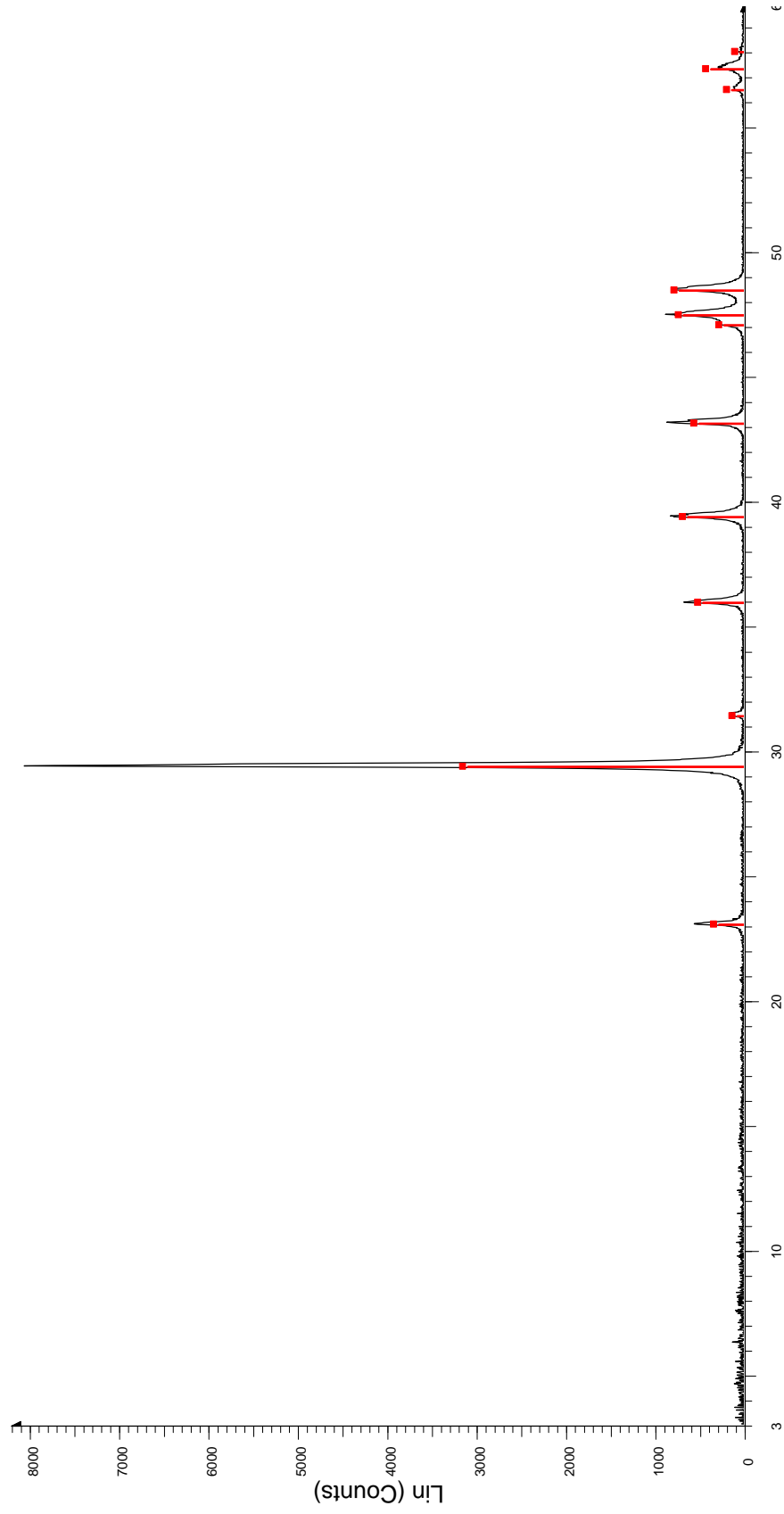
Diffratogramma del campione c3.



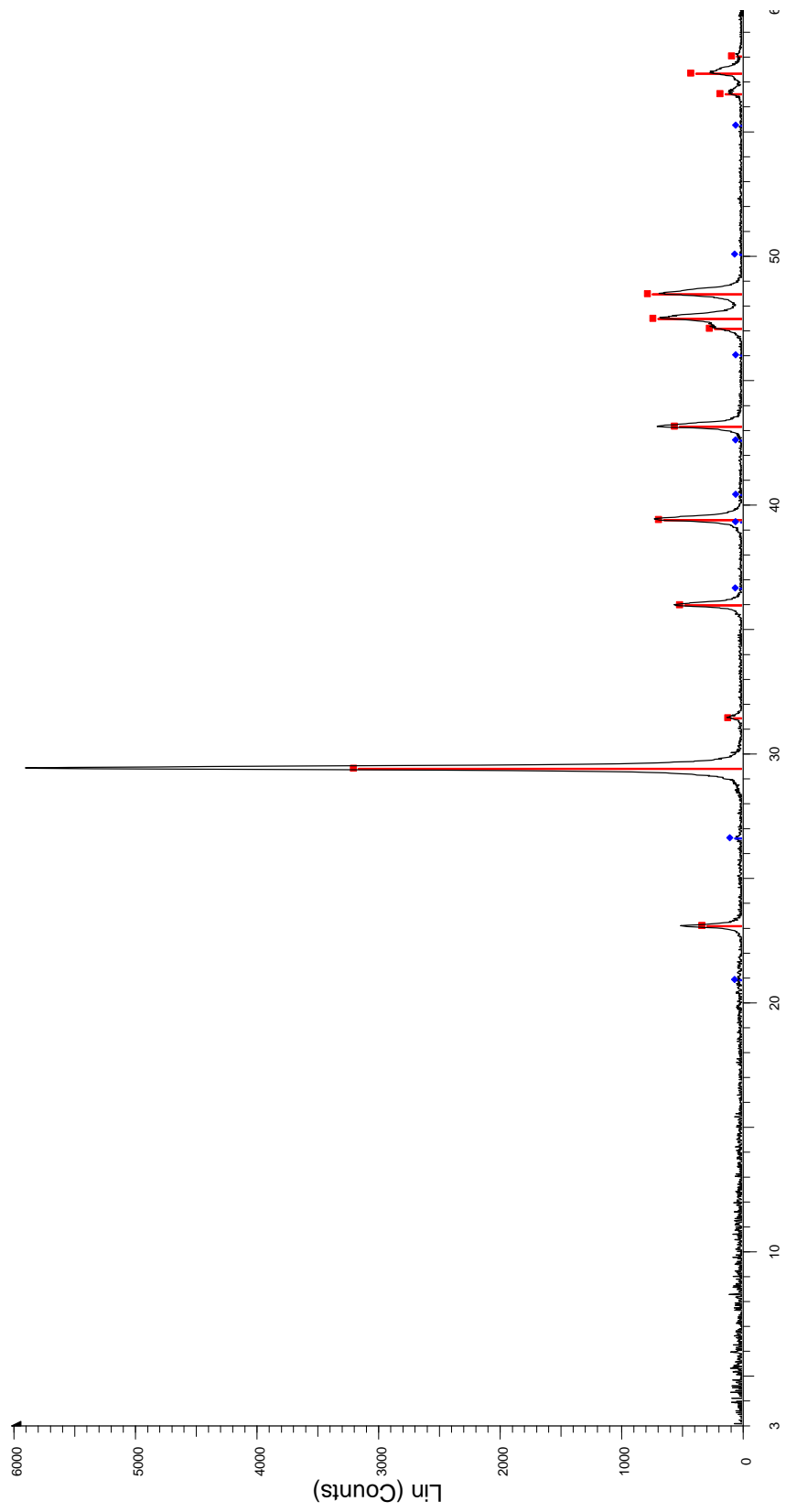
2-Theta - Scale

File: c4.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - X: 0
Operations: Background 1.000,1.000 | Import
00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO3 - Y: 38.83 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F

Diffratogramma del campione c4.



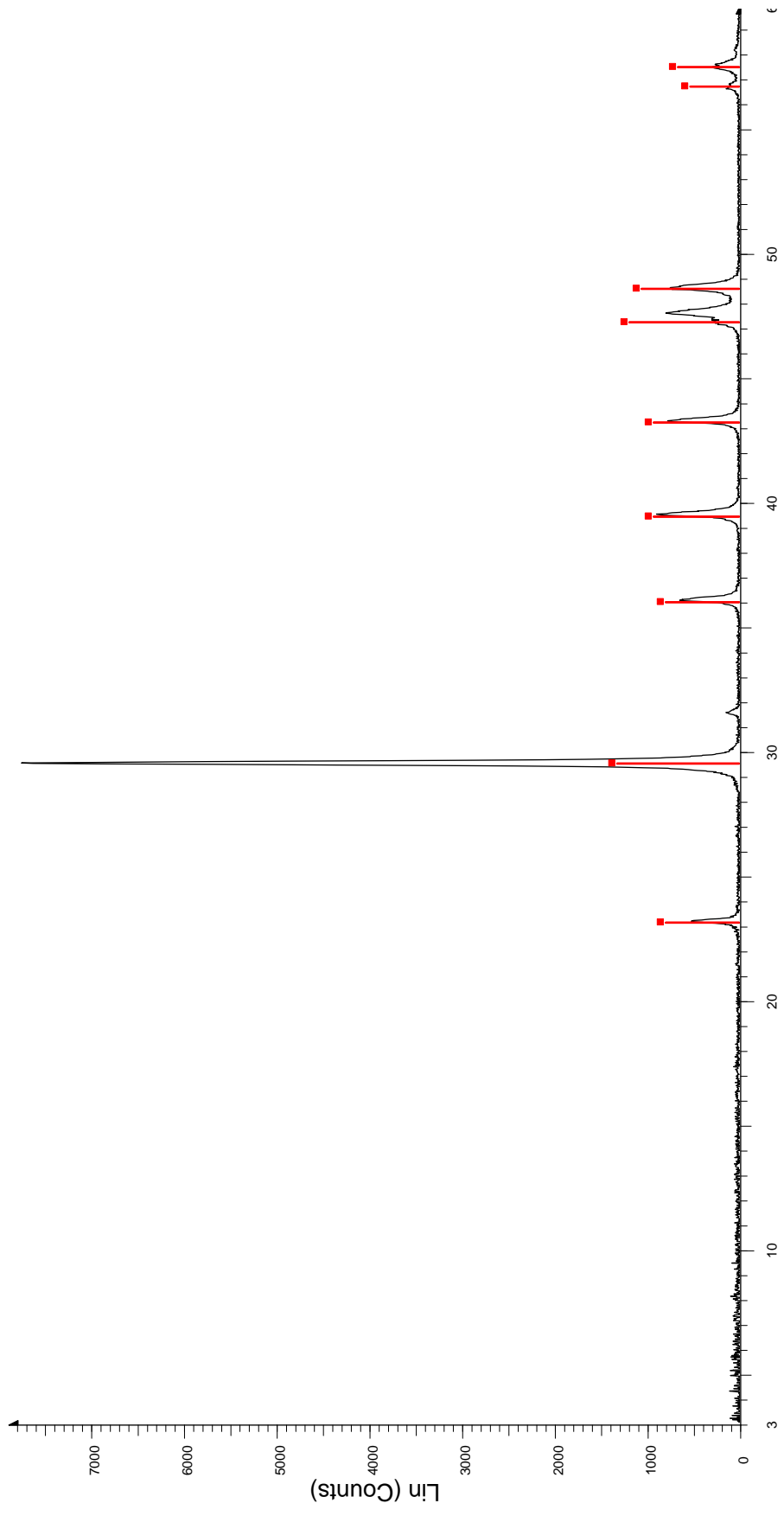
Diffratogramma del campione c5.



2-Theta - Scale

\A\c6e - File: c6.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0
 Operations: Background 1,000,1,000 | Import
 ■ 00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO3 - Y: 53.48 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F
 ◆ 00-001-0649 (D) - Quartz - SiO2 - Y: 0.88 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.38300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P312 (149) - 3 - 112.275 - F22= 6(0.0

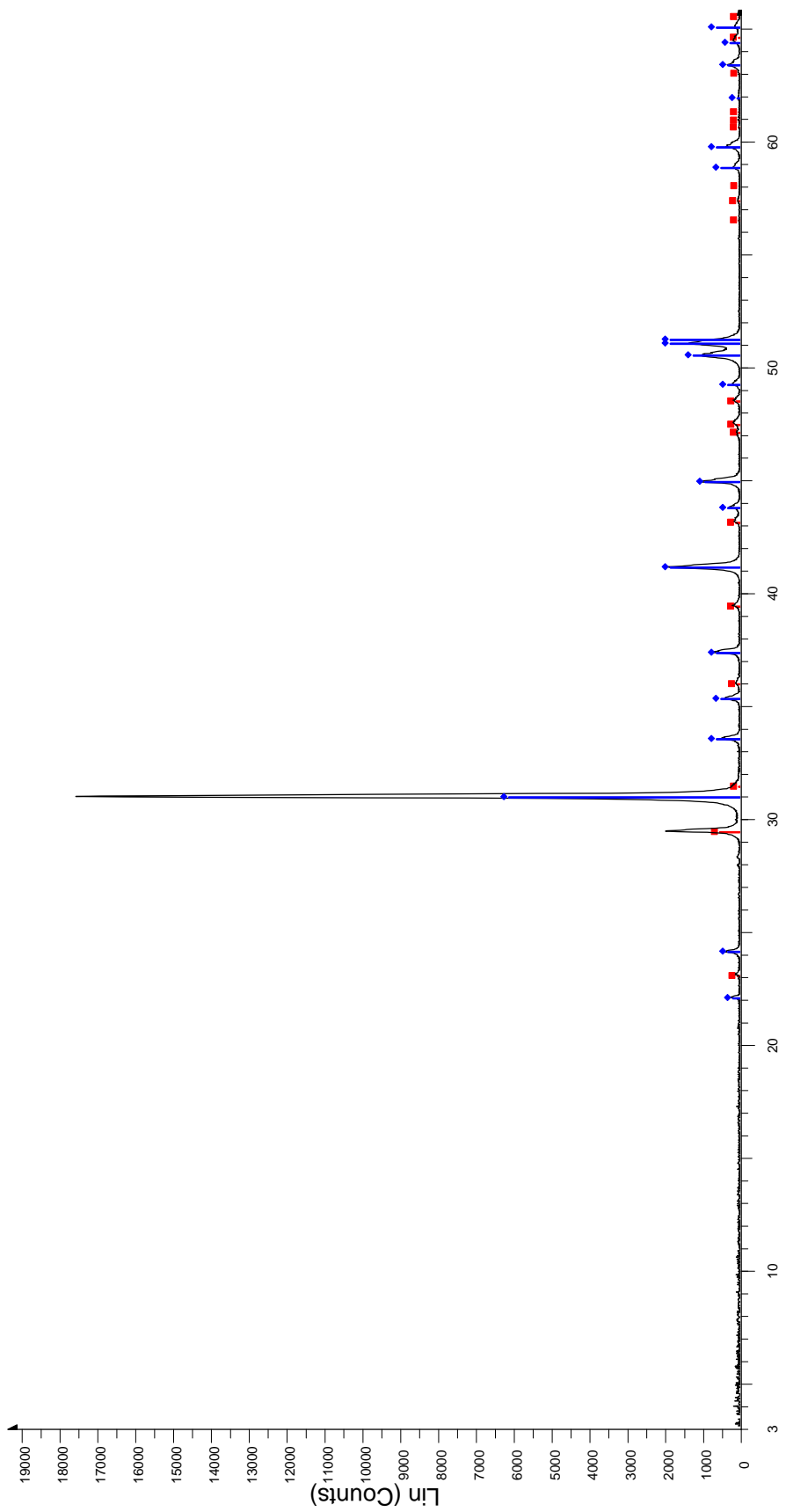
Diffattogramma del campione c6.



2-Theta - Scale

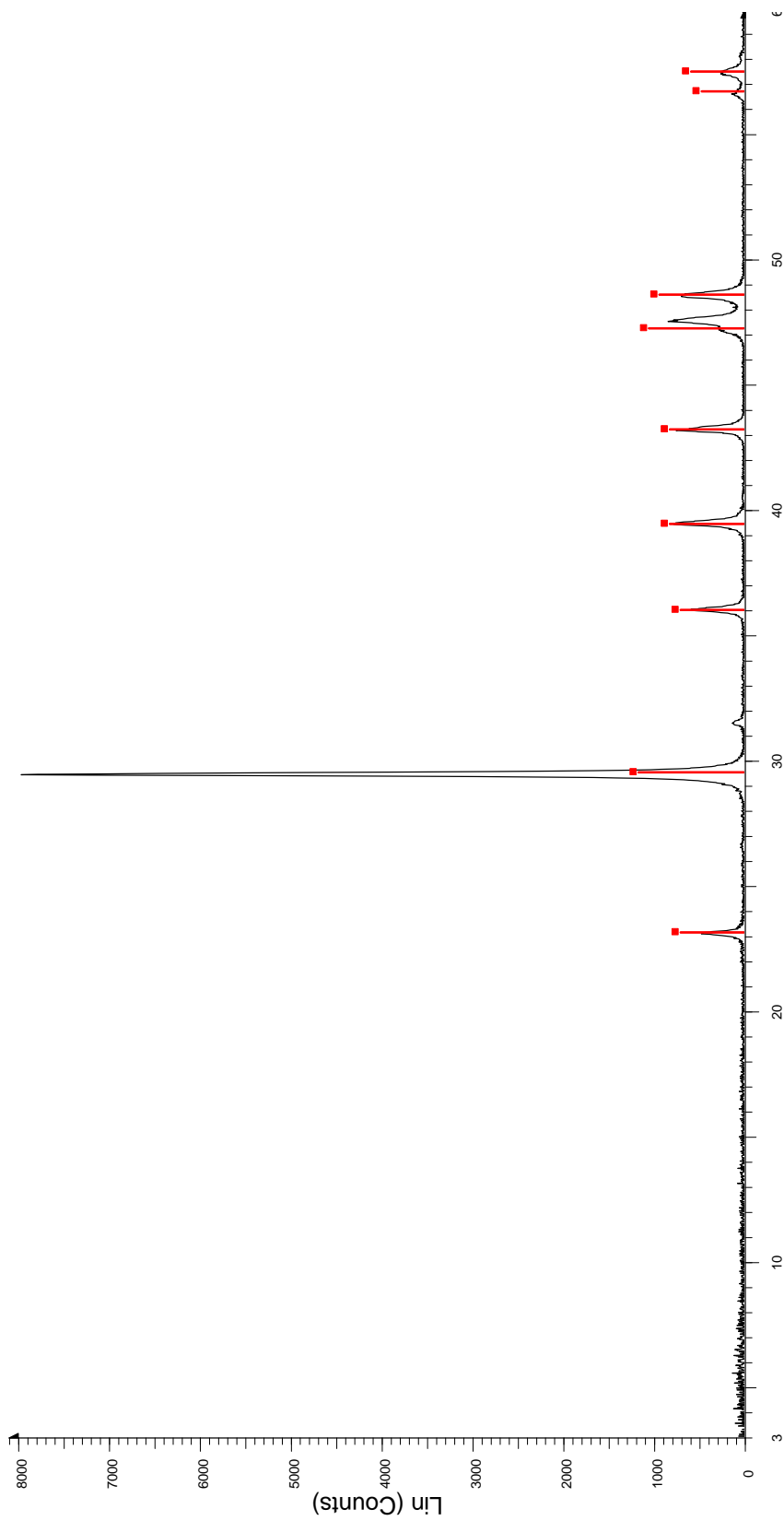
\c7e - File: c7.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaO-CO2 - Y: 17.00 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3

Diffattogramma del campione c7.

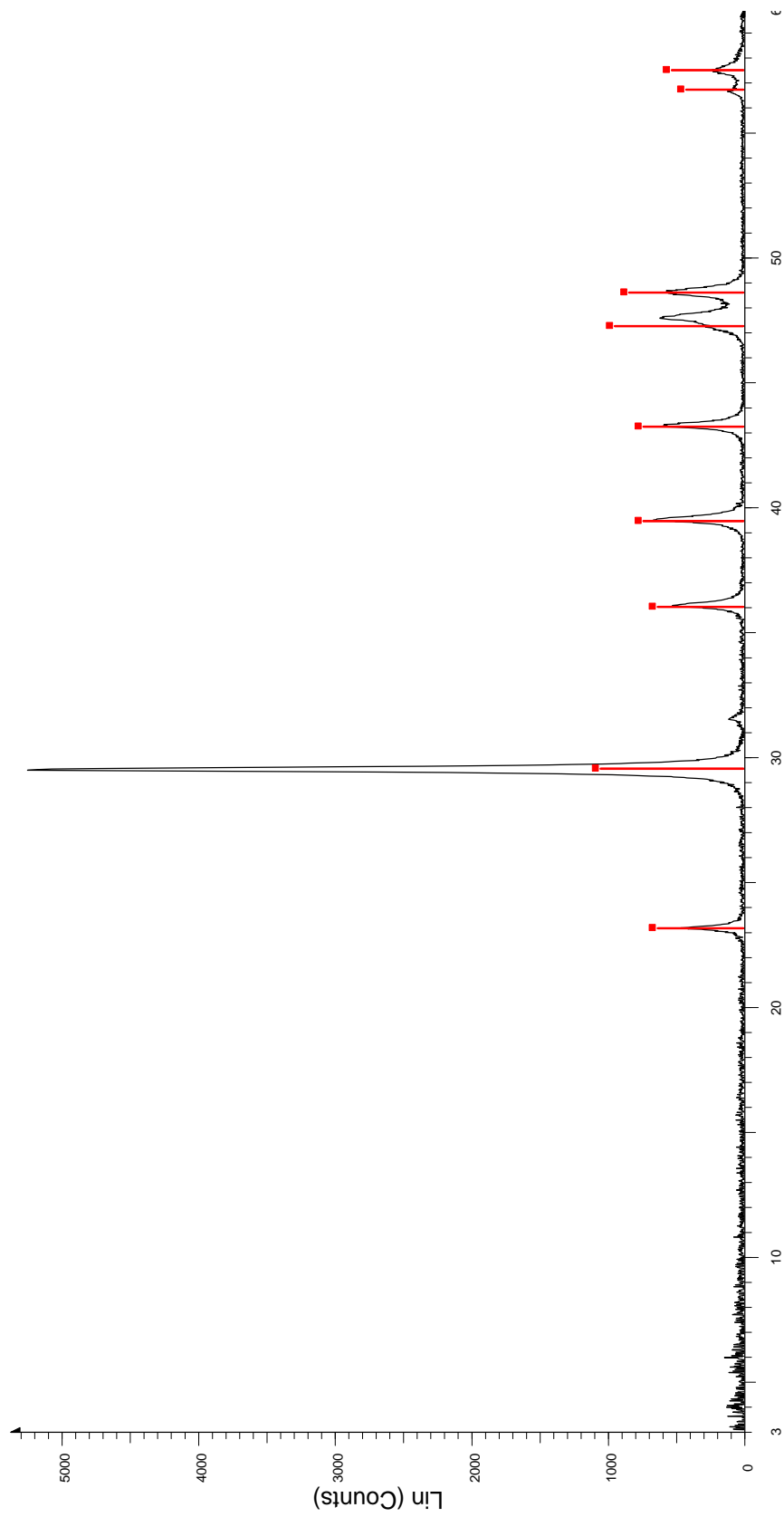


File: c8.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 24.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X: 0.
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 2.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98900 - b 4.98900 - c 17.06200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.780 -
 00-011-0078 (D) - Dolomite - CaMg(CO3)2 - Y: 34.75 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.81120 - b 4.81120 - c 16.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (148) - 3 - 321.1

Diffratogramma del campione c8.



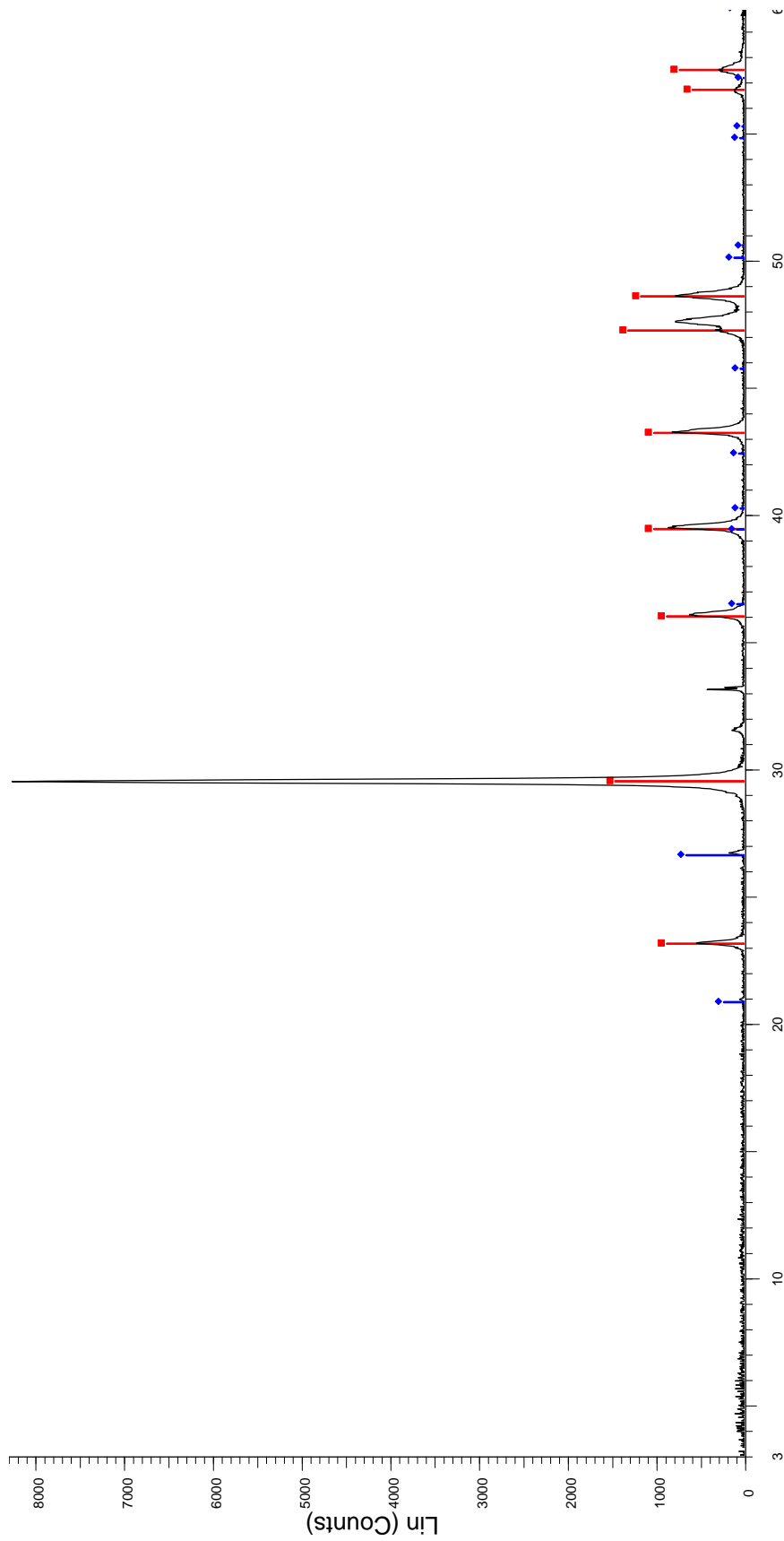
Diffratogramma del campione c9.



2-Theta - Scale

File: c10.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1,000,1,000 | Import
 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO·CO₂ - Y: 19.94 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo Haxes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3

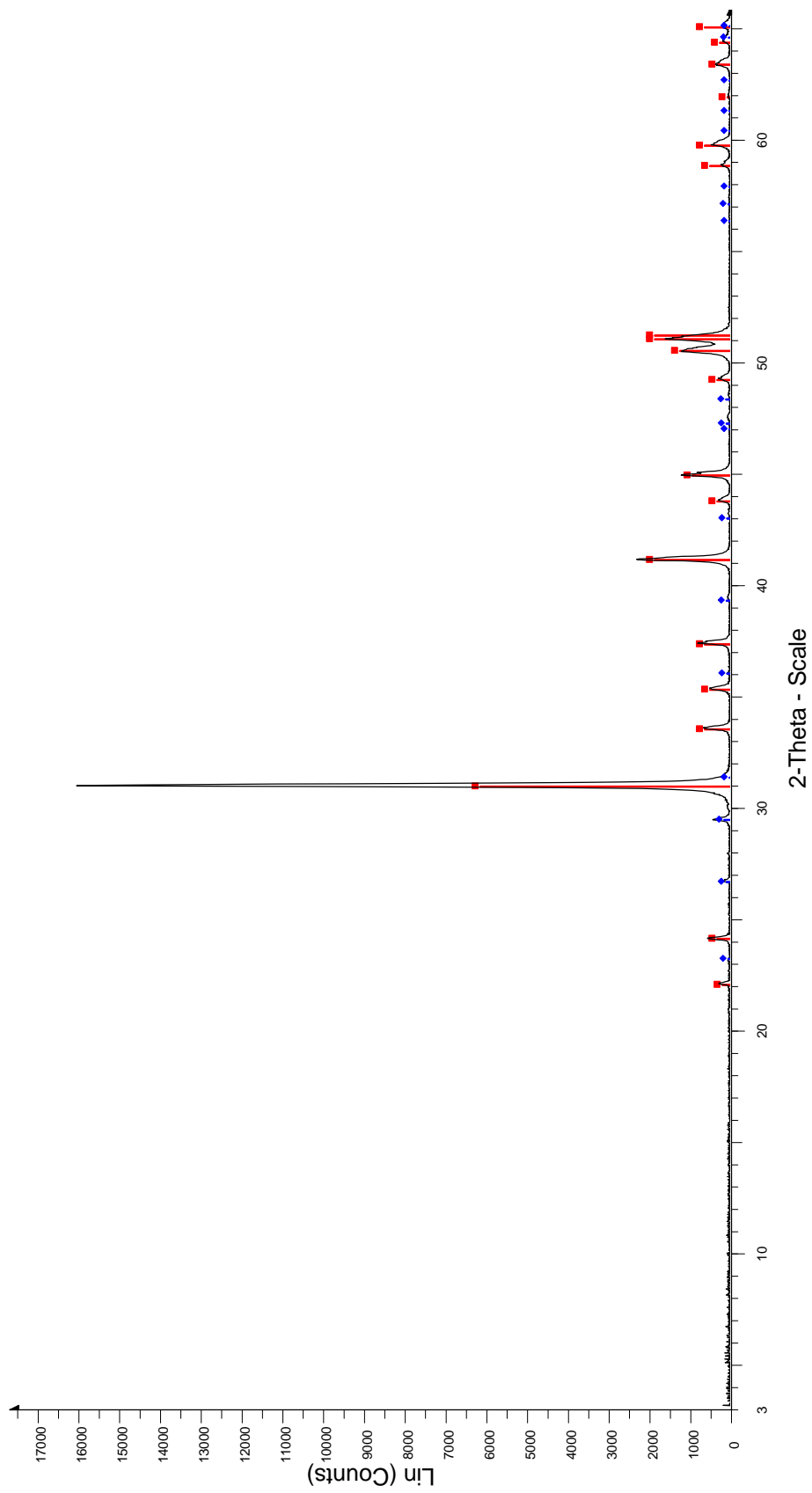
Diffratogramma del campione c10.



2-Theta - Scale

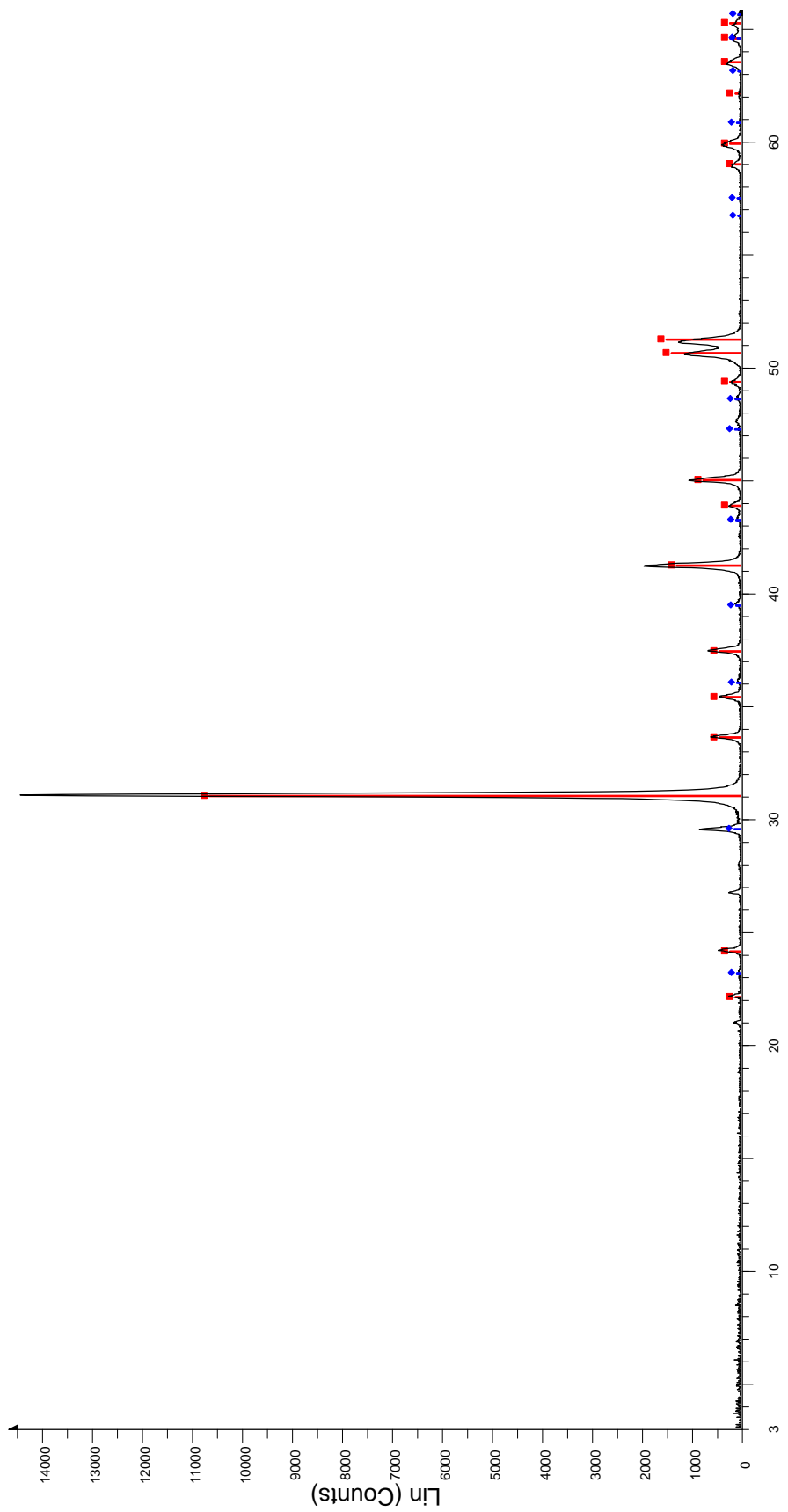
File: c11.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 60.005 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 17.7 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaCO2 - Y: 17.59 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Rhombo. H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - gamma 120.000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 00-005-0490 (D) - Quartz, low - alpha-SiO2 - Y: 7.87 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.985 -

Diffratogramma del campione c11



ca1 - File: ca1.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 24.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1,000,1,000 | Import
 00-011-0078 (D) - Dolomite - CaMg(CO3)2 - Y: 38.20 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.81120 - b 4.81120 - c 16.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (148) - 3 - 321.1
 00-0003-0596 (D) - Calcite - beta-CaCO3 - Y: 0.84 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 365.992

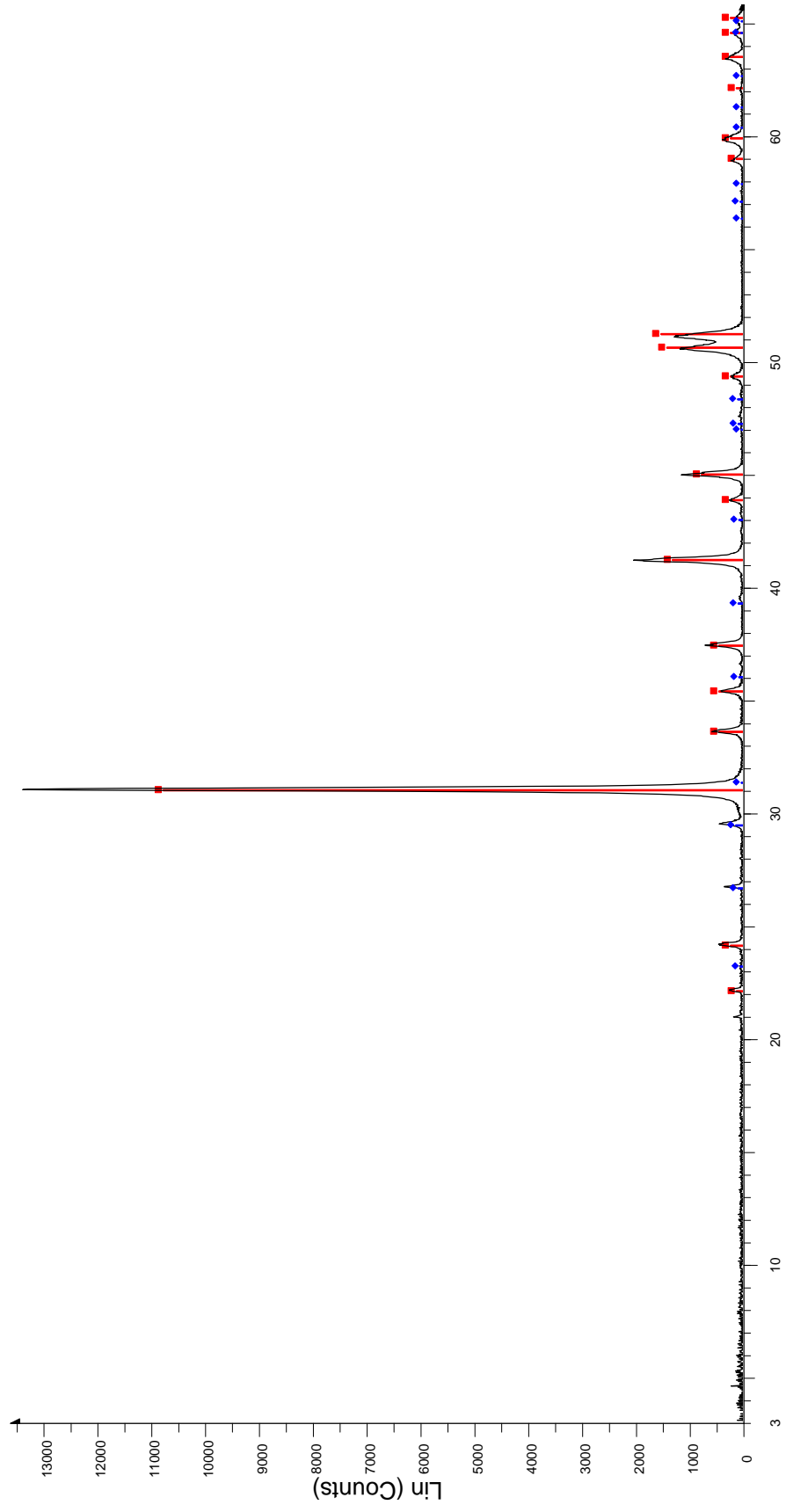
Diffratogramma del campione ca1.



2-Theta - Scale

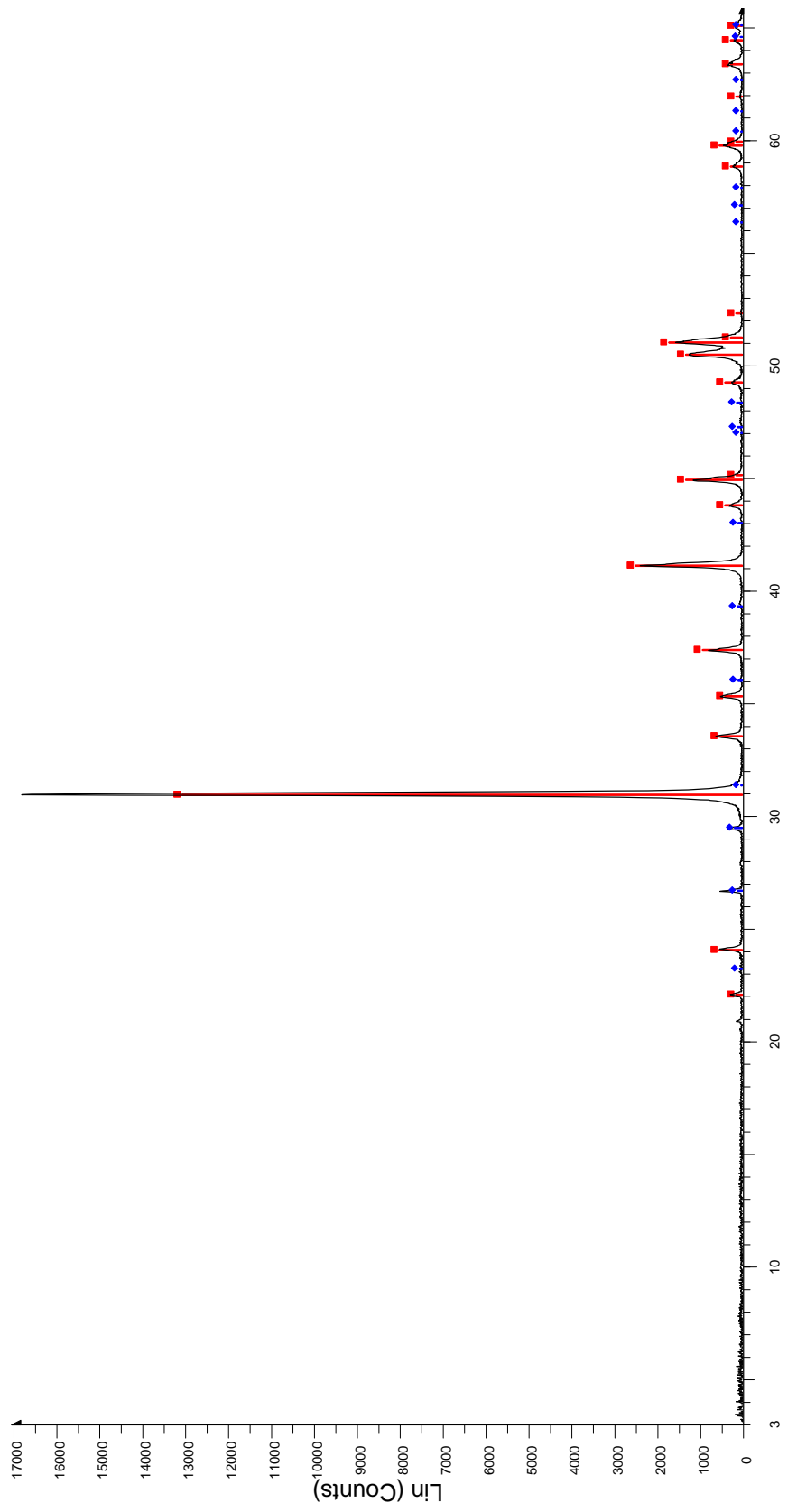
ca2 - File: ca2.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 24.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 00-005-0622 (D) - Dolomite - CaMg(CO3)2/CaO-MgO-2CO2 - Y: 73.76 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.83200 - b 4.83200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-
 100-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaO-CO2 - Y: 0.88 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36

Diffratogramma del campione ca2.



ca3 - File: ca3.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 24.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 00-005-0622 (D) - Dolomite - CaMg(CO3)2/CaO-MgO-2CO2 - Y: 80.44 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.83200 - b 4.83200 - c 15.93500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-
 00-003-0596 (D) - Calcite - beta-CaCO3 - Y: 0.87 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 365.992

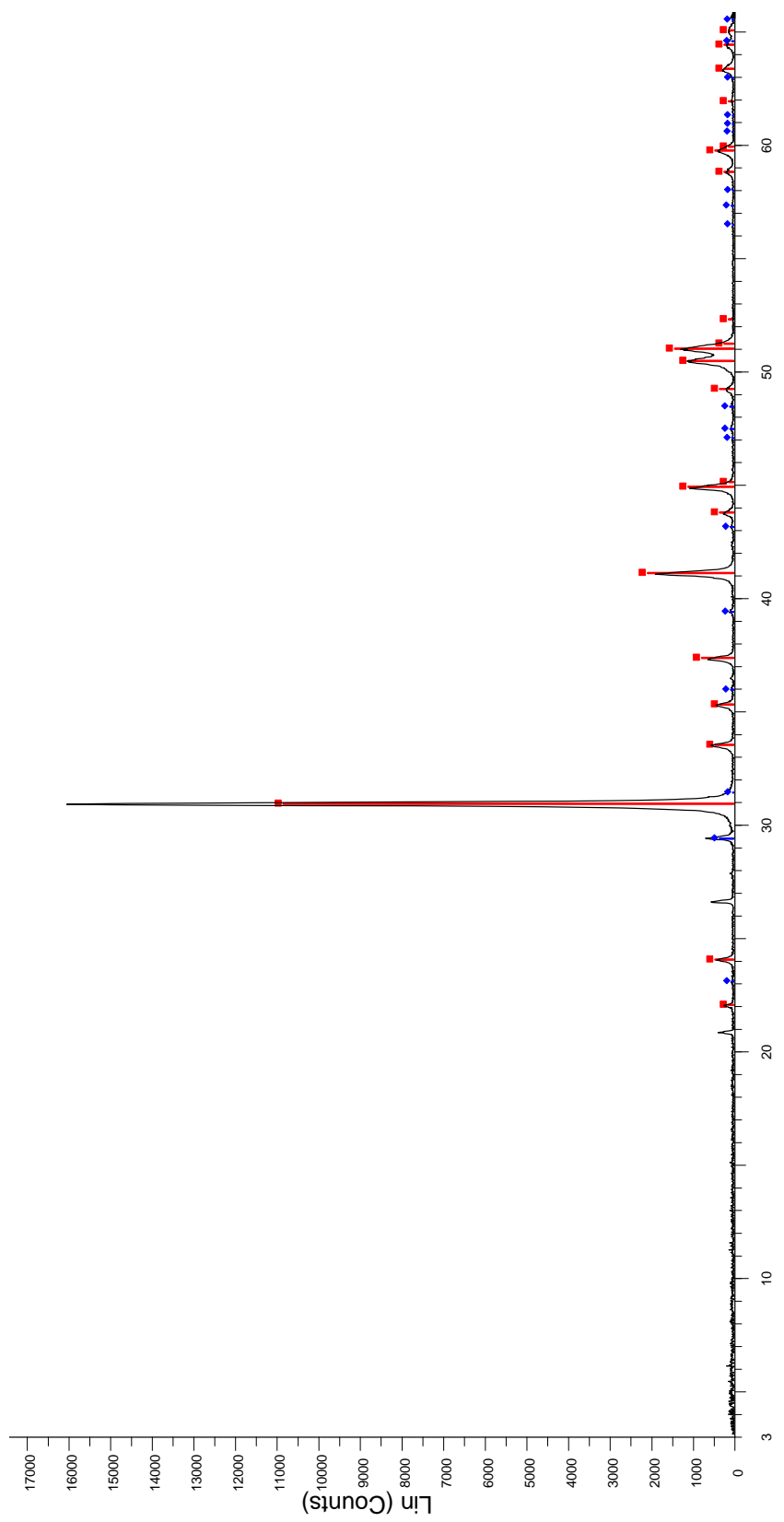
Diffratogramma del campione ca3.



2-Theta - Scale

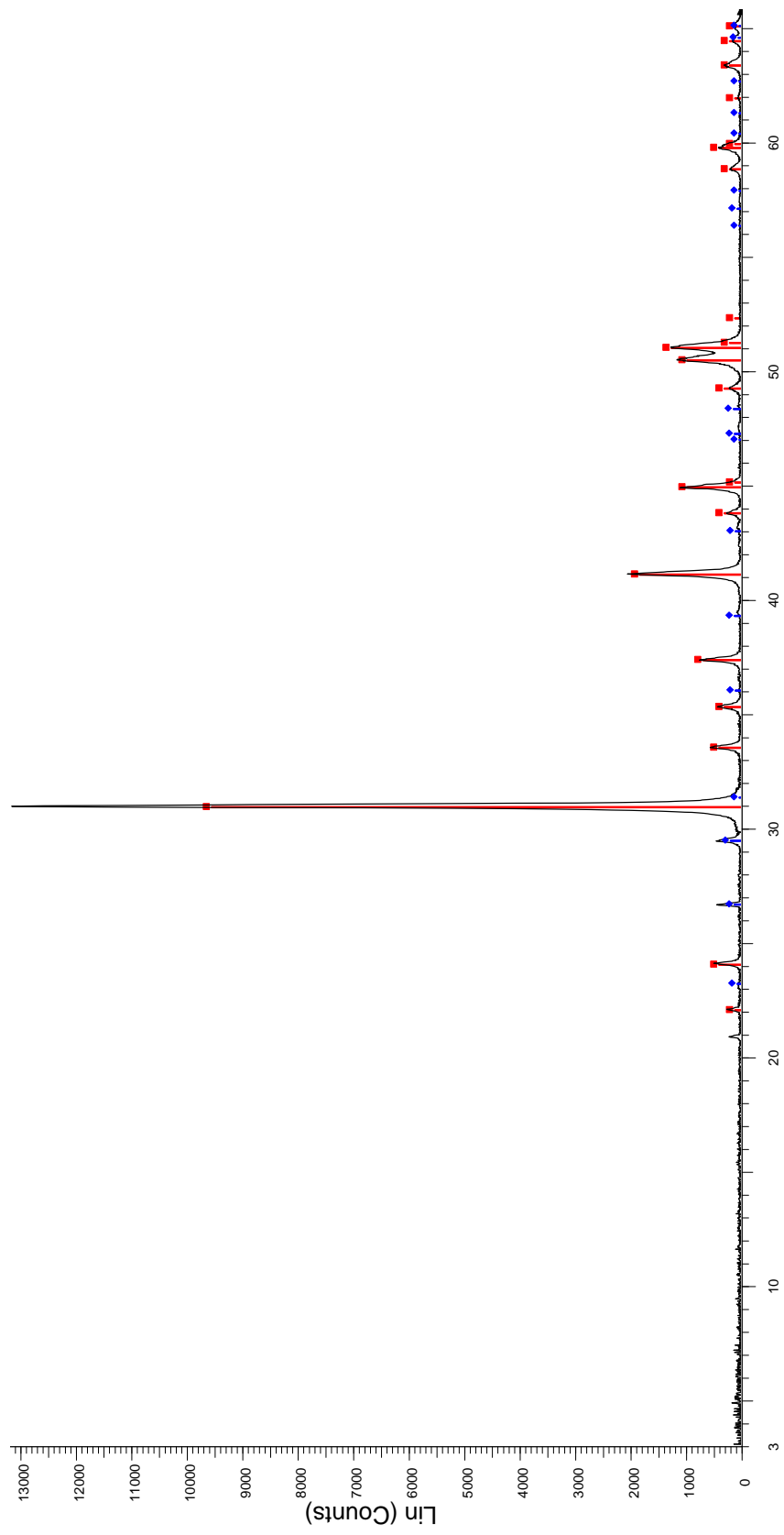
ca4 - File: ca4.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 00-036-0426 (*) - Dolomite - CaMg(CO3)2 - Y: 77.74 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.80920 - b 4.80920 - c 16.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (148) - 3 - 320.8
 00-003-0586 (D) - Calcite - beta-CaCO3 - Y: 0.98 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 365.992

Diffratogramma del campione ca4.



ca5 - File: ca5.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 24.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 12 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000; 1.000 | Import
 00-036-0426 (*) - Dolomite - CaMg(CO₃)₂ - Y: 67.50 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.80920 - b 4.80920 - c 16.02000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3 (148) - 3 - 320.8
 00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO₃ - Y: 2.02 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F3

Diffrattogramma del campione ca5.



Diffratogramma del campione ca6.

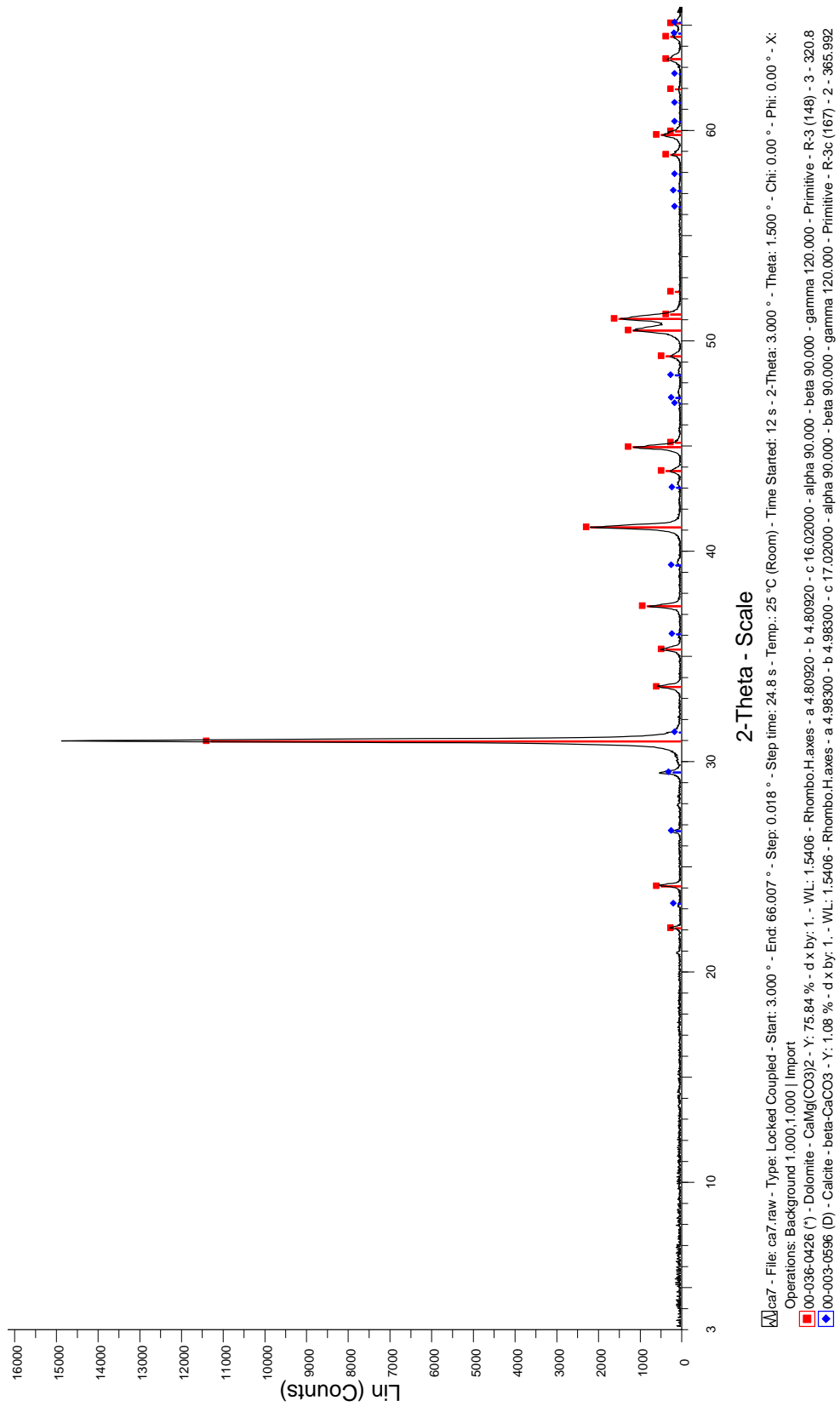
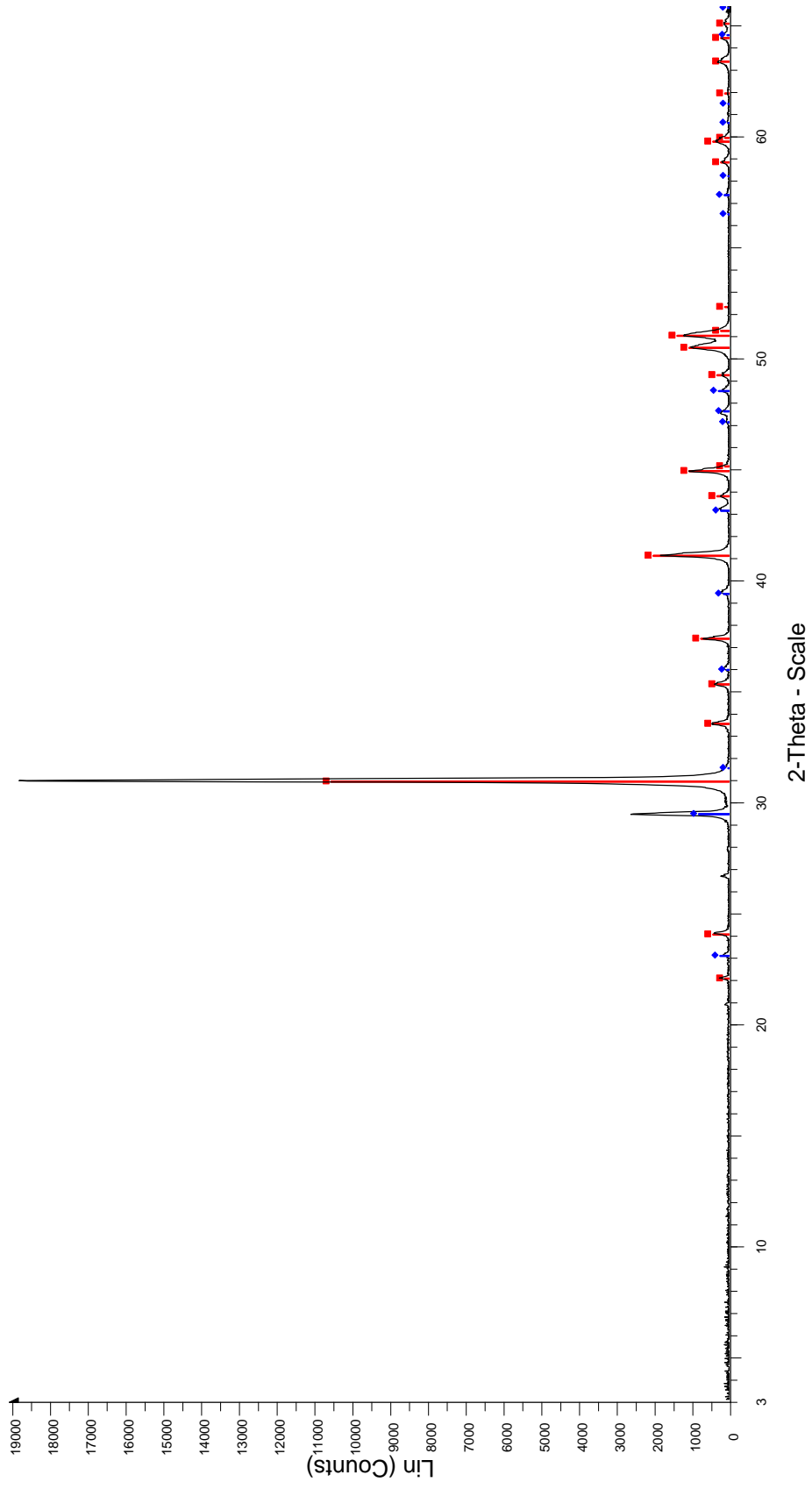
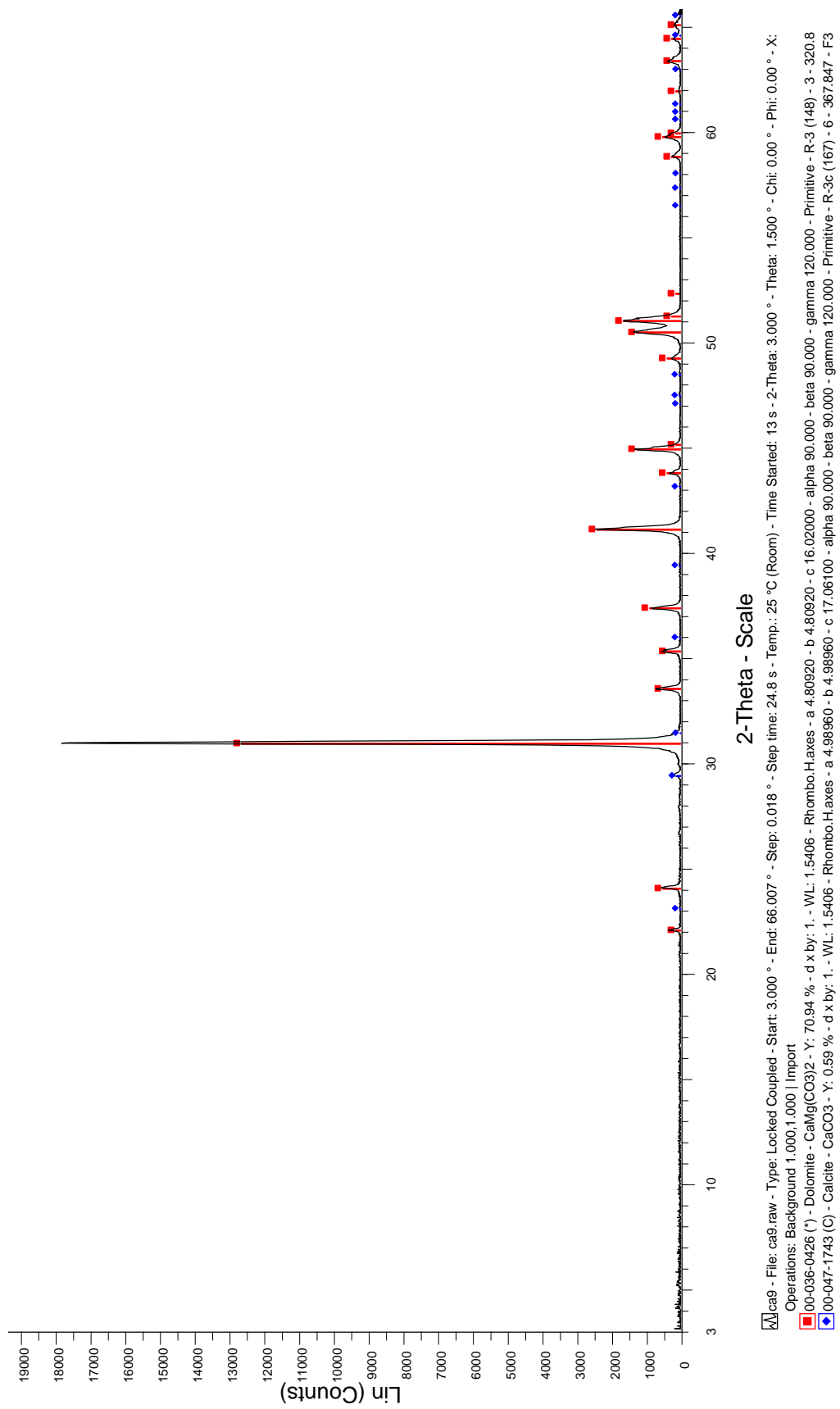


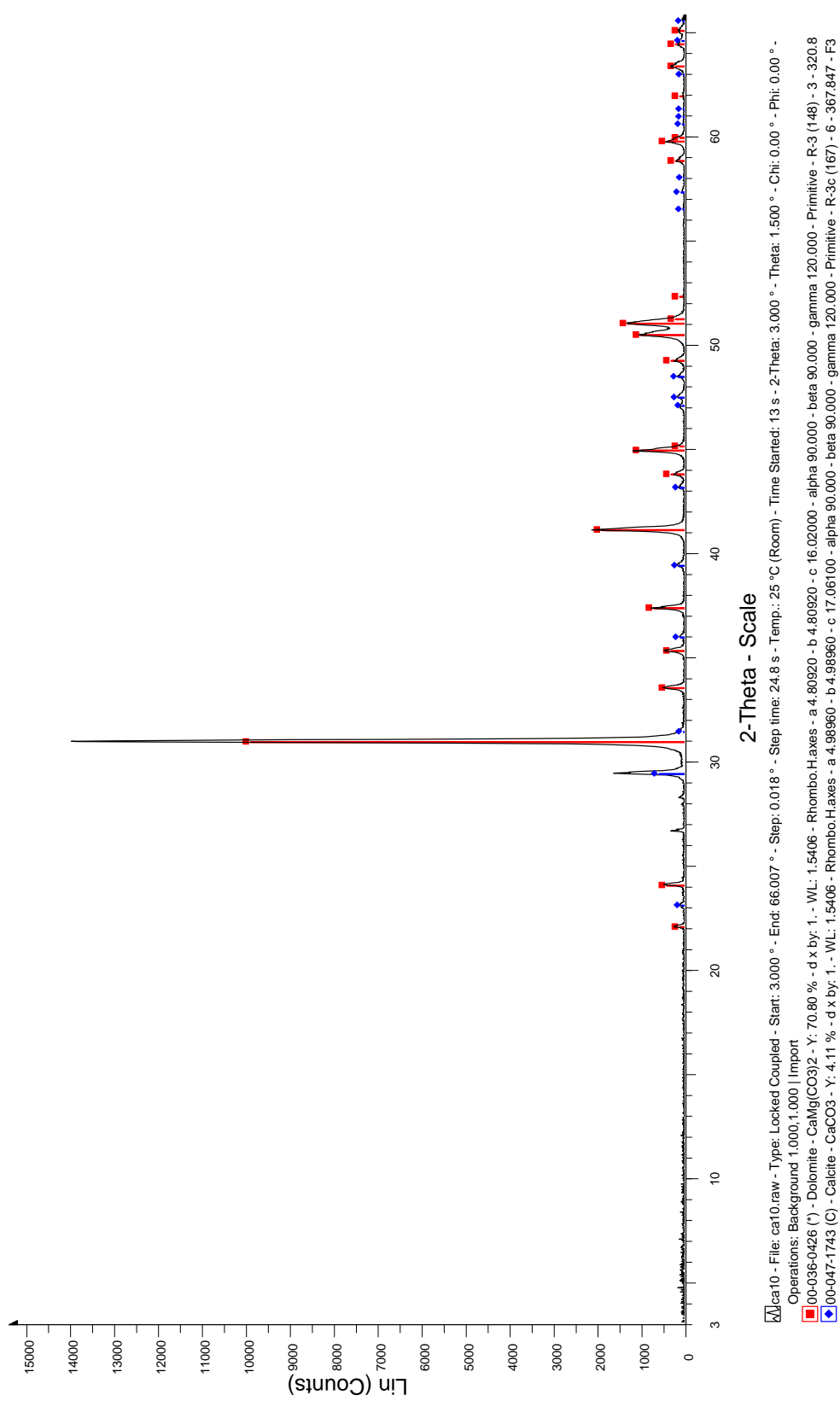
Diagramma di diffrazione del campione ca7.



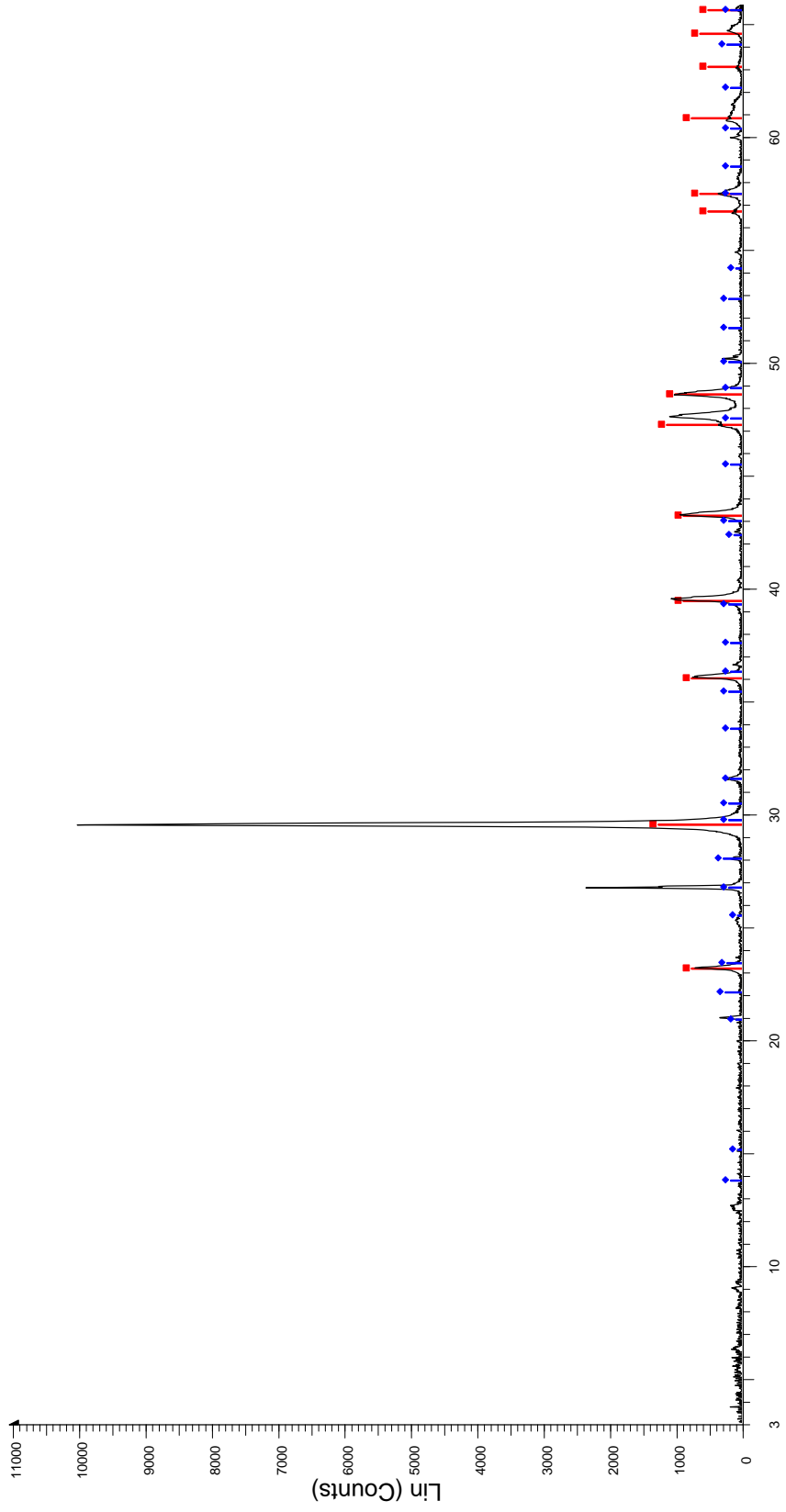
Diffattogramma del campione ca8.



Diffratogramma del campione ca9.



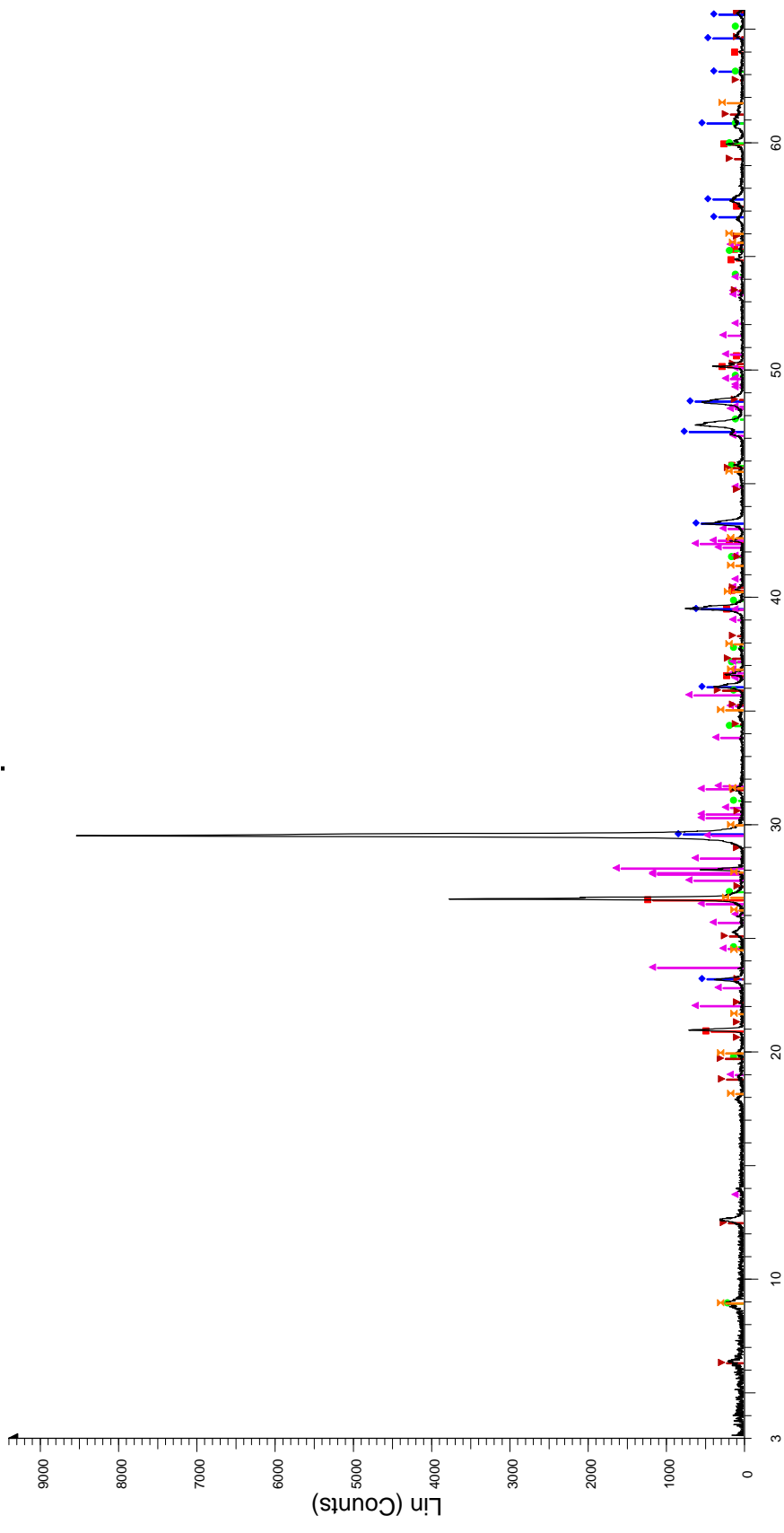
Diffratogramma del campione ca10.



2-Theta - Scale

s1.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - Xi: 0.
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaO-CO2 - Y: 12.49 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - gamma 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 00-009-0462 (D) - Orthoclase - KAlSi3O8 - Y: 2.70 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.56160 - b 12.99600 - c 7.19340 - alpha 90.000 - beta 116.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 4 - 719.38

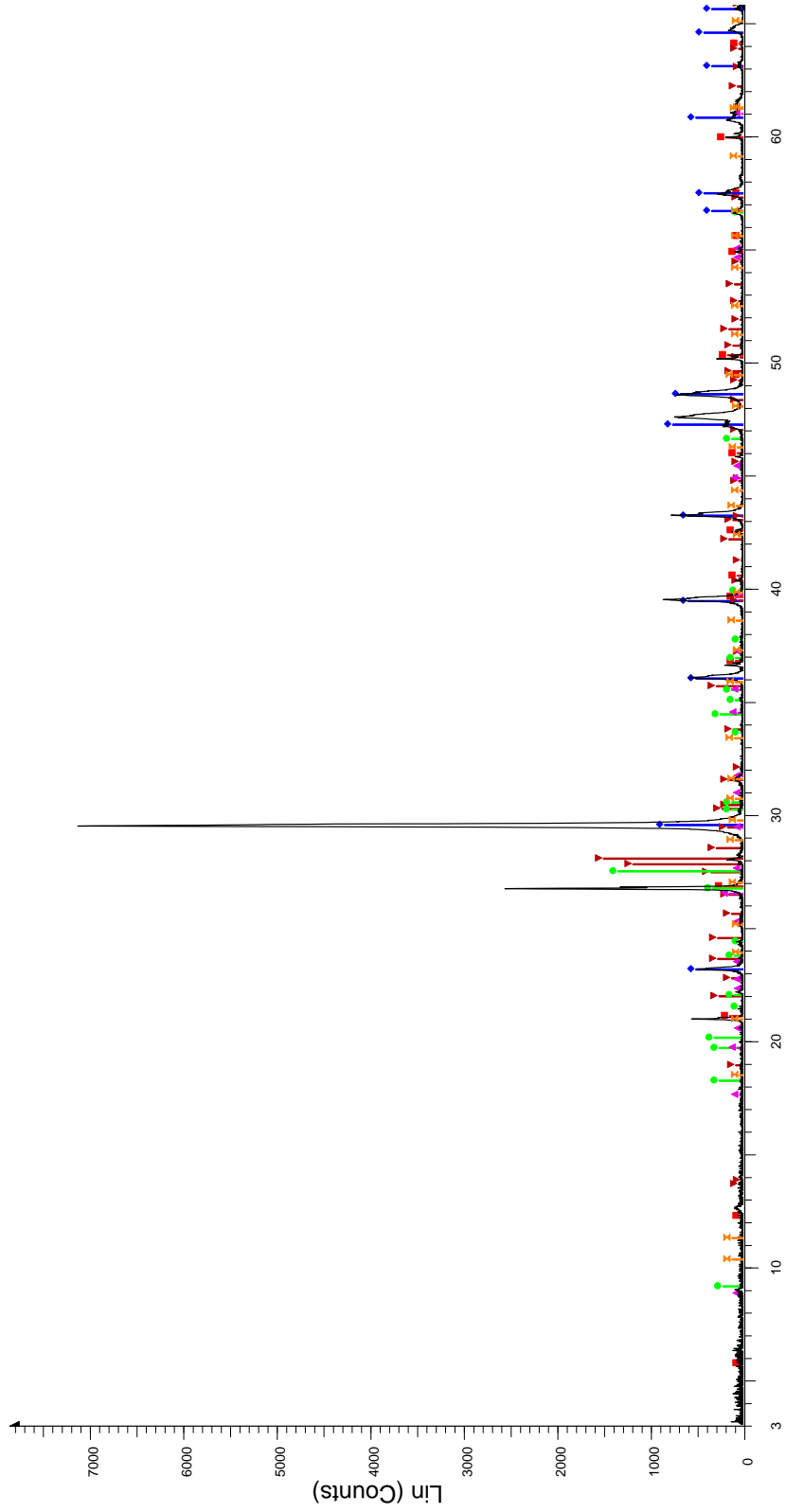
Diffratogramma del campione ca11.



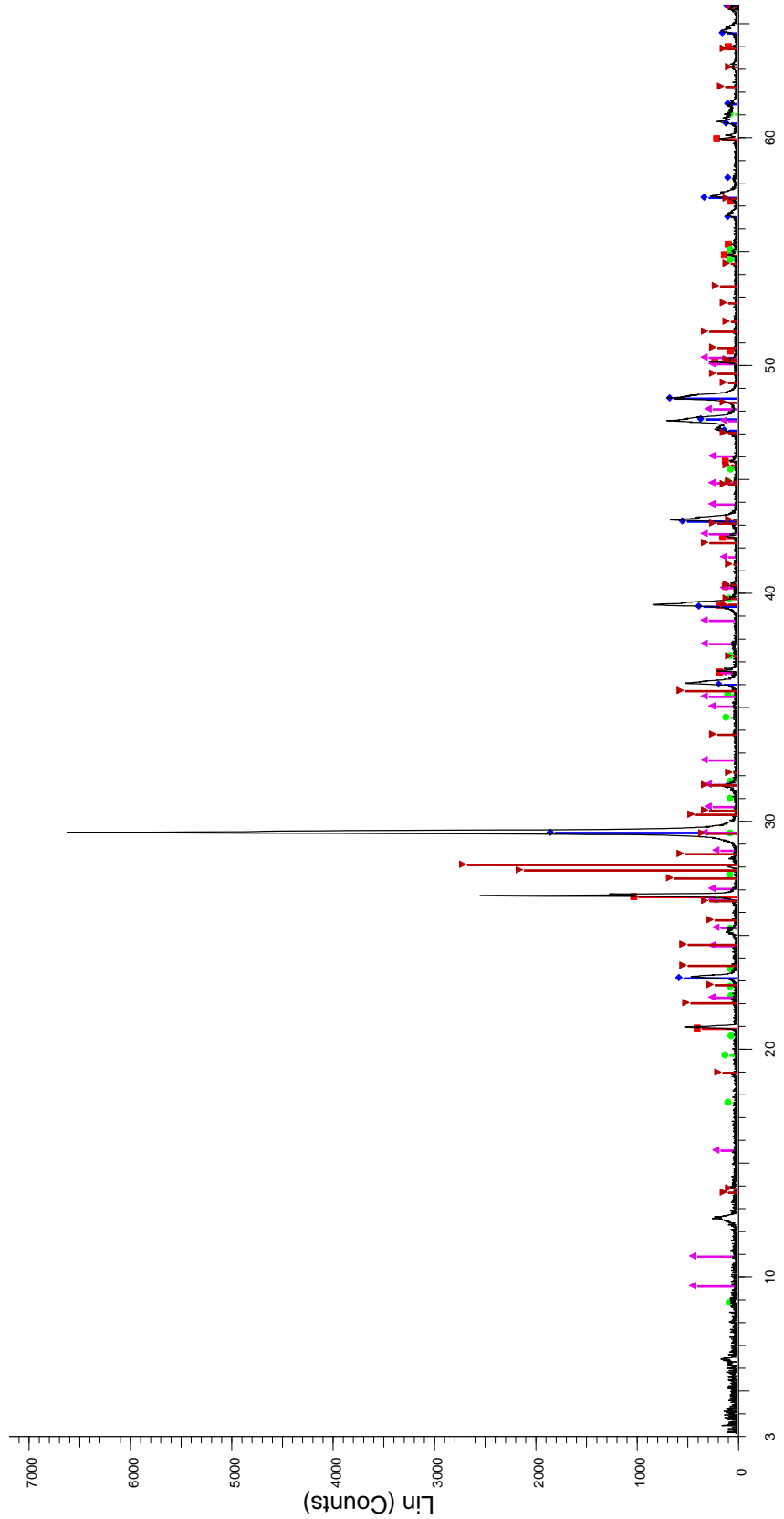
2-Theta - Scale

[X] Sp2 - File: Sp2.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 65.998 ° - Step: 0.009 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 [] 00-005-0490 (D) - Quartz, low - alpha-SiO2 - Y: 13.47 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.985
 [] 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaO-CO2 - Y: 8.90 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36
 [] 00-003-0024 (D) - Biotite - (K-H)2(Mg, Fe)2(SiO4)3 - Y: 1.49 % - d x by: 1. - WL: 1.5406
 [] 00-018-1202 (I) - Anorthite, sodian, intermediate - (Ca,Na)(Si,A)4O8 - Y: 18.23 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.17600 - b 12.86500 - c 7.10200 - alpha 93.450 - beta 116.100 - gamma 90.500 - Base-centere
 [] 00-013-0003 (D) - Chlorite - Mg2Al3(Si3Al)O10(O)8 - Y: 3.01 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.22000 - b 9.10000 - c 14.21000 - alpha 90.000 - beta 97.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 2
 [] 00-002-0050 (D) - Illite - 2K2O·3MgO·Al2O3·24SiO2·12H2O - Y: 2.53 % - d x by: 1. - WL: 1.5406

Diffratogramma del campione s2.



Diffratogramma del campione s3.



[X]Sp4 - File: Sp4.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 65.998 ° - Step: 0.009 ° - Step time: 14.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:

Operations: Background 1,000,1,000 | Import

[red square] 00-005-0480 (D) - Quartz, low - alpha-SiO2 - Y: 14.57 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112,985

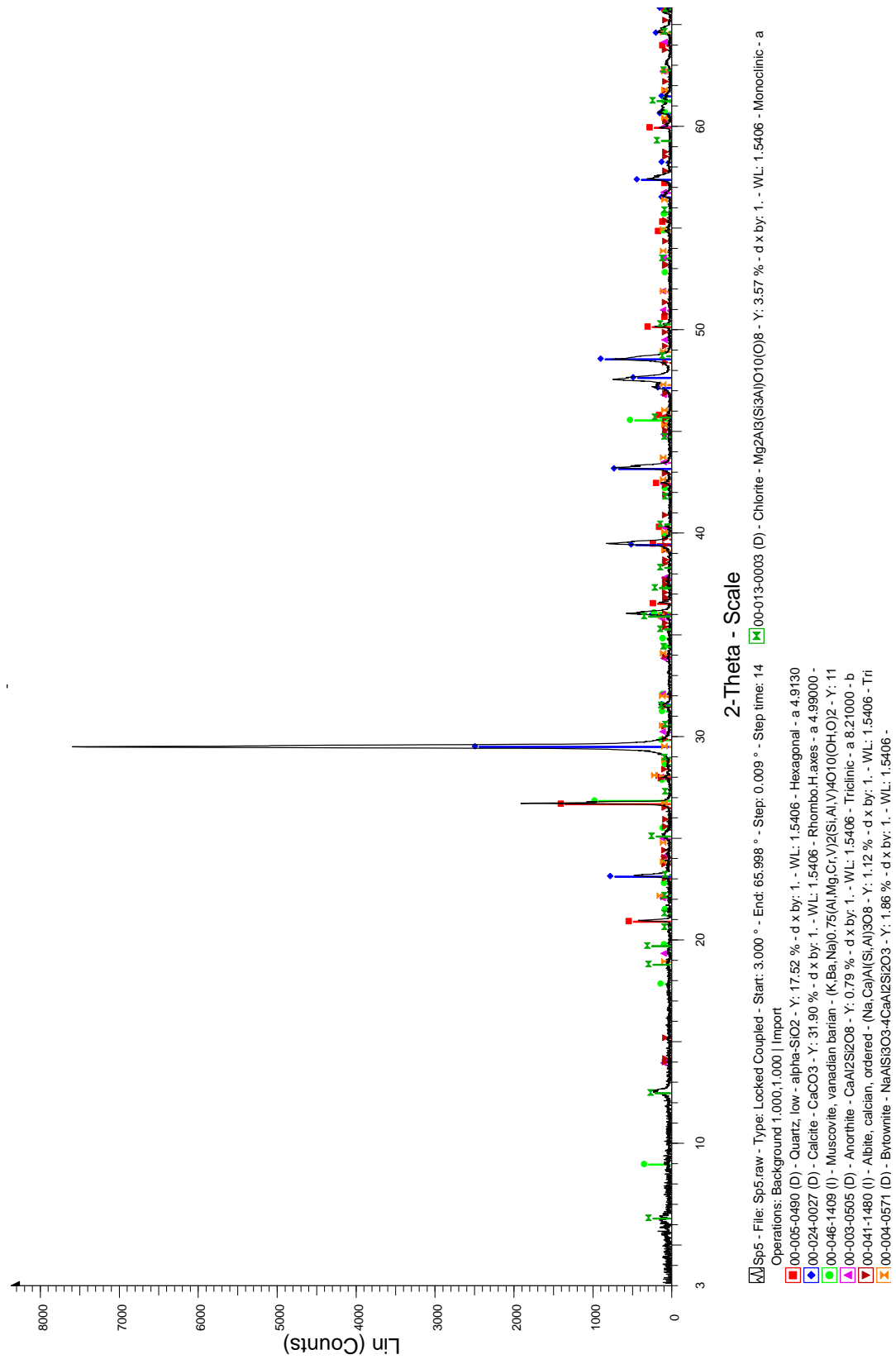
[blue square] 00-024-0027 (D) - Calcite - CaCO3 - Y: 27.08 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo H.axes - a 4.99000 - b 4.99000 - c 17.00200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 366.633 - F

[green square] 00-046-0741 (I) - Potassium Aluminum Silicate - KAl3Si3O11 - Y: 2.24 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.22500 - b 9.16300 - c 20.27500 - alpha 90.000 - beta 95.780 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/

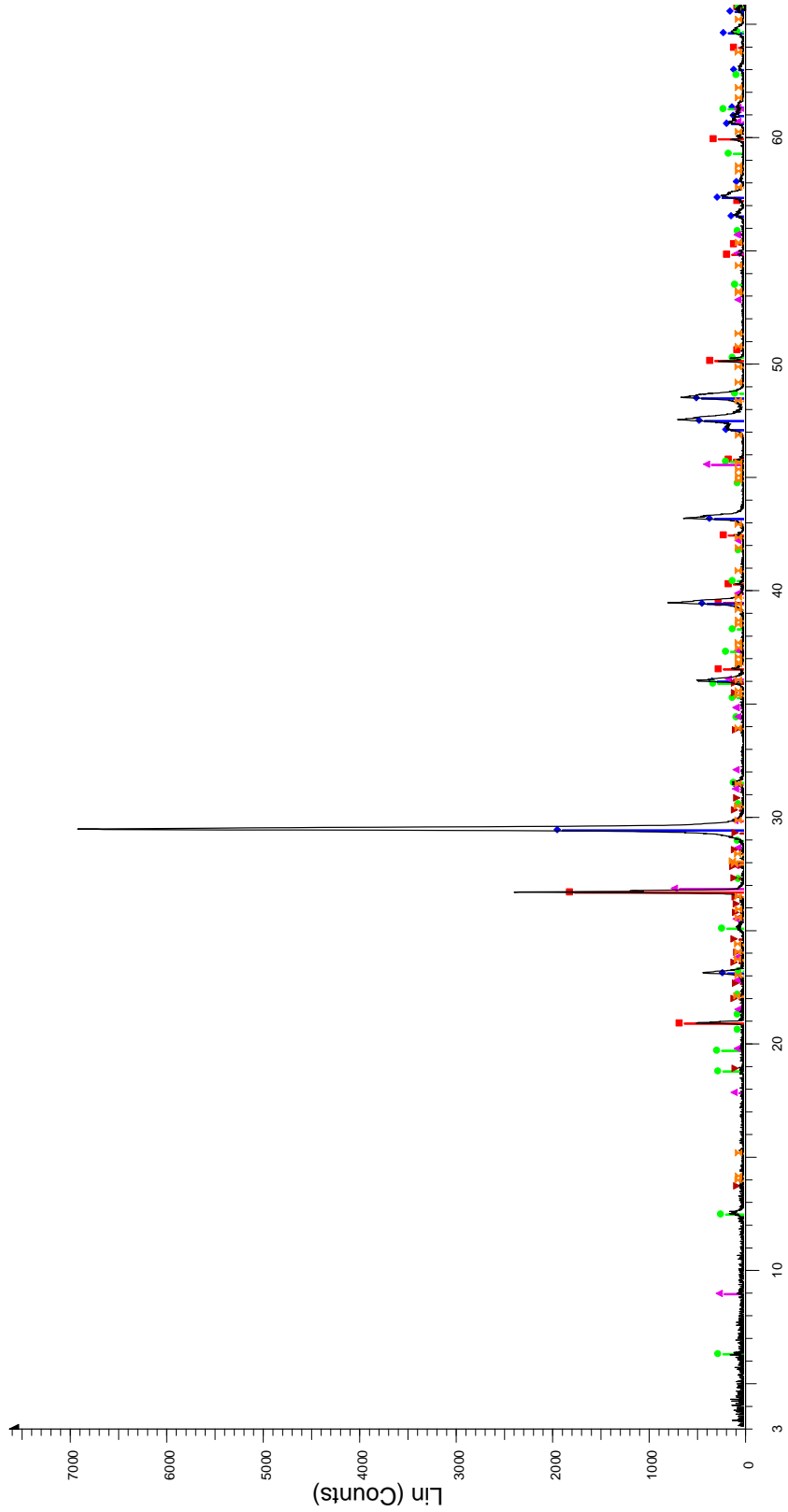
[purple square] 00-002-0064 (D) - Calcium Chlorite Hydrate - Ca(OH)2·3H2O - Y: 5.80 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 -

[black square] 00-041-1481 (I) - Anorthite, sodian, disordered - (Ca,Na)(Si,Al)4O8 - Y: 40.15 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.18130 - b 12.87400 - c 7.09700 - alpha 93.378 - beta 115.968 - gamma 90.776 - Primitive - P-1 (

Diffattogramma del campione s4.



Diffratogramma del campione s5.



Sp6 - File: Sp6.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 65.988 ° - Step: 0.009 ° - Step time: 14.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - X:

Operations: Background 1,000,1,000 | Import

00-005-0490 (D) - Quartz - SiO_2 - Y: 25.40 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.985

00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO_3 - Y: 27.26 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F

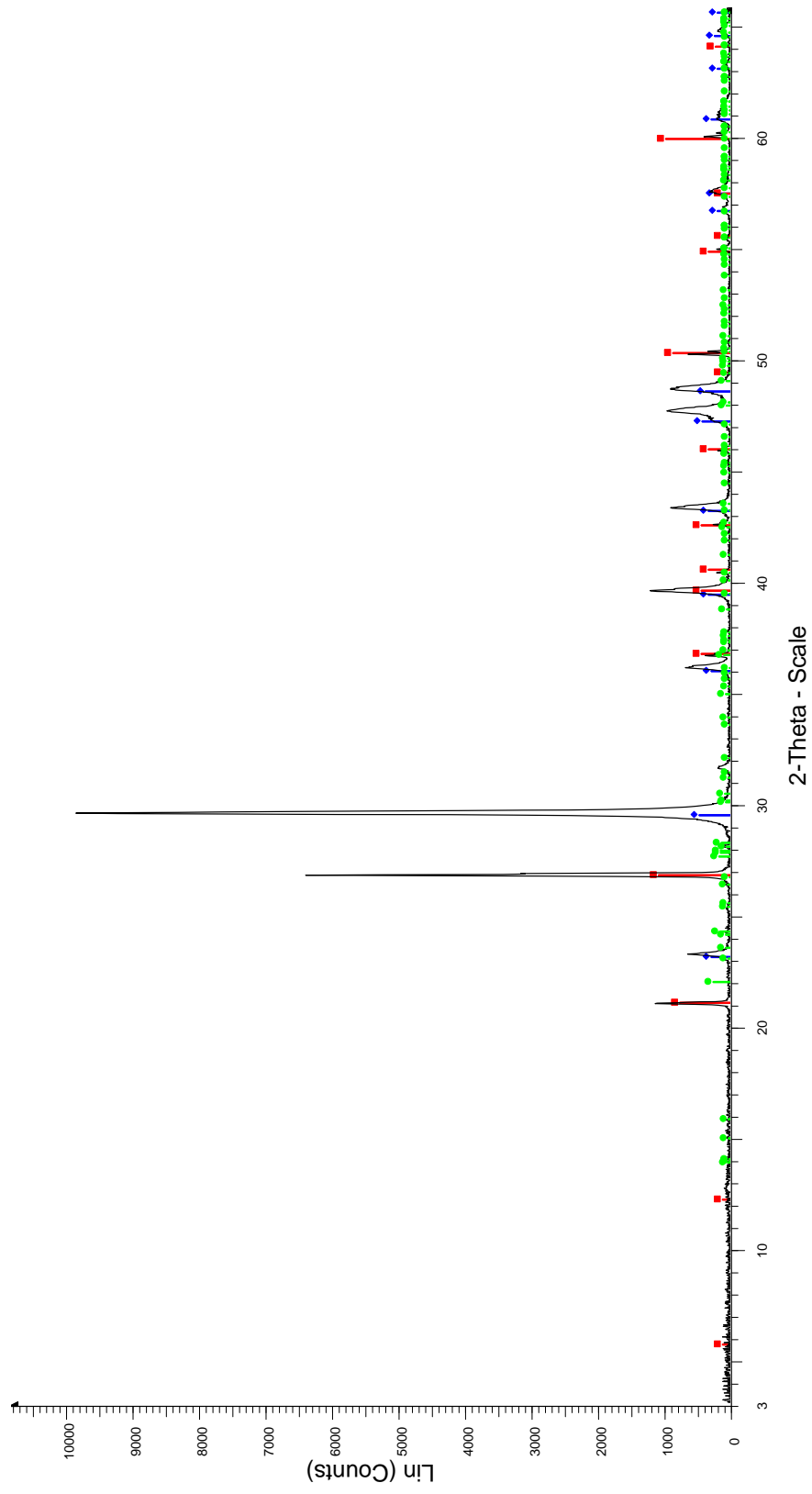
00-013-0003 (D) - Chlorite - $\text{Mg}_2\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ - Y: 3.88 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.22000 - b 9.10000 - c 14.21000 - alpha 90.000 - beta 97.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 2

00-046-1409 (I) - Muscovite, vanadian berian - $(\text{K,Ba,Nb})_0.75(\text{Al,Mg,Cr})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{20}(\text{OH})_2$ - Y: 9.67 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.20990 - b 9.07290 - c 20.06390 - alpha 90.000 - beta 95.715 - g

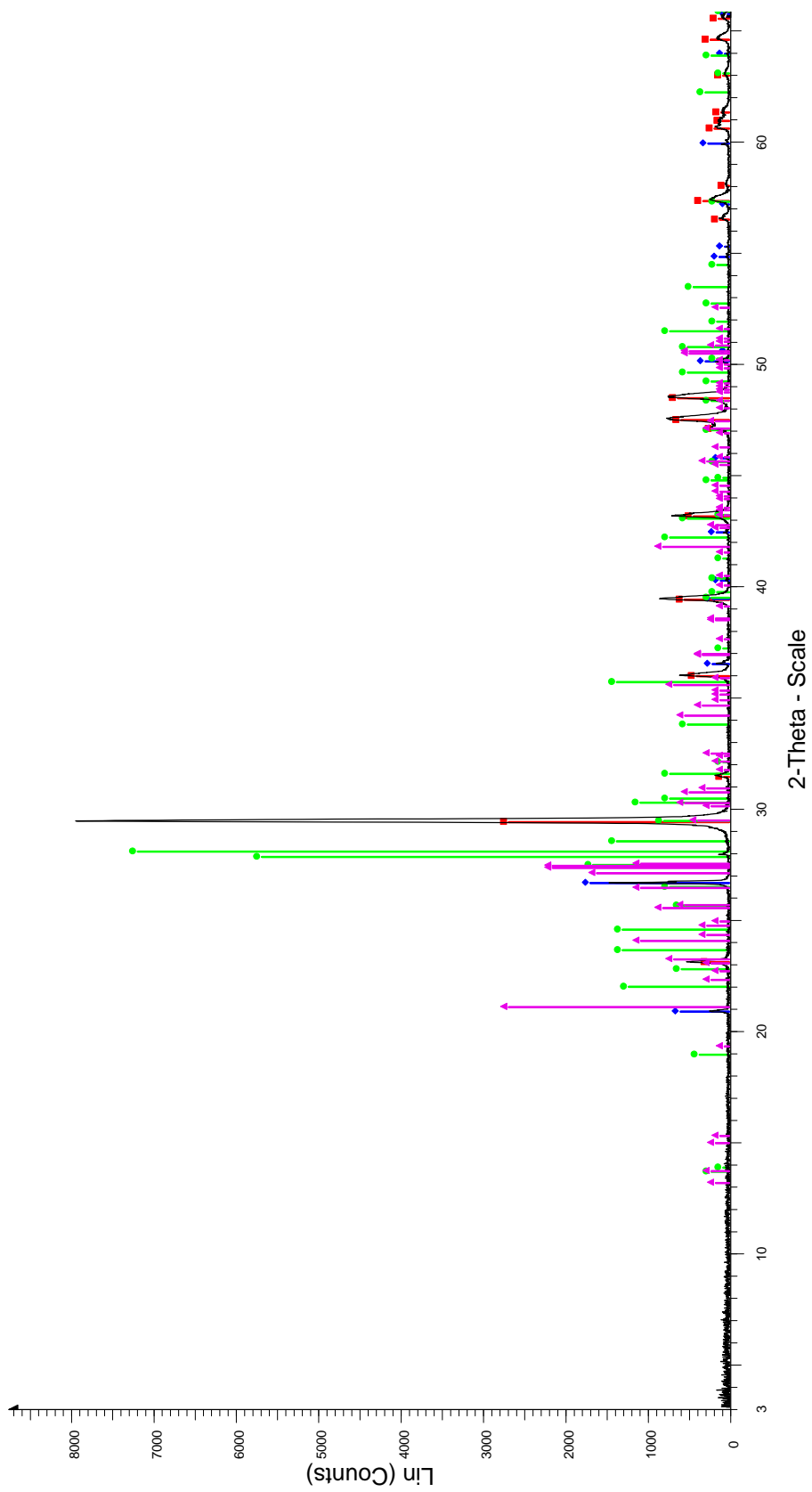
00-010-0379 (D) - Anorthite - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ - Y: 0.87 % - d x by: 1. - WL: 1.5406

00-041-1480 (I) - Albite, calcian, ordered - $(\text{Na,CaAl}(\text{Si,Al})_3\text{O}_8$ - Y: 0.93 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.16100 - b 12.85800 - c 7.11200 - alpha 93.680 - beta 116.420 - gamma 89.390 - Base-centered - C-1

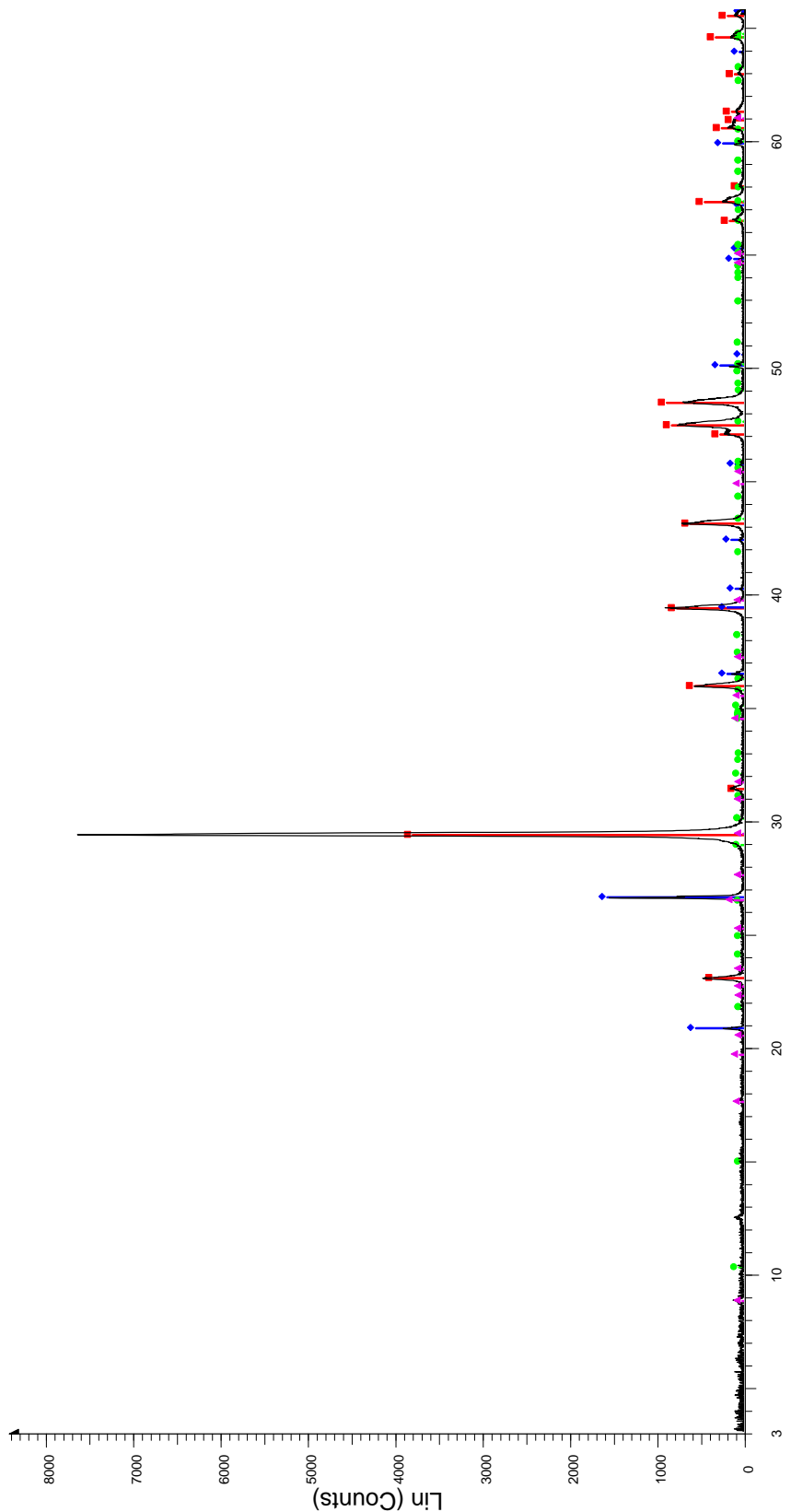
Diffattogramma del campione s6.



Diffratogramma del campione s7.

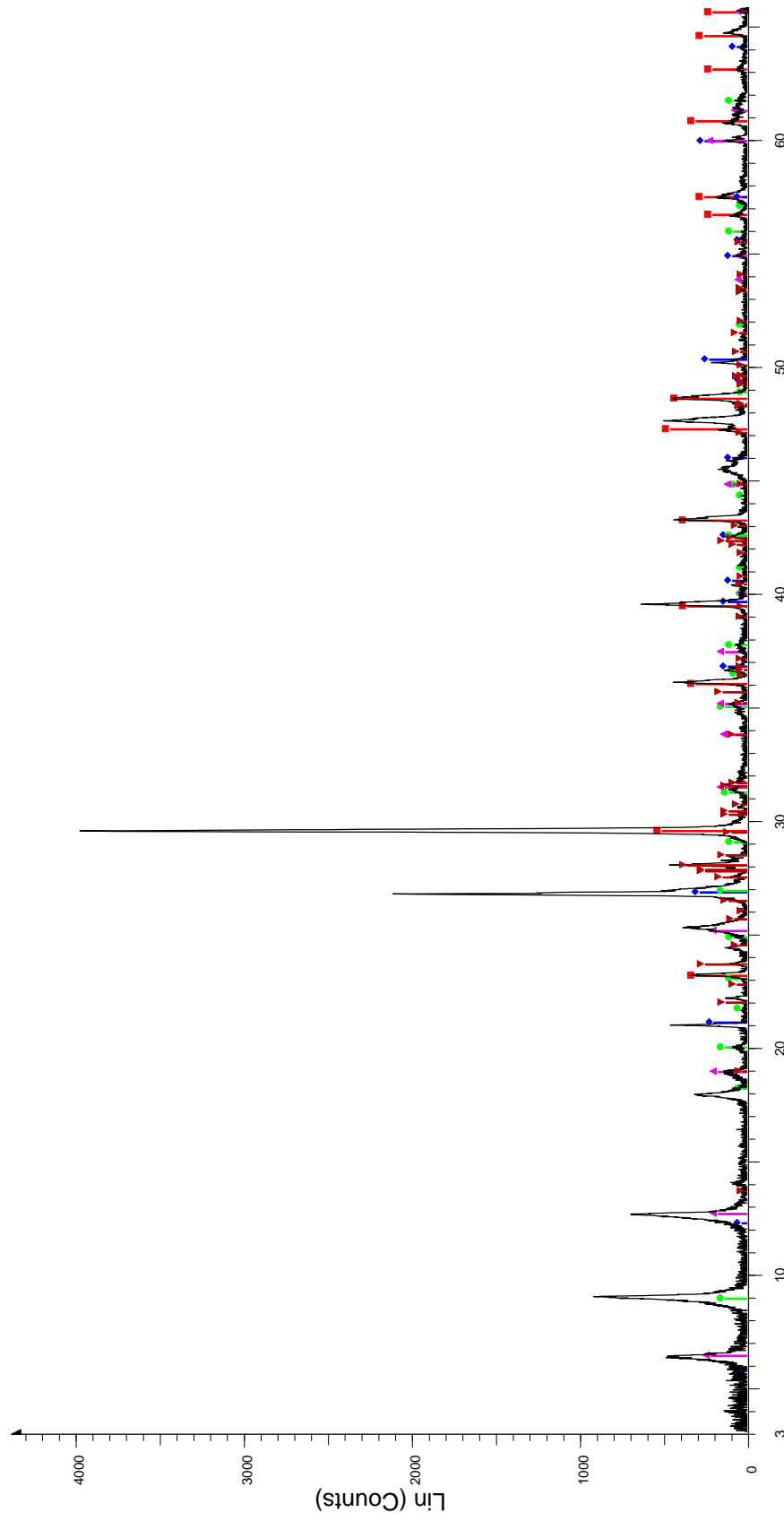


Diffratogramma del campione s8.



[M] Sp9 - File: Sp9.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 65.998 ° - Step: 0.009 ° - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Phi: 0.00 ° - X:
 Operations: Background 1.000,1.000 | Import
 [red square] 00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO₃ - Y: 49.68 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F
 [blue diamond] 00-005-0490 (D) - Quartz, low - alpha-SiO₂ - Y: 20.48 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.985
 [green circle] 00-040-0744 (*) - Calcium Chlorite Hydrate - Ca(OH)₂·3H₂O - Y: 0.68 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Tetragonal - a 8.16500 - b 8.16500 - c 17.24200 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - 1149.48 - F30= 20(0,
 [purple triangle] 00-046-0741 (I) - Potassium Aluminum Silicate - KAISi3O11 - Y: 1.39 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.22500 - b 9.16300 - c 20.27500 - alpha 90.000 - beta 95.780 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/

Diffattogramma del campione s9.

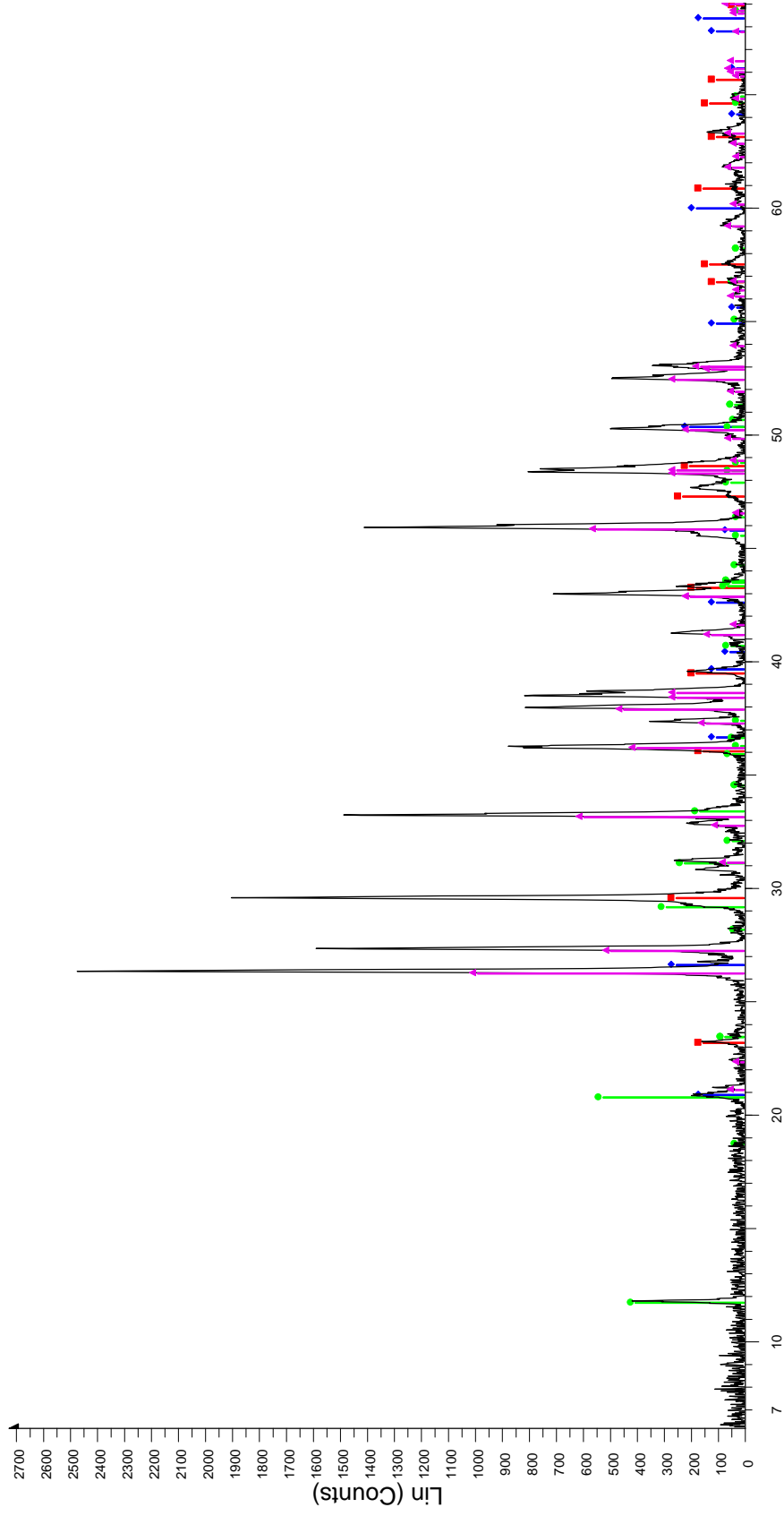


2-Theta - Scale

[X] Sp10 - File: Sp10.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 65.998 ° - Step: 0.009 ° - Step time: 14.2 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° -
 Operations: Background 1,000,1,000 | Import
 [■] 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 12.66 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Rhombo. H. axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 [■] 00-003-0444 (D) - Quartz - SiO₂ - Y: 6.94 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.39300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112,275 - F25= 4(0).
 [■] 00-002-0057 (D) - Biotite - H₄K₂Mg₆Al₂Si₆O₂₄ - Y: 3.20 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.30000 - b 9.21000 - c 10.16000 - alpha 90.000 - beta 99.500 - gamma 90.000 - 489.139 - F26= 1(0.0860,295)
 [■] 00-002-0028 (D) - Chlorite - (Mg,Fe)5(Al,Si)5O10(OH)8 - Y: 5.32 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.38400 - b 9.24000 - c 28.62000 - alpha 90.000 - beta 97.150 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/c (15)
 [■] 00-018-1202 (I) - Anorthite, sodian, intermediate - (Ca,Na)(Si,Al)4O8 - Y: 8.79 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.17600 - b 12.86500 - c 7.10200 - alpha 93.450 - beta 116.100 - gamma 90.500 - Base-centered

Diffratogramma del campione s10.

SIR1

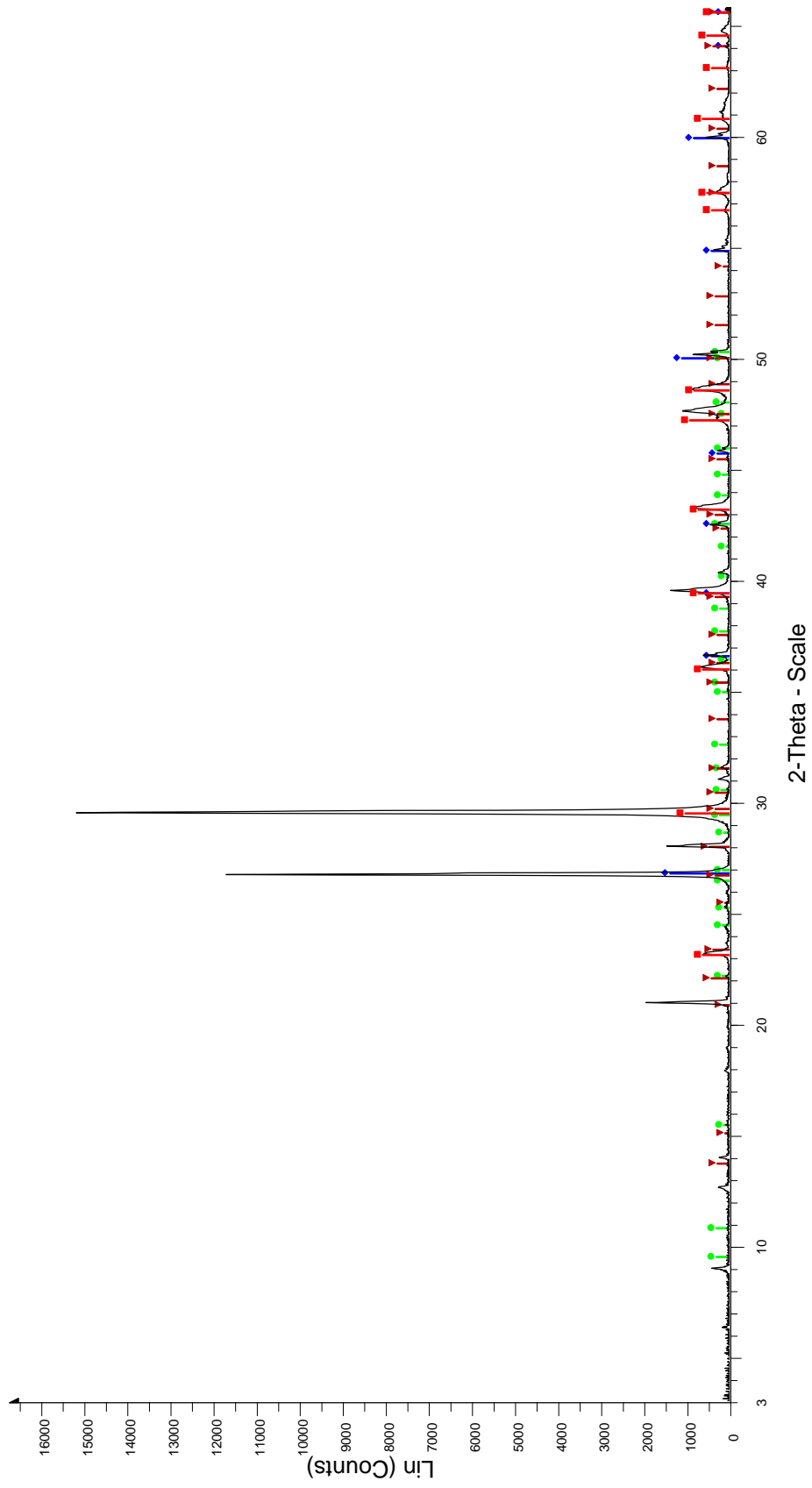


2-Theta - Scale

SIR1 - File: SIR1.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° -
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 10.11 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 3
 00-003-0427 (D) - Quartz - alpha-SiO₂ - Y: 10.07 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.39300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 3 - 112,275 - F2
 00-036-0432 (D) - Gypsum - CaSO₄·2H₂O - Y: 21.06 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.68000 - b 15.18000 - c 6.52000 - alpha 90.000 - beta 118.383 - gamma 90.000 - Body-centered - I2/a (15) - 4 - 4 - 494.5
 00-041-1475 (*) - Aragonite - CaCO₃ - Y: 39.93 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.96230 - b 7.96600 - c 5.74390 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pmnc (62) - 4 - 227,112 - I/c P

Diffattogramma del campione SIR 1.

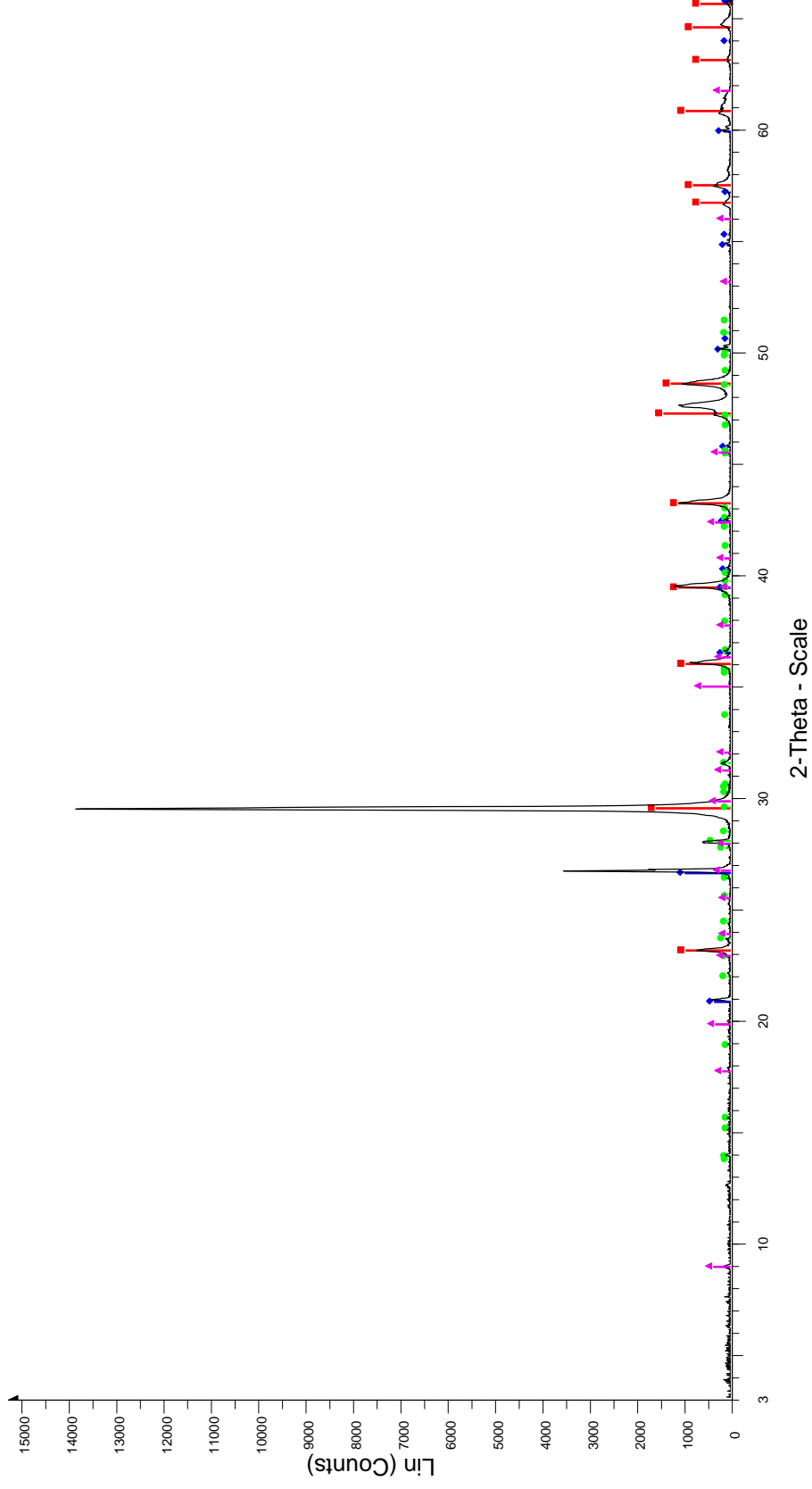
SIR2



SIR2 - File: SIR2.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Time Started: 13 s - 2-Theta: 3.000 ° - Chis: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - Operations: Background 1.000,1.000 | Import
00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃CaO-CO₂ - Y: 6.71 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36
00-002-0471 (D) - Quartz - SiO₂ - Y: 9.04 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.39300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - 3 - 112.275 - F26= 5(0.0720,71)
00-002-0064 (D) - Calcium Chlorite Hydrate - Ca(OH)₂·3H₂O - Y: 1.99 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 -
00-002-0534 (D) - Orthoclase - Al₂O₃·K₂O·6SiO₂ - Y: 3.02 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.45000 - b 12.90000 - c 7.15000 - alpha 90.000 - beta 116.050 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 7

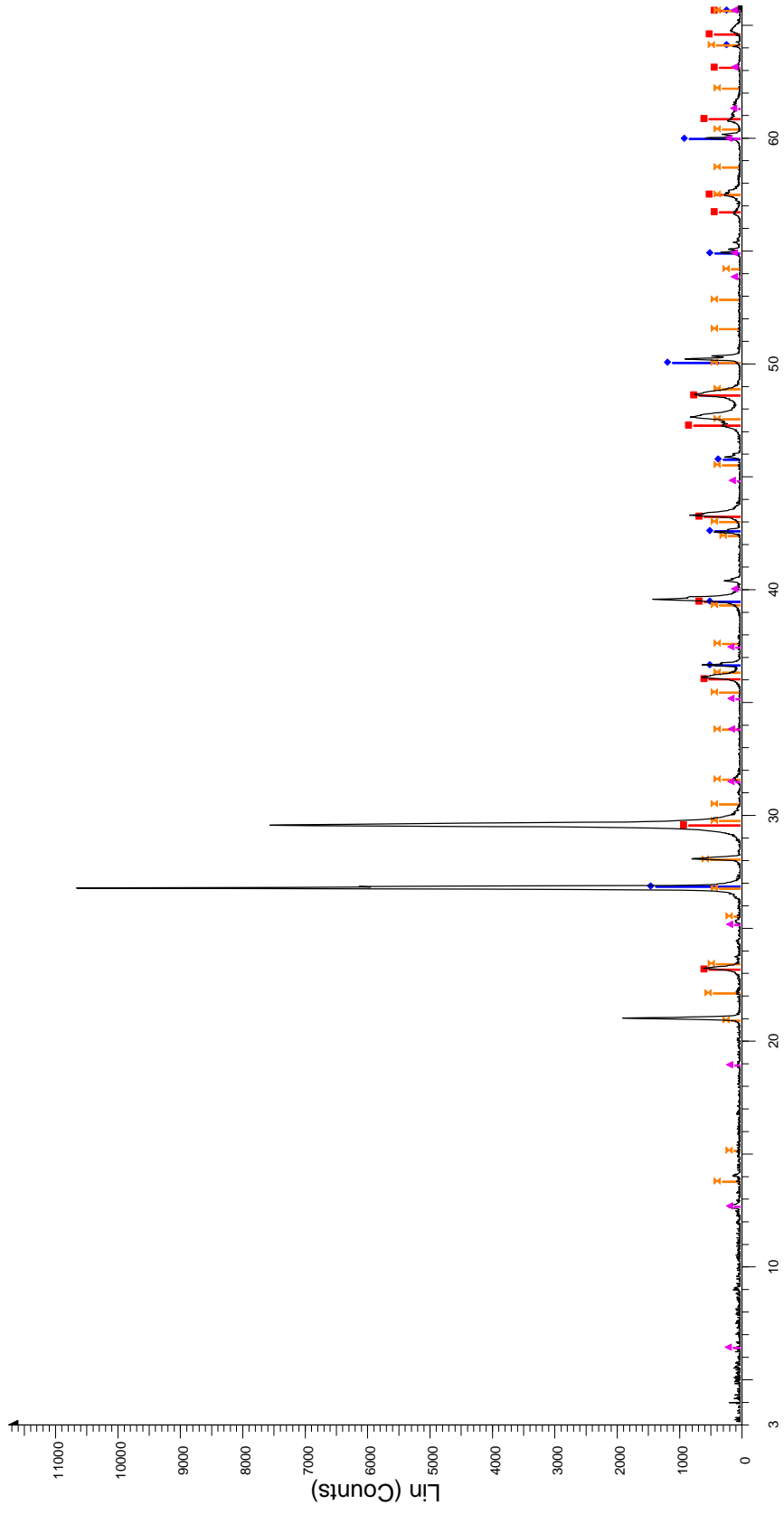
Diffratogramma del campione SIR2.

SIR3



Diffattogramma del campione SIR3.

SIR4



2-Theta - Scale

SIR4 - File: SIR4.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Operations: Background 1,000;1,000 | Import

00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 7.75 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo. H. axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36

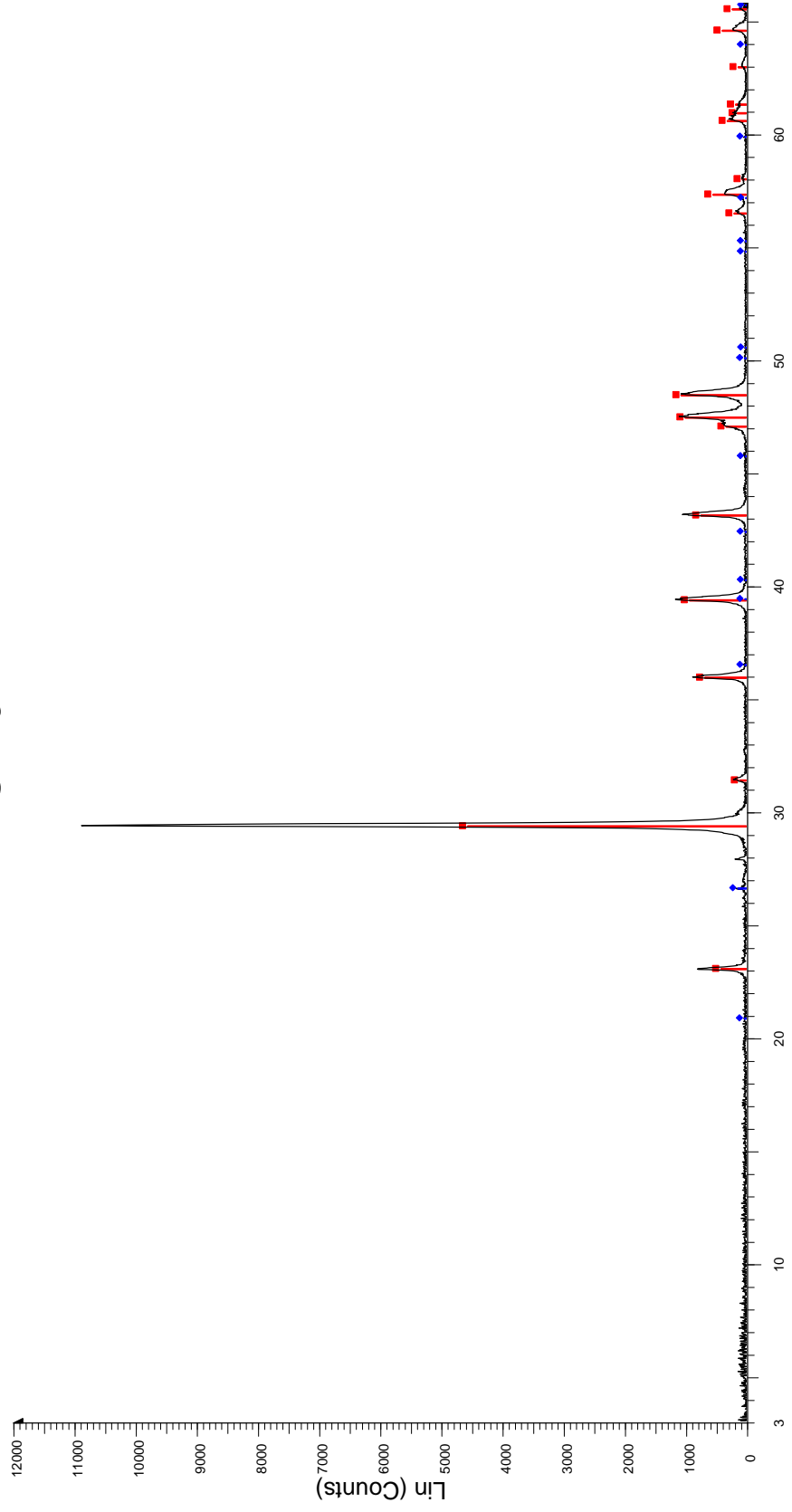
00-002-0471 (D) - Quartz - SiO₂ - Y: 12.71 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.39300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - 3 - 112.275 - F26= 5(0.0720,71)

00-002-0028 (D) - Chlorite - (Mg,Fe)5(Al,Si)5O10(OH)8 - Y: 1.04 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.38400 - b 9.24000 - c 28.62000 - alpha 90.000 - beta 97.150 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/c (15)

00-002-0534 (D) - Orthoclase - Al₂O₃K₂O·6SiO₂ - Y: 4.47 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.45000 - b 12.90000 - c 7.15000 - alpha 90.000 - beta 116.050 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 7

Diffratogramma del campione SIR4.

SIR5

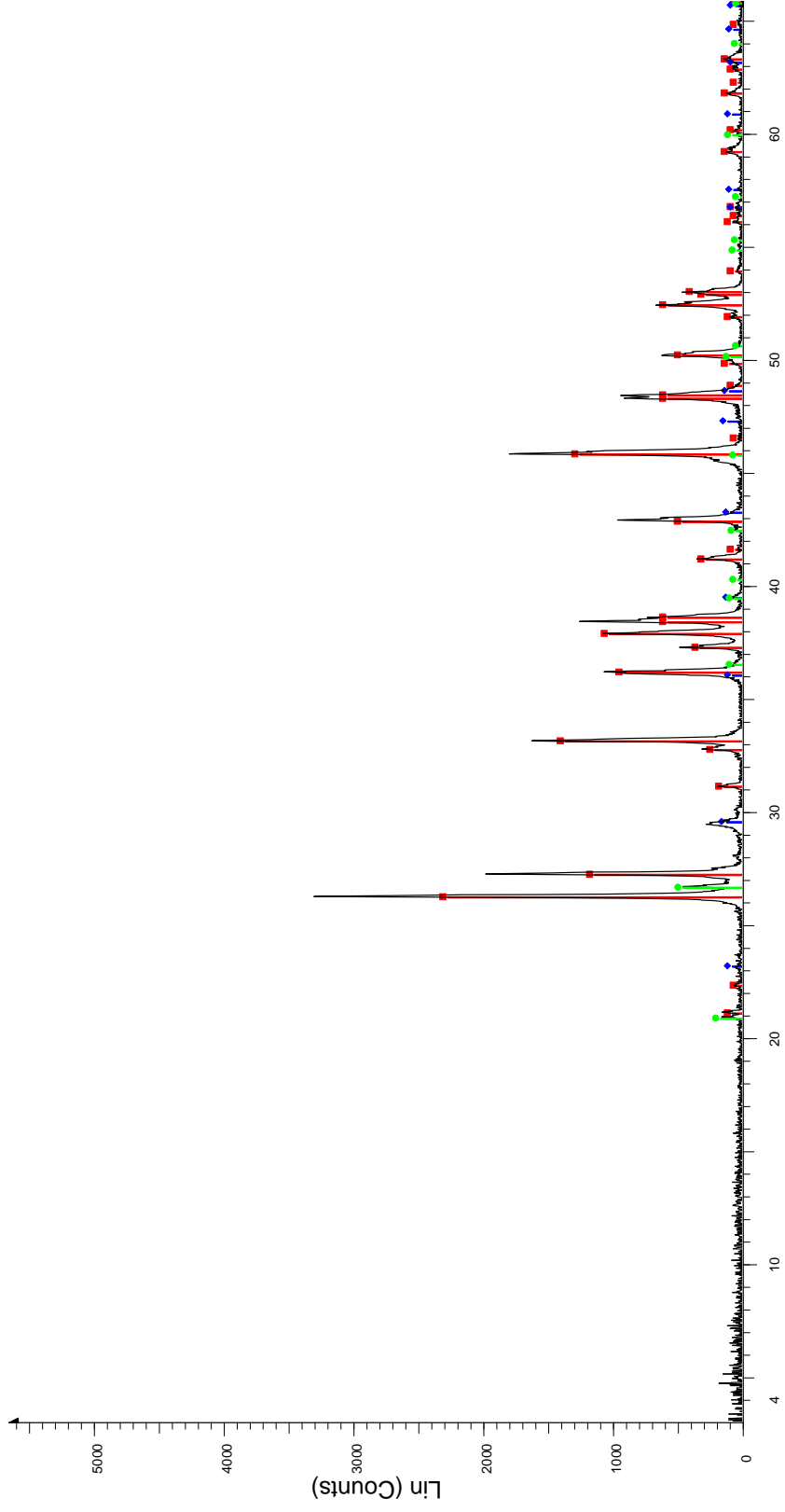


2-Theta - Scale

File: SIR5.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Step time: 24.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° - Operations: Background 1,000,1,000 | Import
00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO3 - Y: 41.88 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98960 - b 4.98960 - c 17.06100 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F
00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 1.17 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 113.010 - I/c PD

Diffratogramma del campione SIR5.

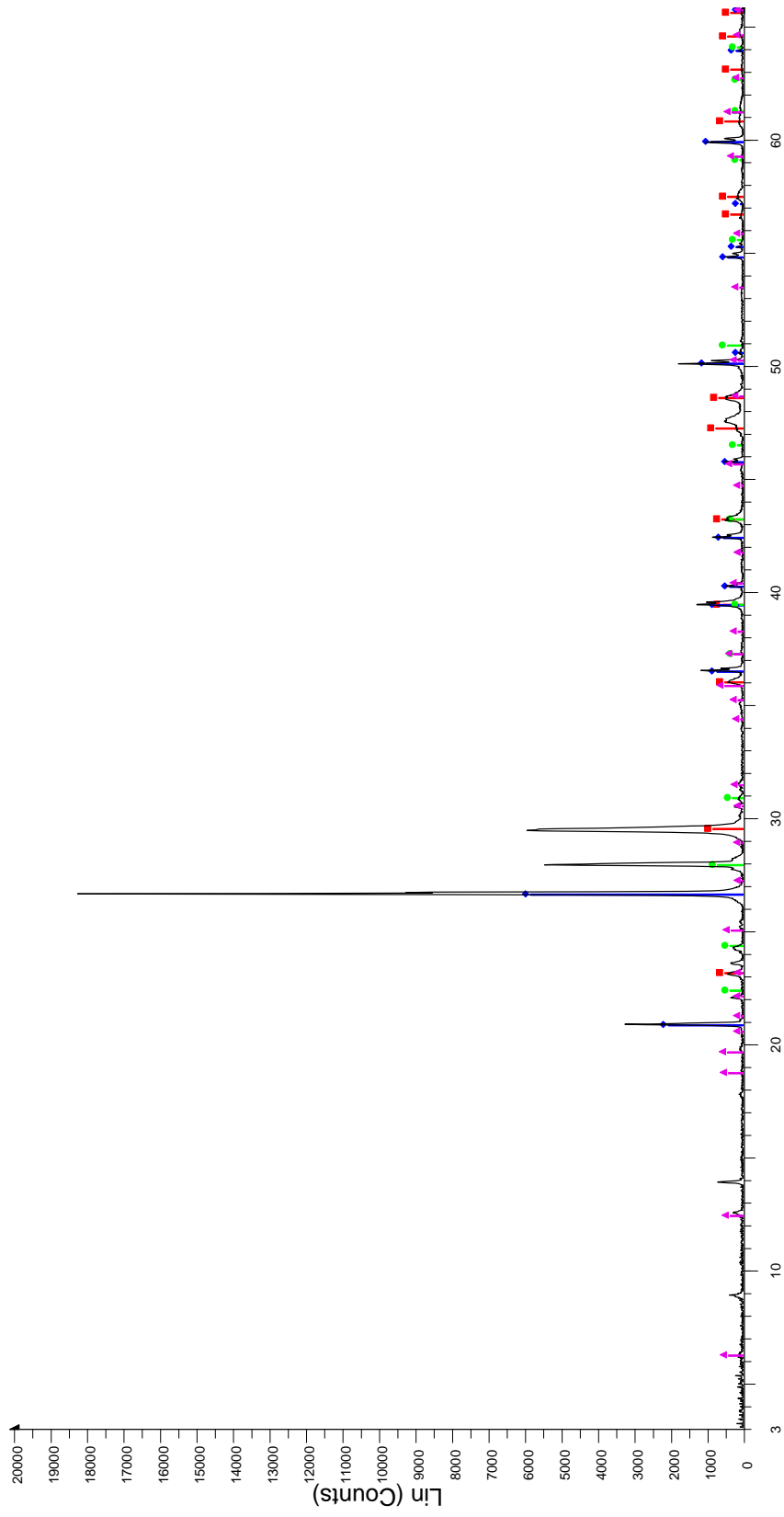
SIR6



File: SIR6.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° -
Operations: Background 1.000, 1.000 | Import
00-041-1475 (°) - Aragonite - CaCO3 - Y: 68.66 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.96230 - b 7.96800 - c 5.74390 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pmcn (62) - 4 - 227.112 - I/c P
00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO3/CaO-CO2 - Y: 3.47 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo. H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36
00-005-0490 (D) - Quartz, low - alpha-SiO2 - Y: 13.63 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.985

Diffattogramma del campione SIR6.

SIR8

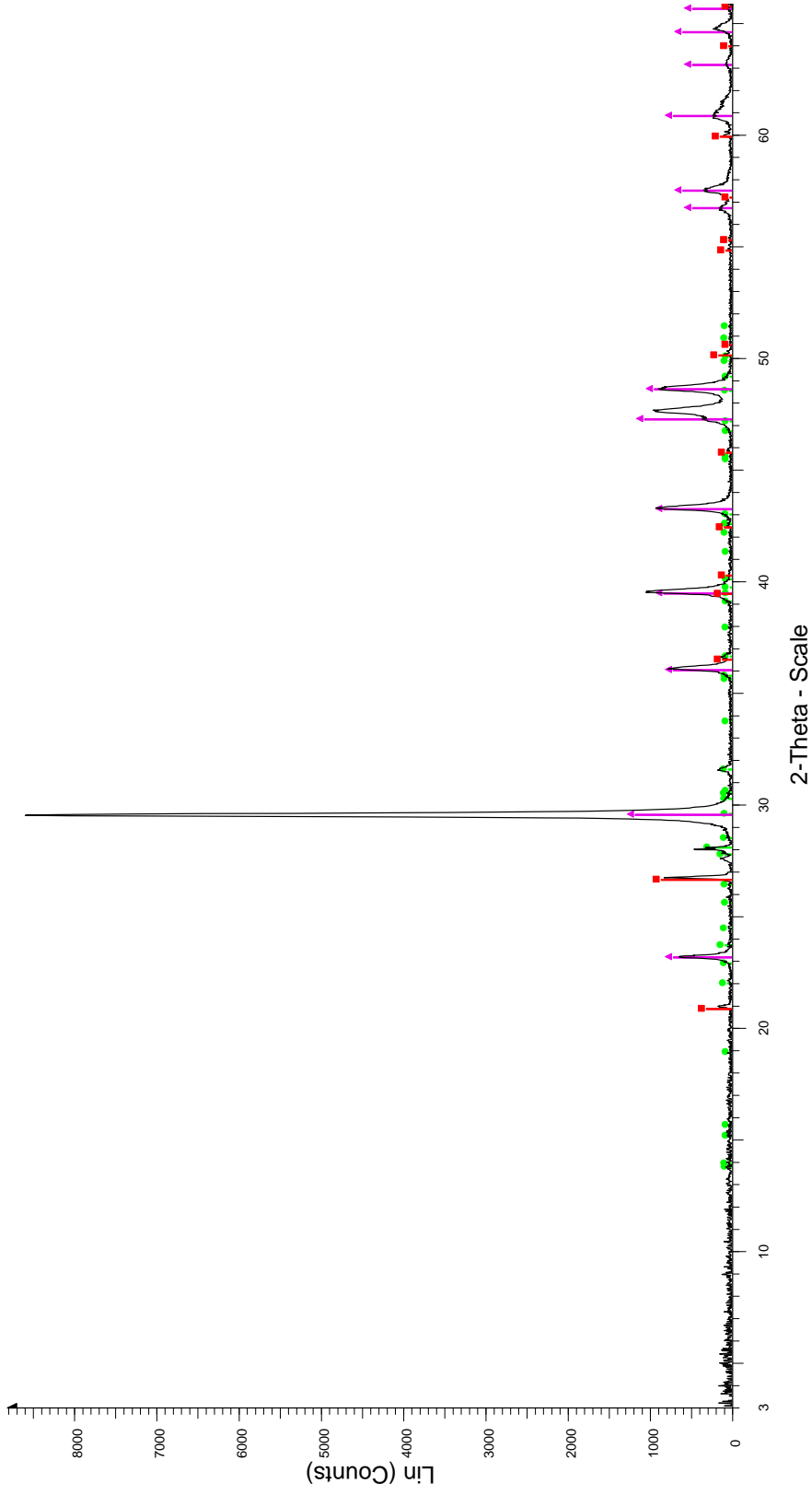


2-Theta - Scale

File: SIR8.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Time Started: 15 s - 2:Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Operations: Background 1,000,1,000 | Import
00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 4.44 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Rhombo.Haxes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36
00-005-0490 (D) - Quartz, low - alpha-SiO₂ - Y: 31.91 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91300 - b 4.91300 - c 5.40500 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.985
00-003-0508 (D) - Albite - NaAlSi₃O₈ - Y: 3.75 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.10000 - b 12.90000 - c 7.20000 - alpha 94.000 - beta 116.500 - gamma 88.000 - Primitive - P-1 (2) - 4 - 671.638 - F19= 0(0.07
00-013-0003 (D) - Chlorite - Mg₂Al₃(Si₃Al)O₁₀(OH) - Y: 2.64 % - d x by: 1, - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.22000 - b 9.10000 - c 14.21000 - alpha 90.000 - beta 97.000 - gamma 90.000 - Base-centered - C2/m (12) - 2

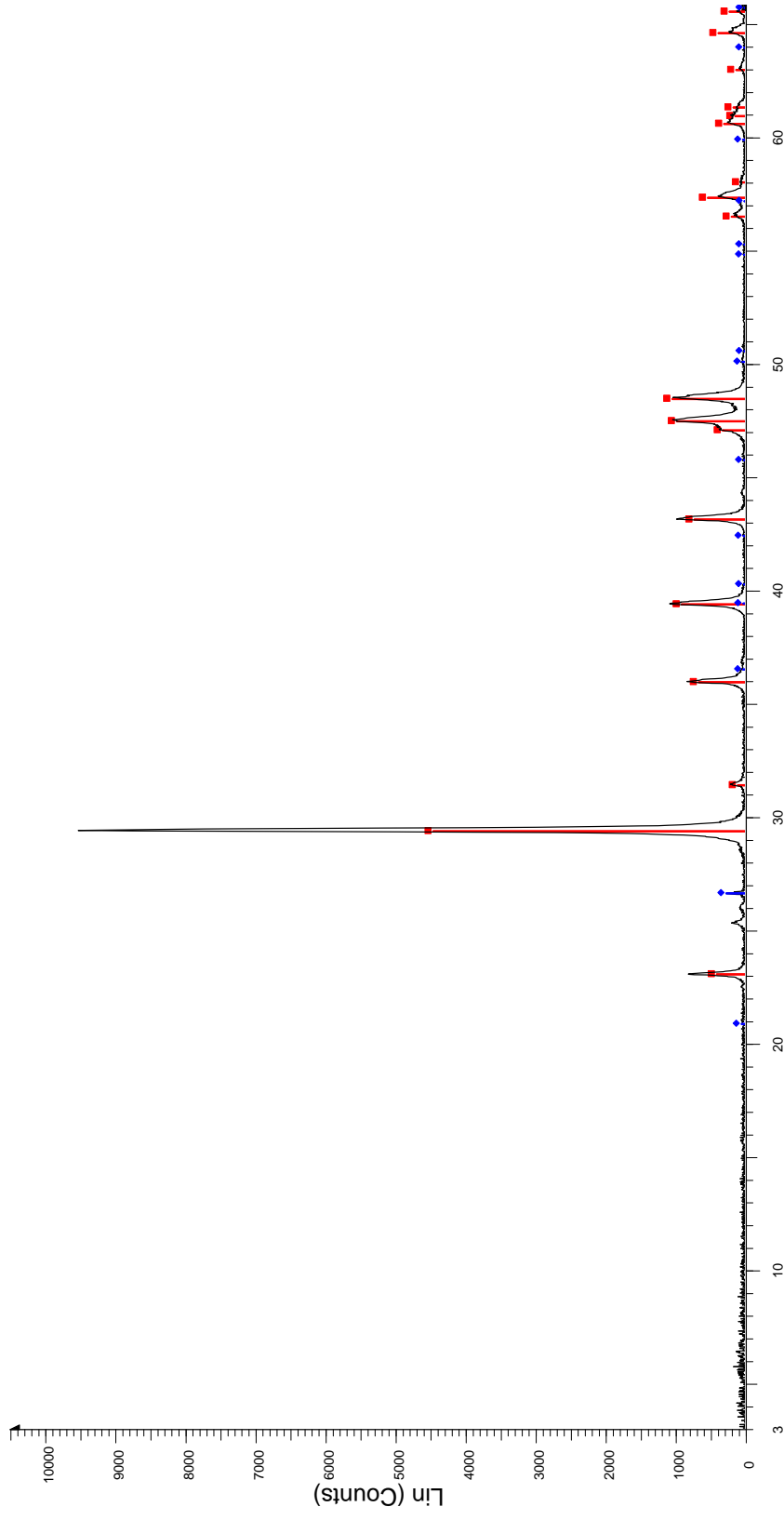
Diffrazione del campione SIR8.

SIR9



Diffratogramma del campione SIR9.

SIR10

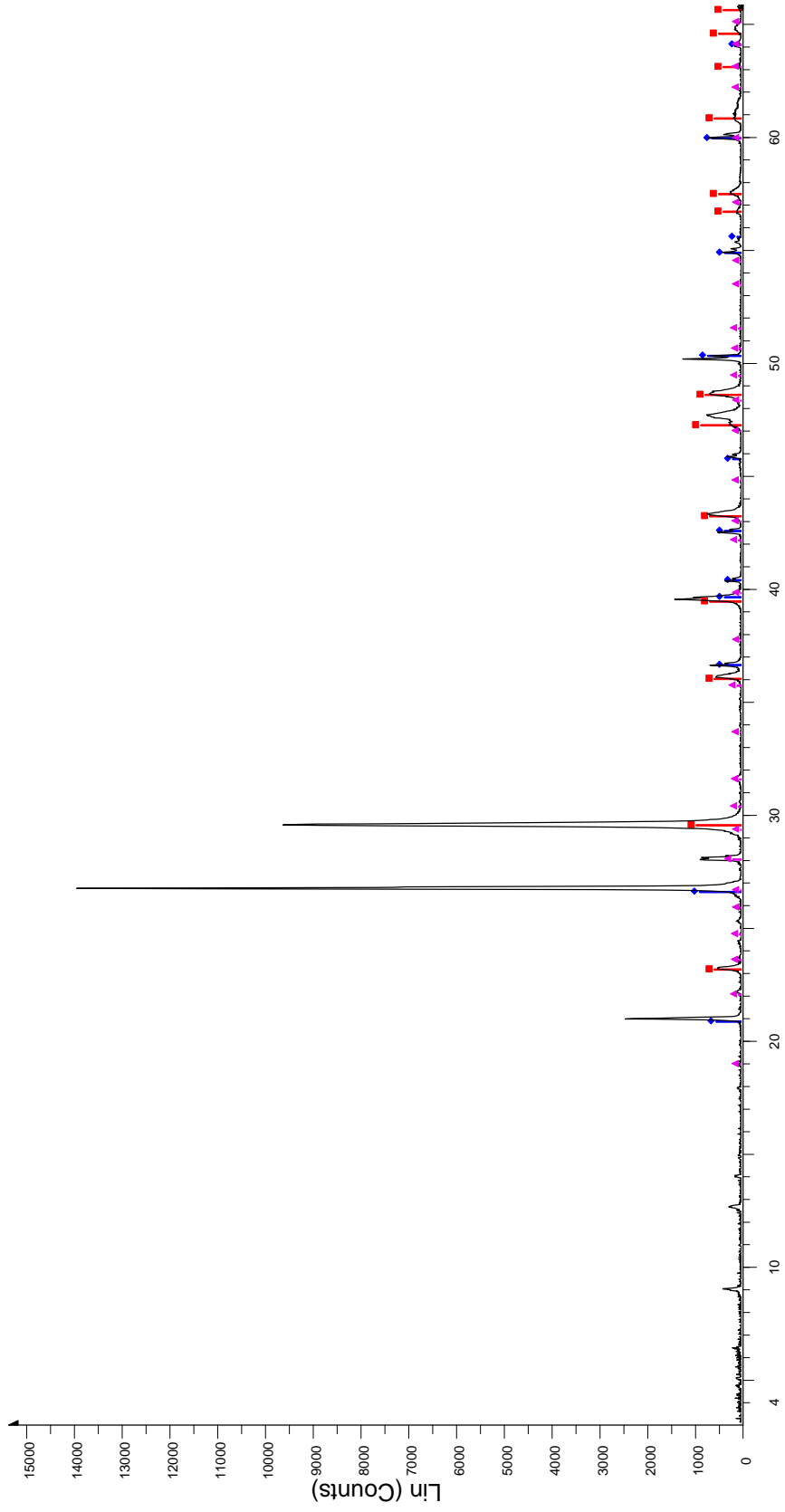


2-Theta - Scale

File: SIR10.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Time Started: 15 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 °
Operations: Background 1.000,1.000 | Import
00-047-1743 (C) - Calcite - CaCO₃ - Y: 46.74 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H axes - a 4.98960 - b 4.98960 - gamma 90.000 - beta 90.000 - alpha 90.000 - Primitive - R-3c (167) - 6 - 367.847 - F
100-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 2.75 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 - 113.010 - I/c PD

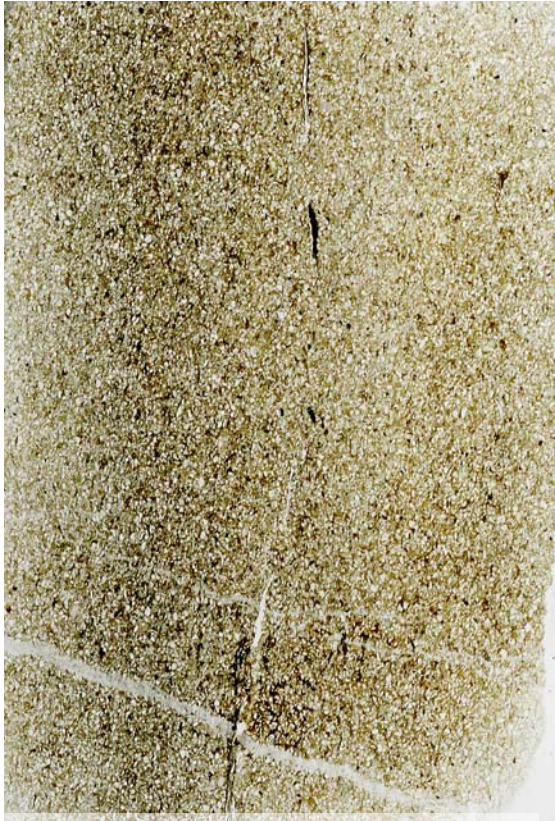
Diffratogramma del campione SIR10.

SIR11



□ SIR11 - File: SIR11.raw - Type: Locked Coupled - Start: 3.000 ° - End: 66.007 ° - Step: 0.018 ° - Time Started: 14 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: 0.00 °
Operations: Background 1,000,1,000 | Import
■ 00-002-0629 (D) - Calcite - CaCO₃/CaO-CO₂ - Y: 6.75 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 4.98300 - b 4.98300 - c 17.02000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (167) - 2 - 36
◆ 00-003-0427 (D) - Quartz - alpha-SiO₂ - Y: 6.27 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.90300 - b 4.90300 - c 5.39300 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3121 (152) - 3 - 112.275 - F29
▲ 00-002-0537 (D) - Anorthite - Al₂Ca(SiO₄)₂/Al₂O₃-CaO·2SiO₂ - Y: 1.25 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.21000 - b 12.95000 - c 14.16000 - alpha 98.220 - beta 115.930 - gamma 91.200 - Primitive - P-1 (2) -

Diffattogramma del campione SIR11.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fms, 3X.



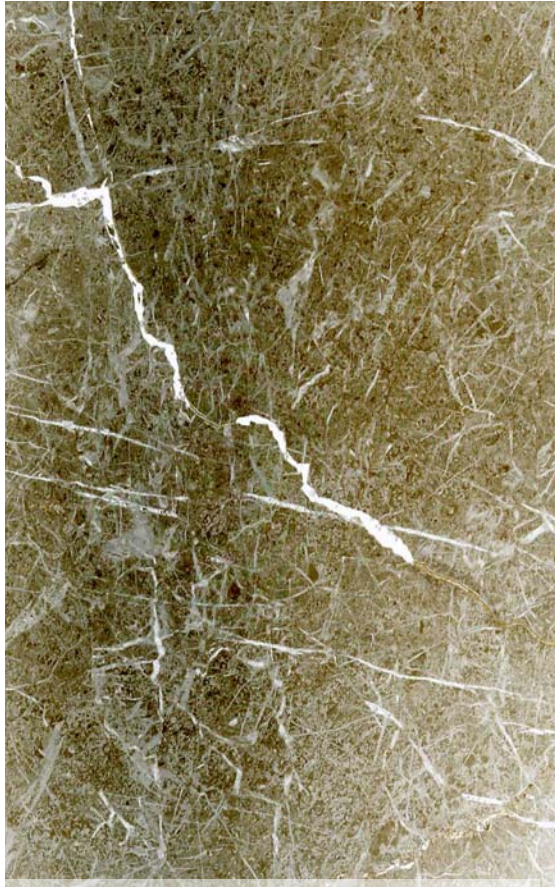
Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm1, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm2, 3X.



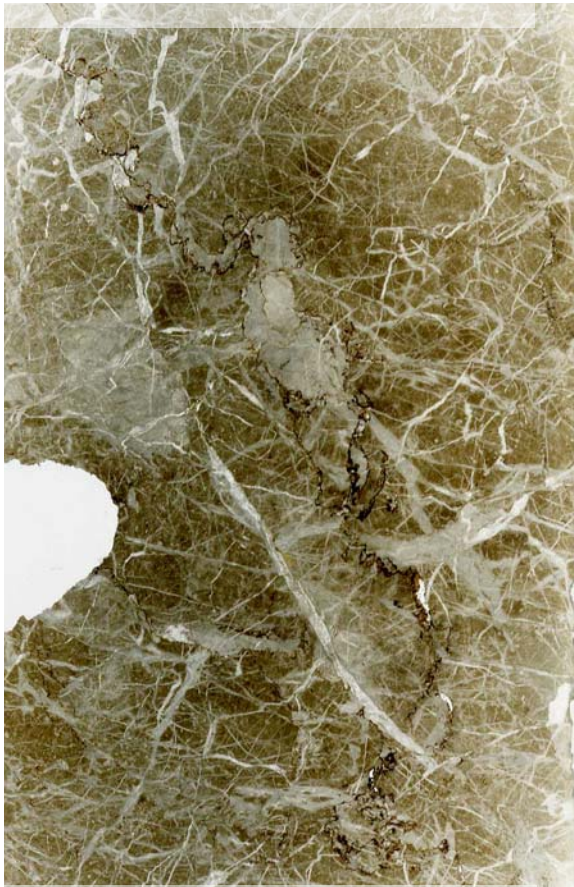
Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm3, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm4, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm5, 3X.



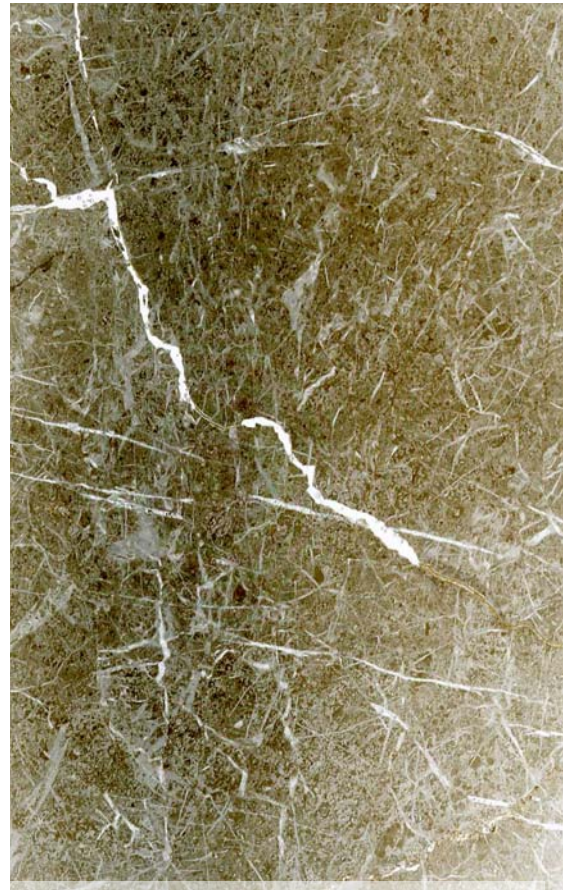
Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm6, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm7, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm8, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm10, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione fm11, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a1, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a2, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a3, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a4, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a5, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a6, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a7, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a8, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a9, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a10, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione a11, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione ca1, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c0, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c1, 3X.



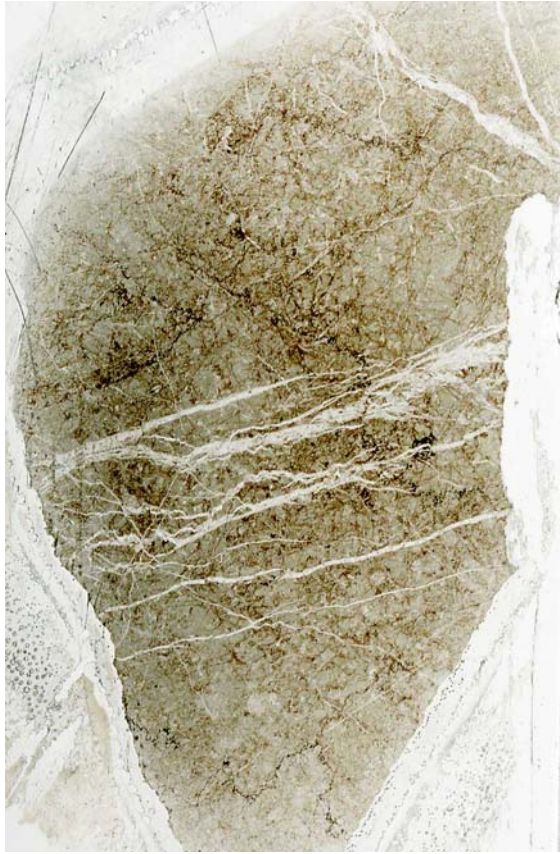
Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c2, 3X.



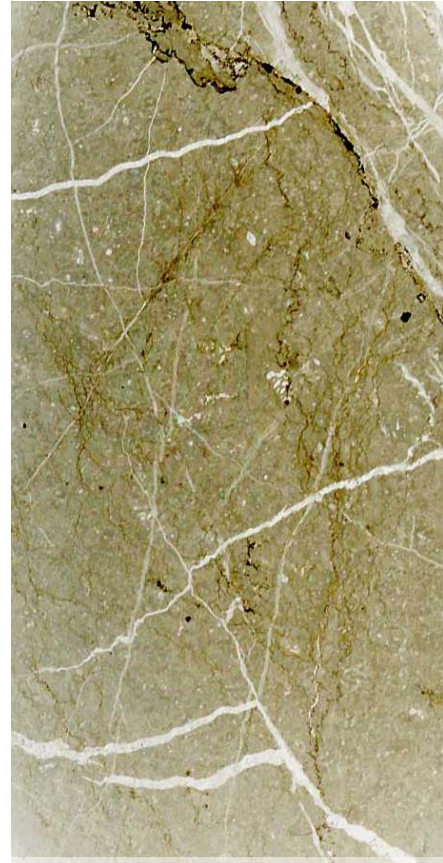
Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c3, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c4, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c5, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c6, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c7, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c8, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c9, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c10, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione c11, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s1, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s2, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s3, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s4, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s5, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s6, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s7, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s8, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s9, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione s10, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR1, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR2, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR3, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR4, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR5, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR6, 3X.



Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR8, 3X.



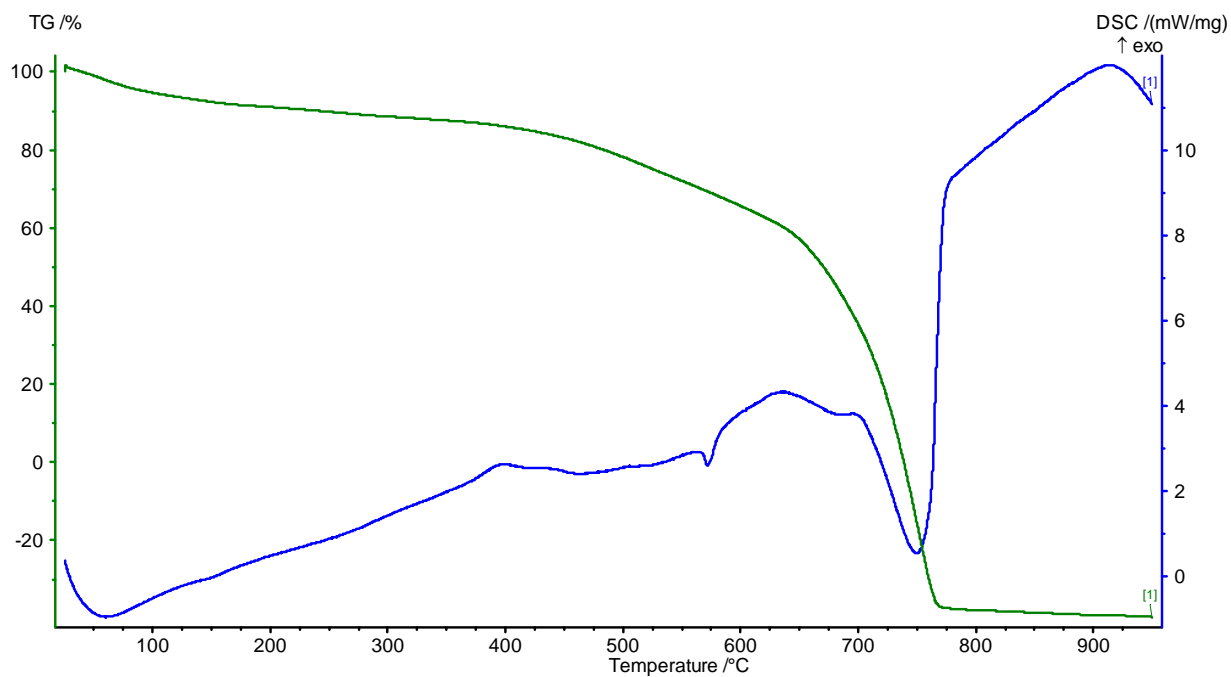
Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR9, 3X.



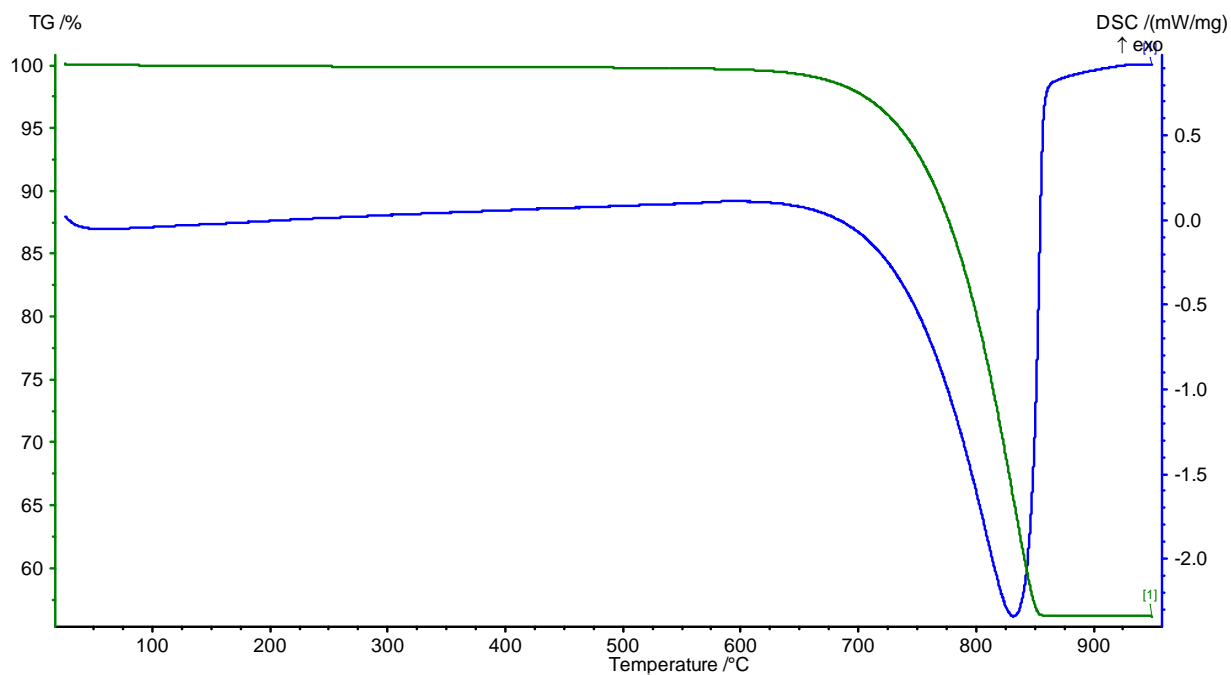
Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR10, 3X.



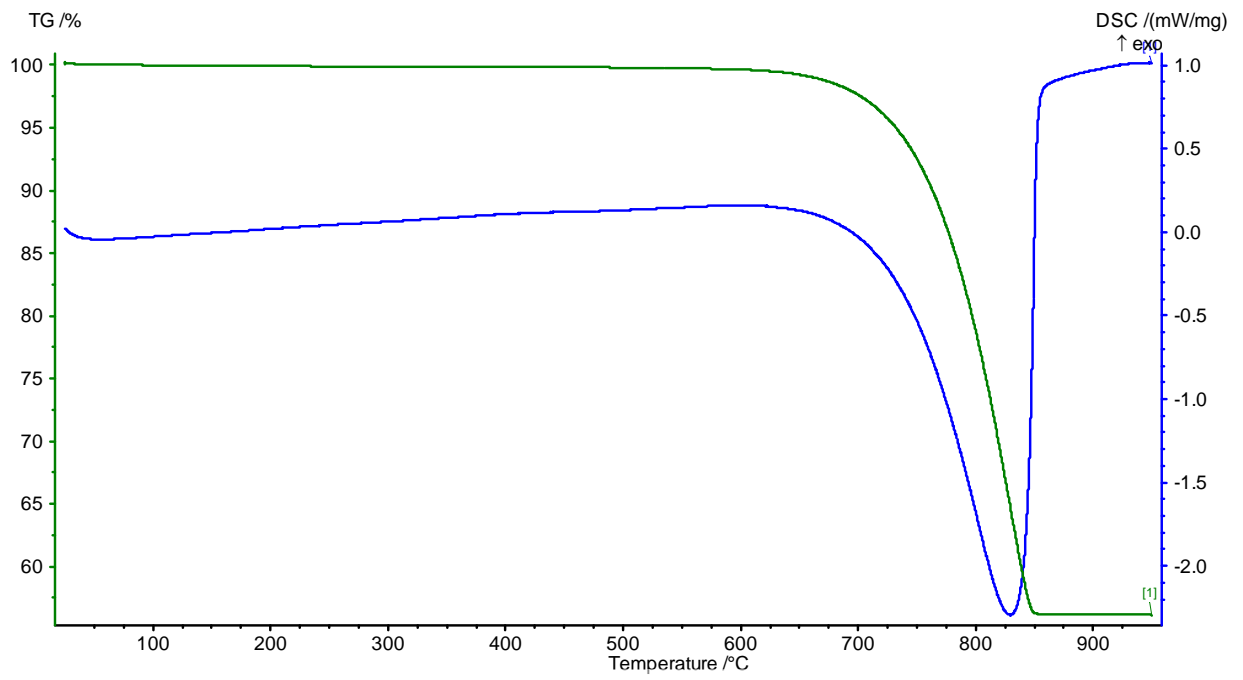
Microfotografia in sezione sottile a luce naturale del campione SIR11, 3X.



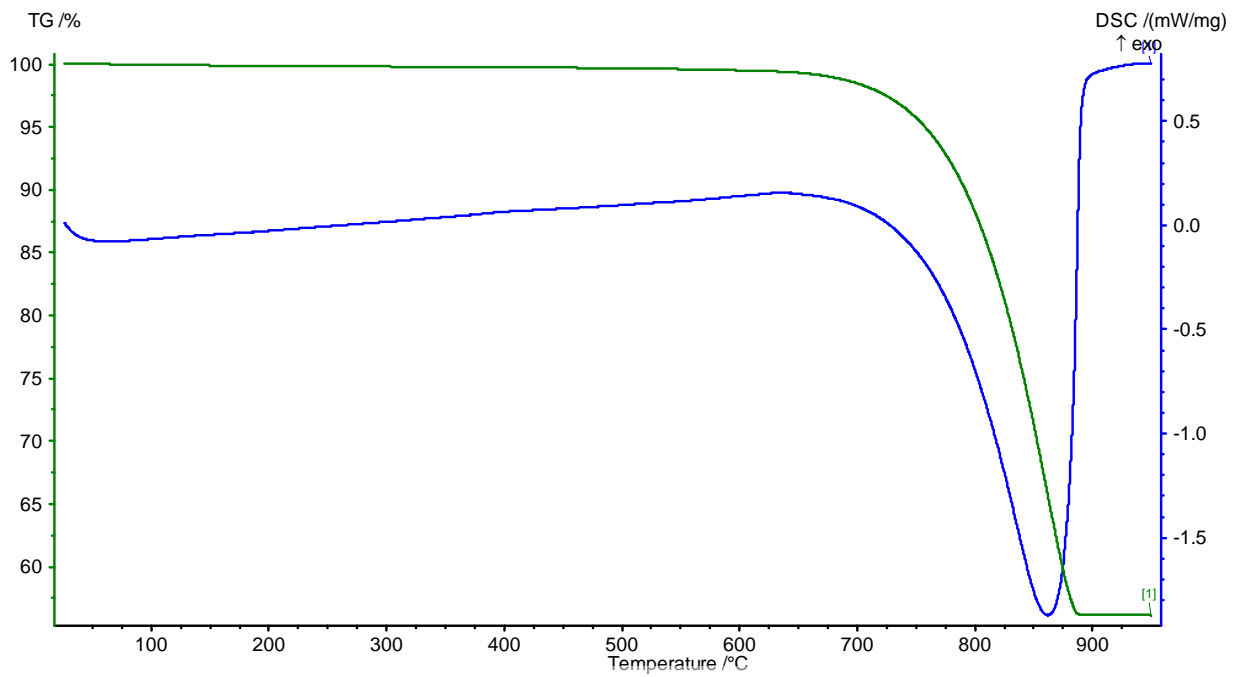
Termogramma del campione fms.



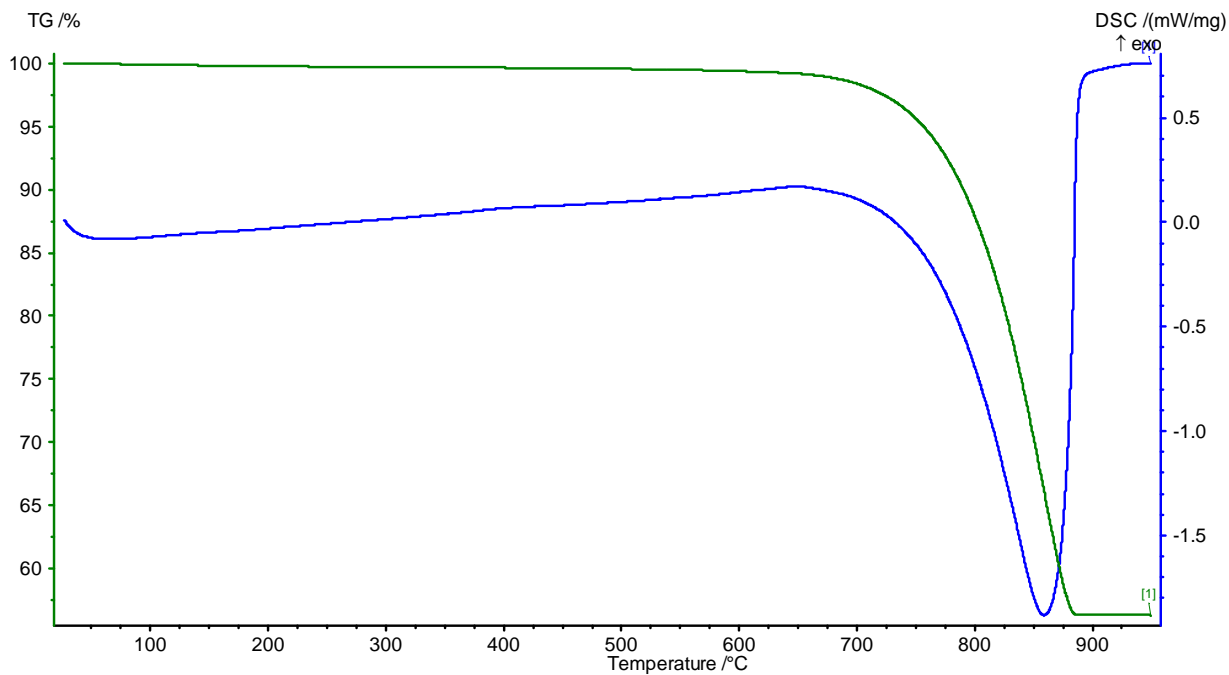
Termogramma del campione fm1.



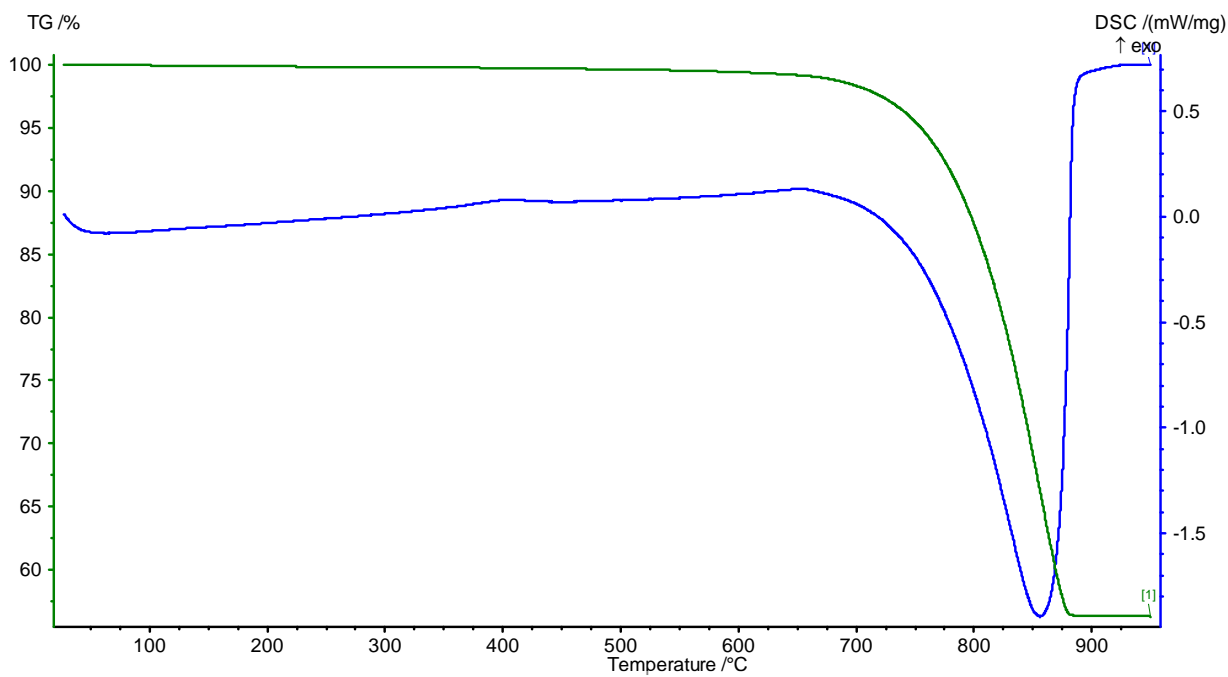
Termogramma del campione fm2.



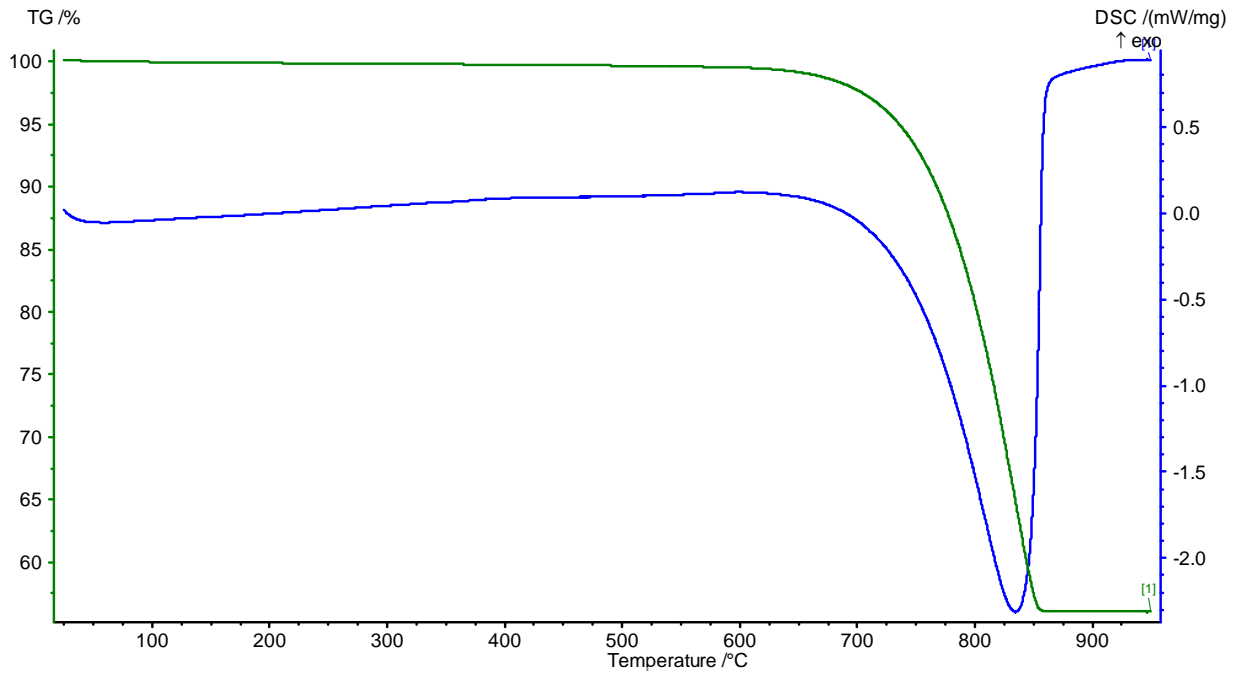
Termogramma del campione fm3.



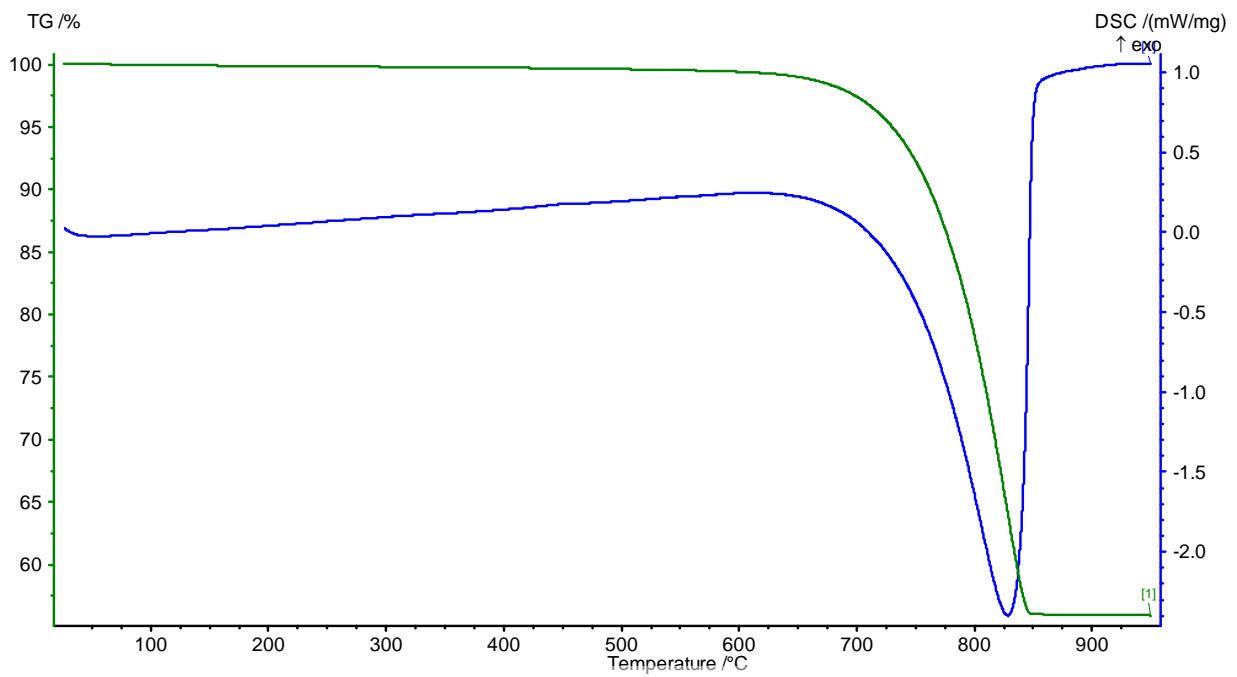
Termogramma del campione fm4.



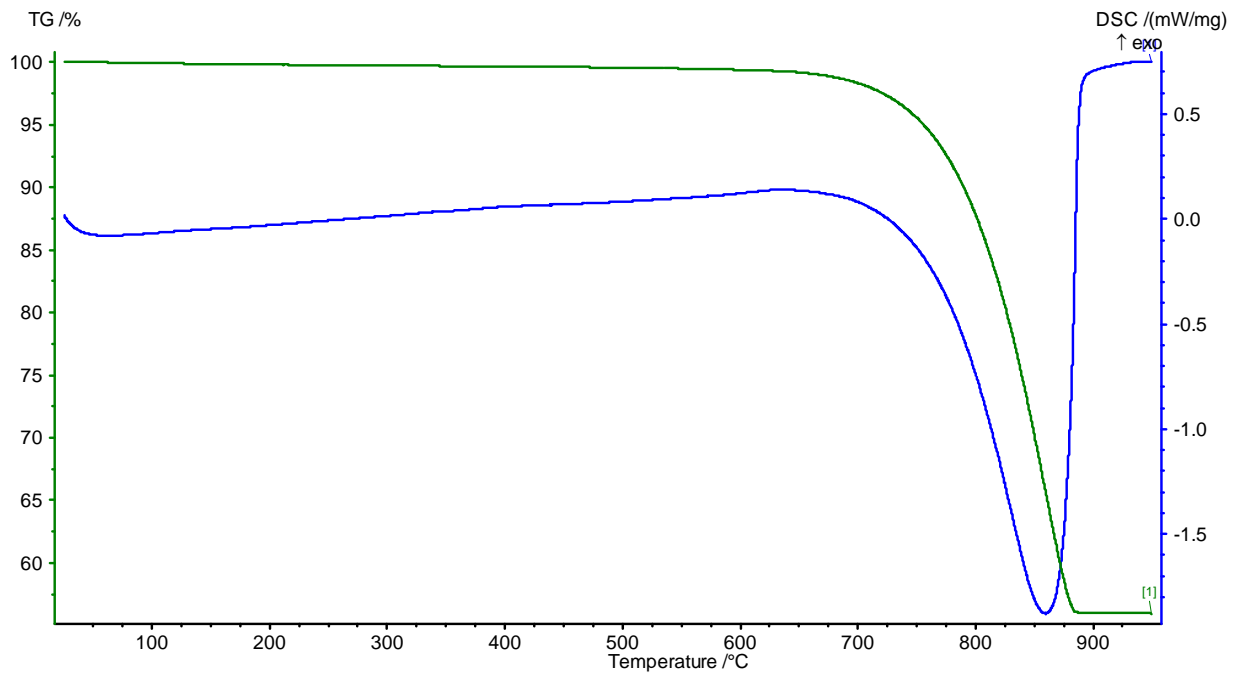
Termogramma del campione fm5.



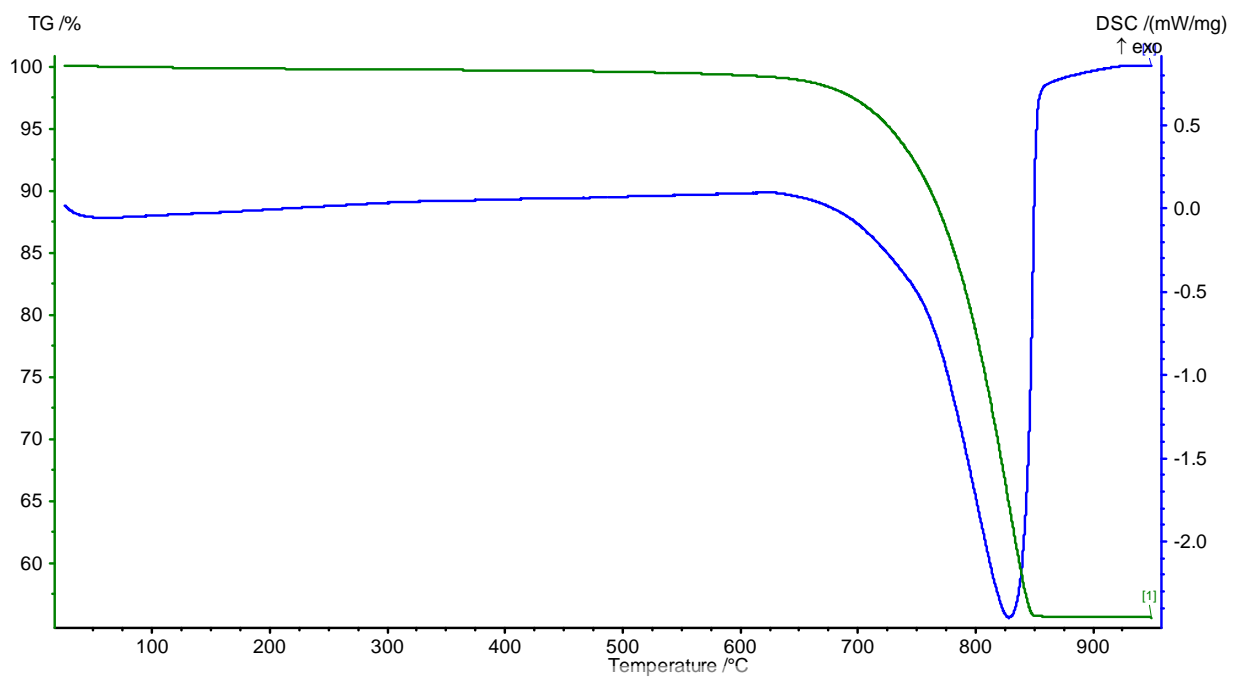
Termogramma del campione fm6.



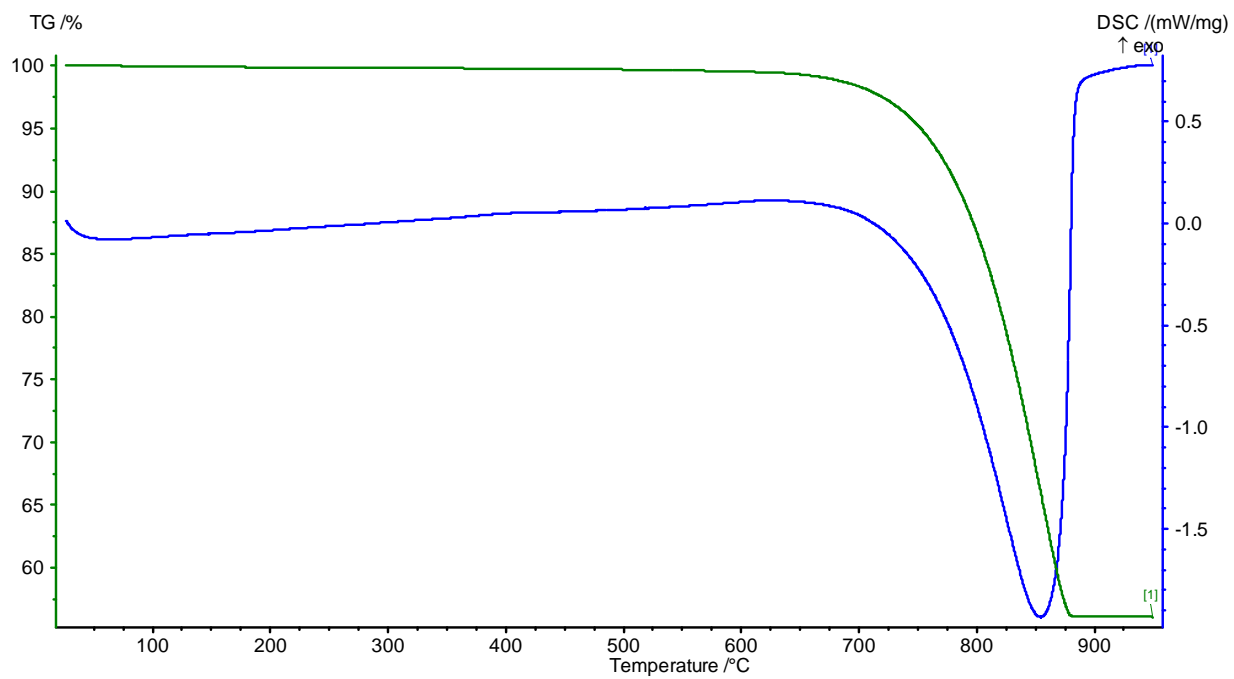
Termogramma del campione fm7.



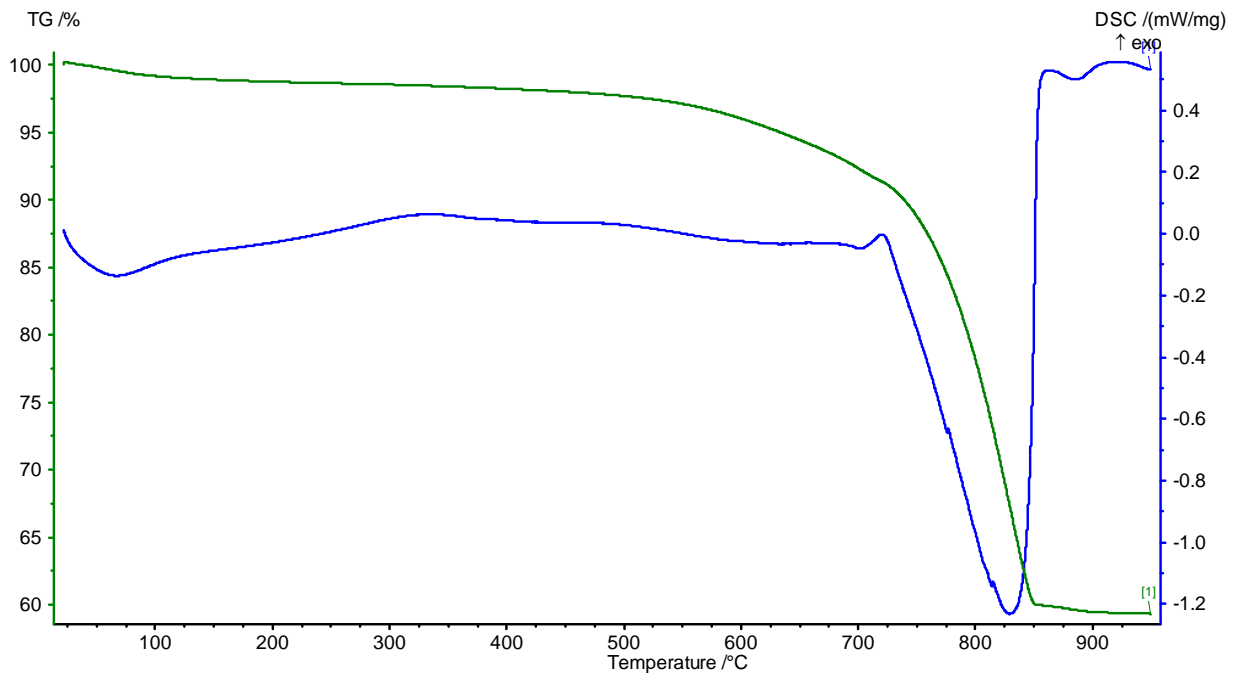
Termogramma del campione fm8.



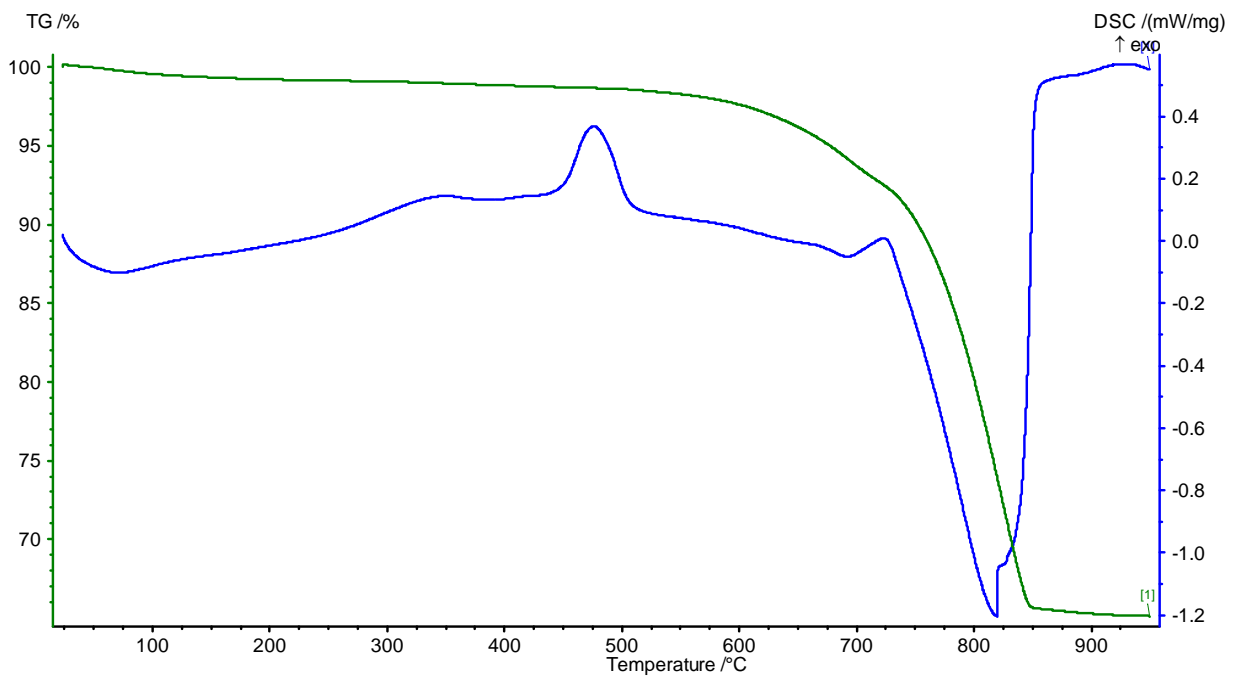
Termogramma del campione fm10.



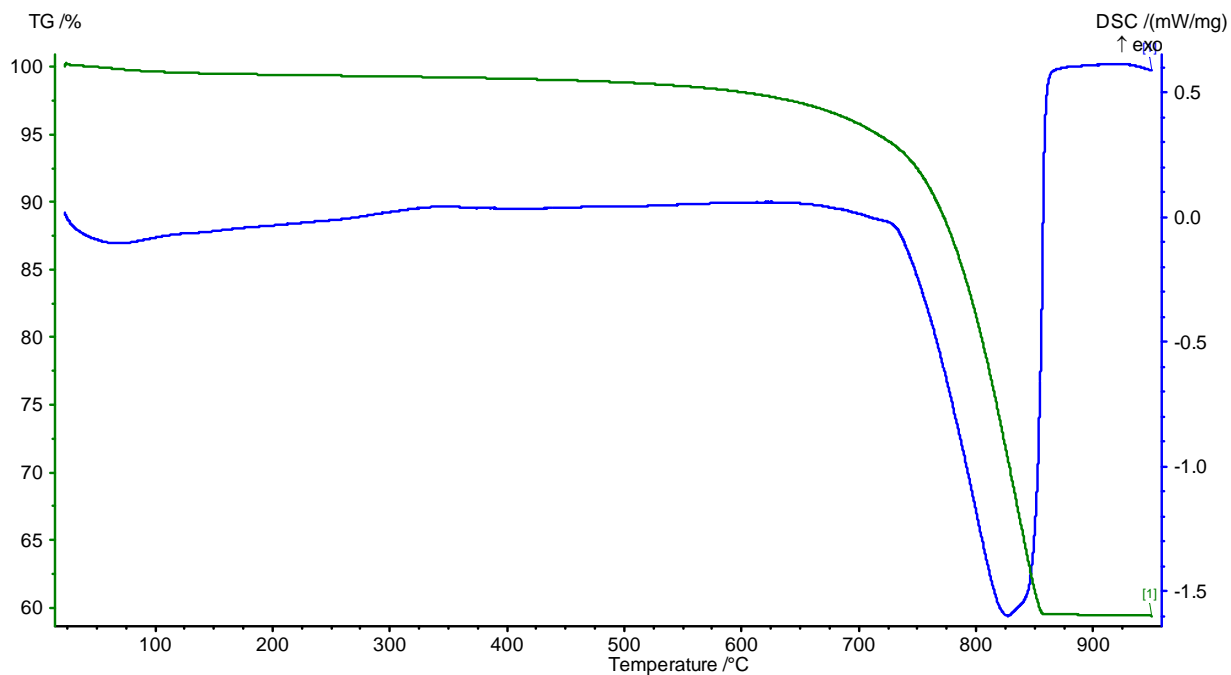
Termogramma del campione fm11.



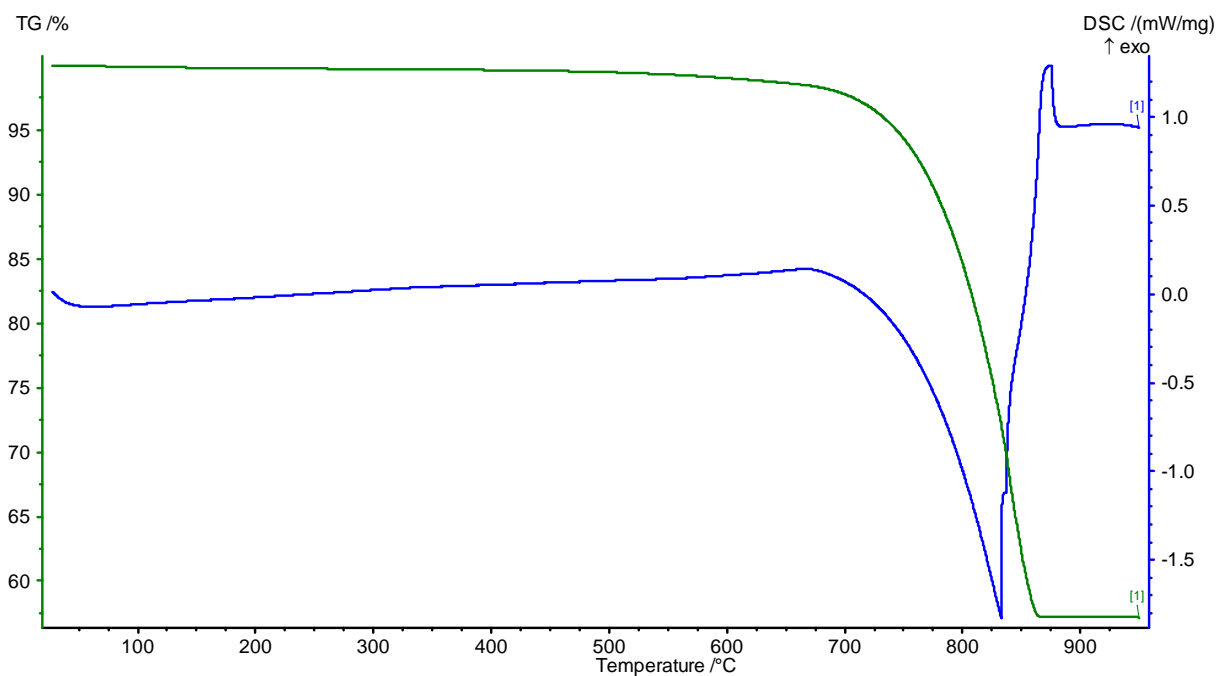
Termogramma del campione a0.



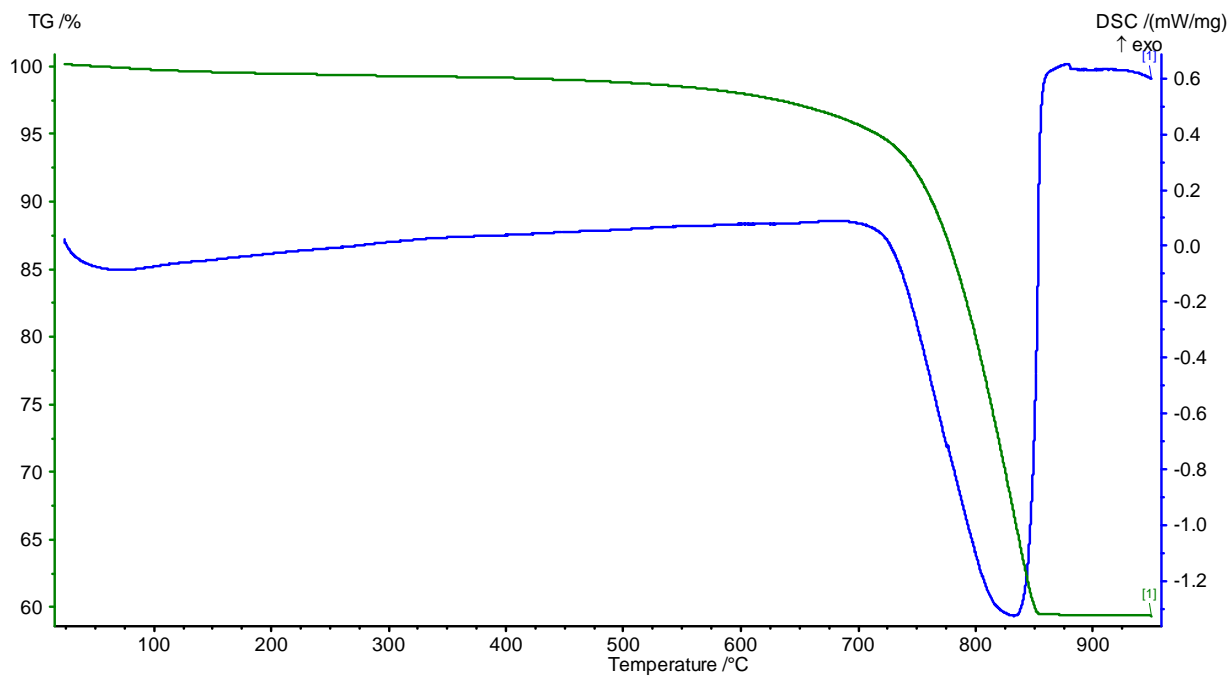
Termogramma del campione a1.



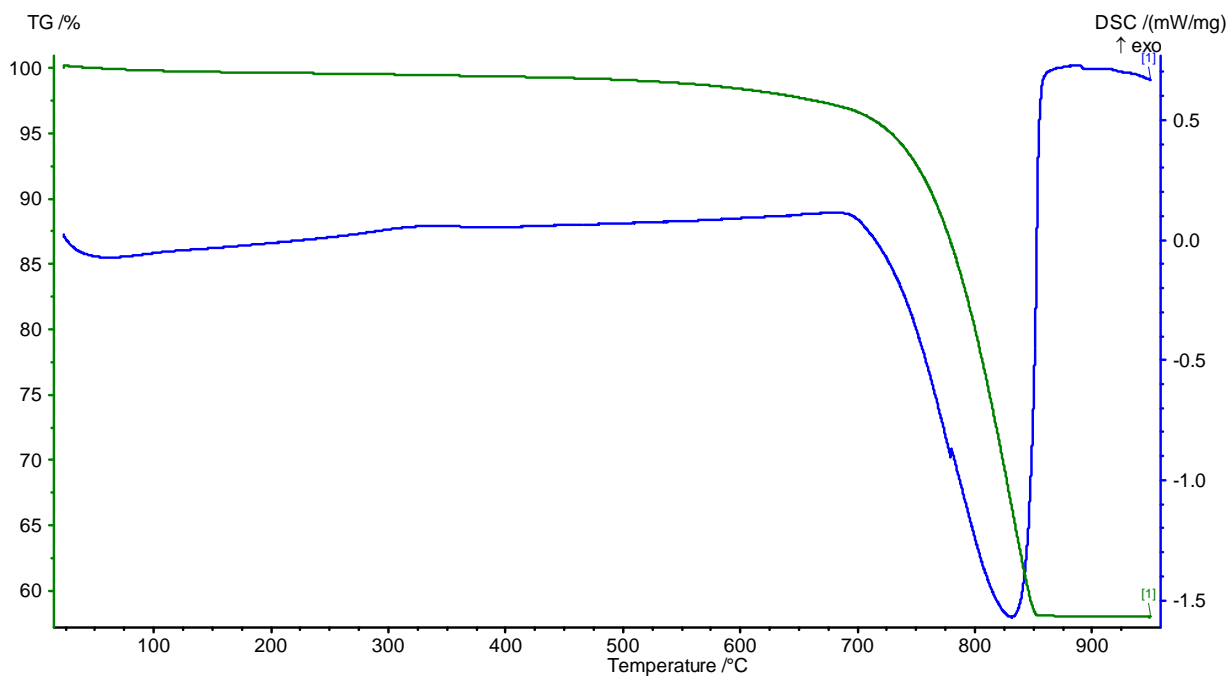
Termogramma del campione a2.



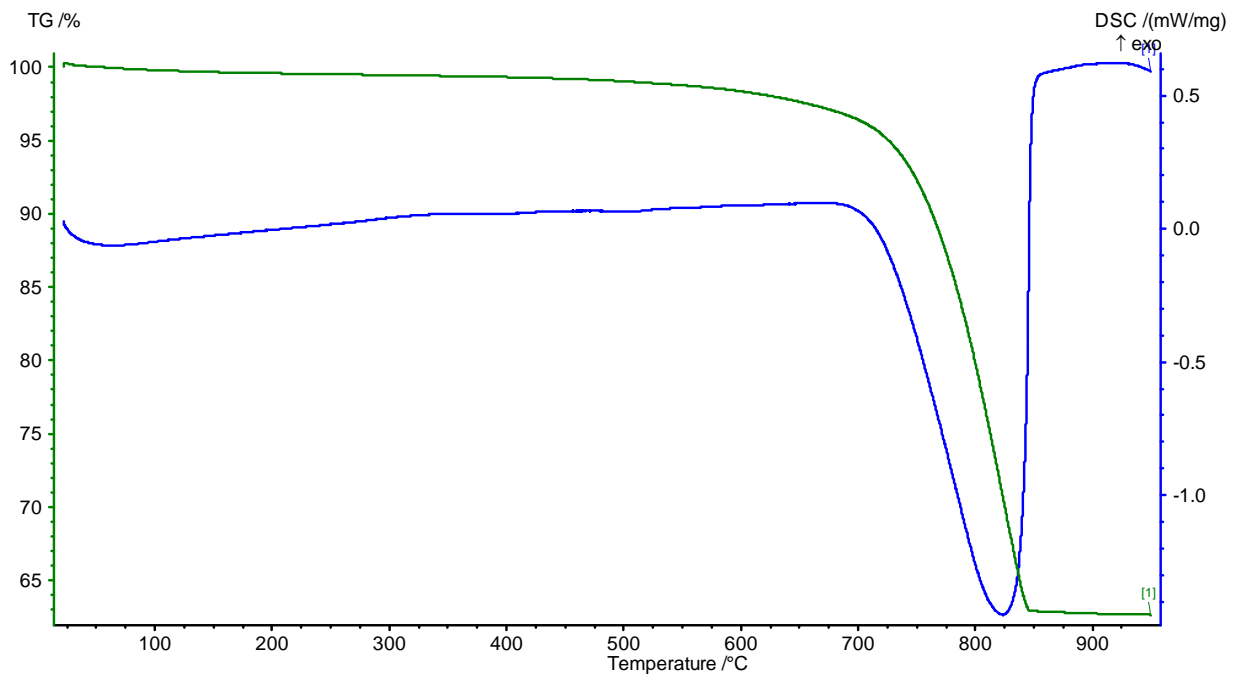
Termogramma del campione a3.



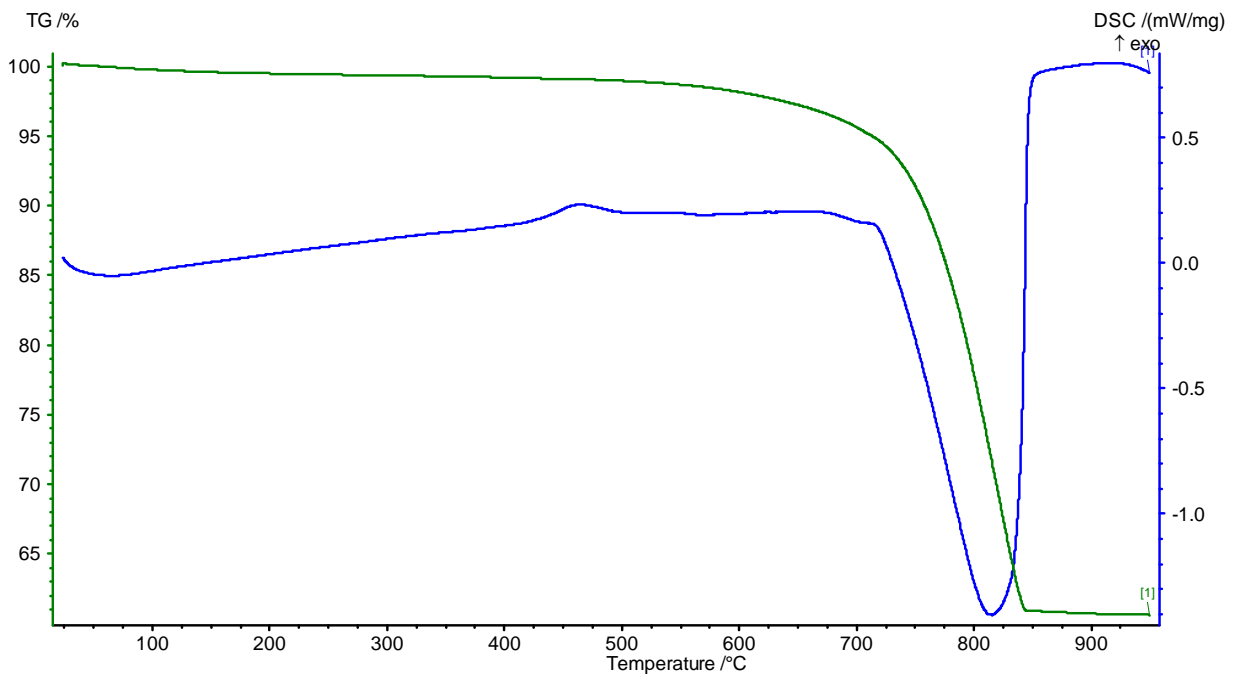
Termogramma del campione a4.



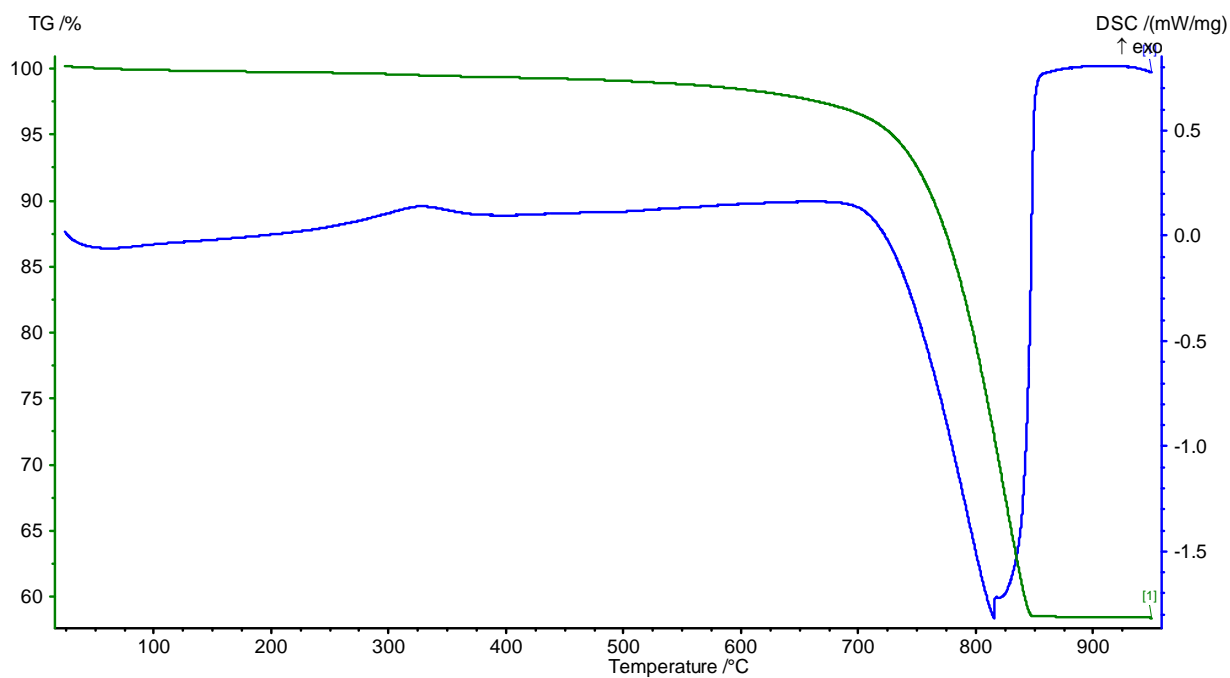
Termogramma del campione a5.



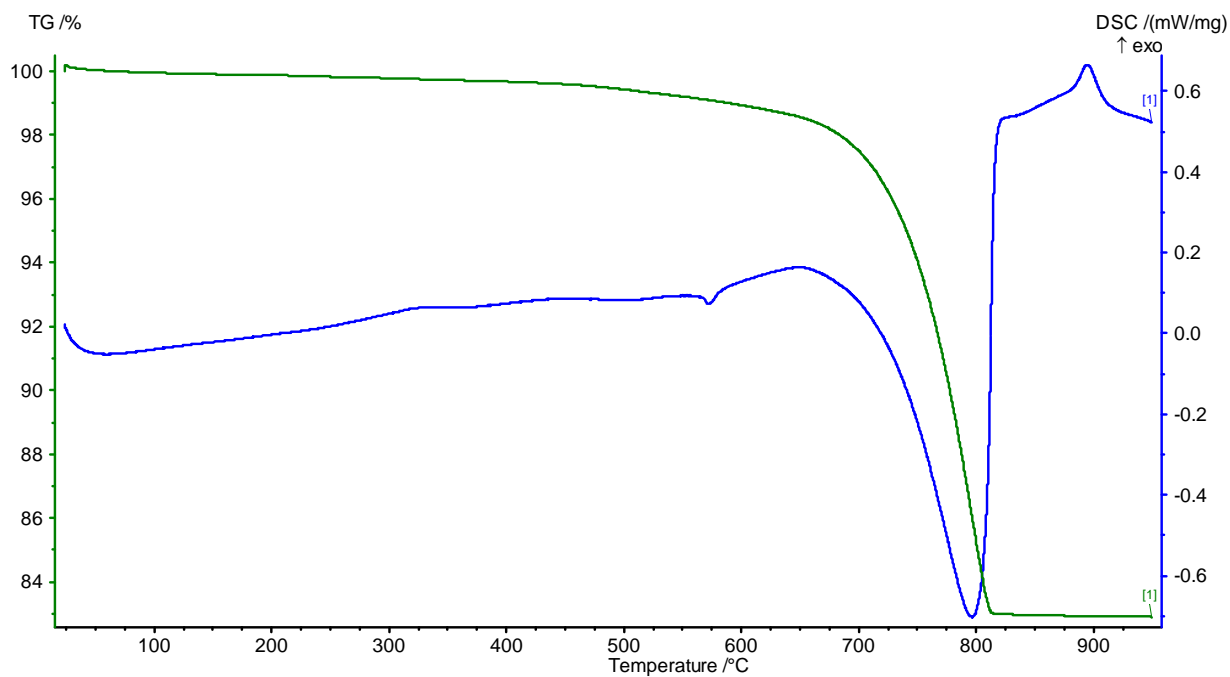
Termogramma del campione a6.



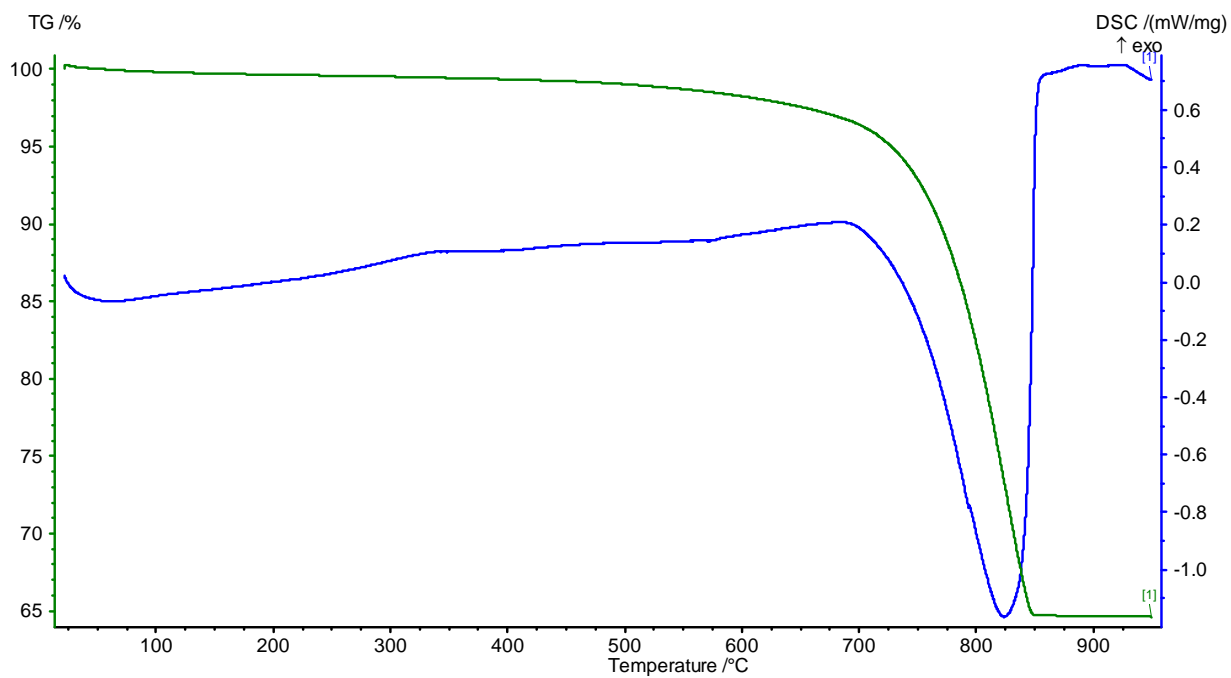
Termogramma del campione a7.



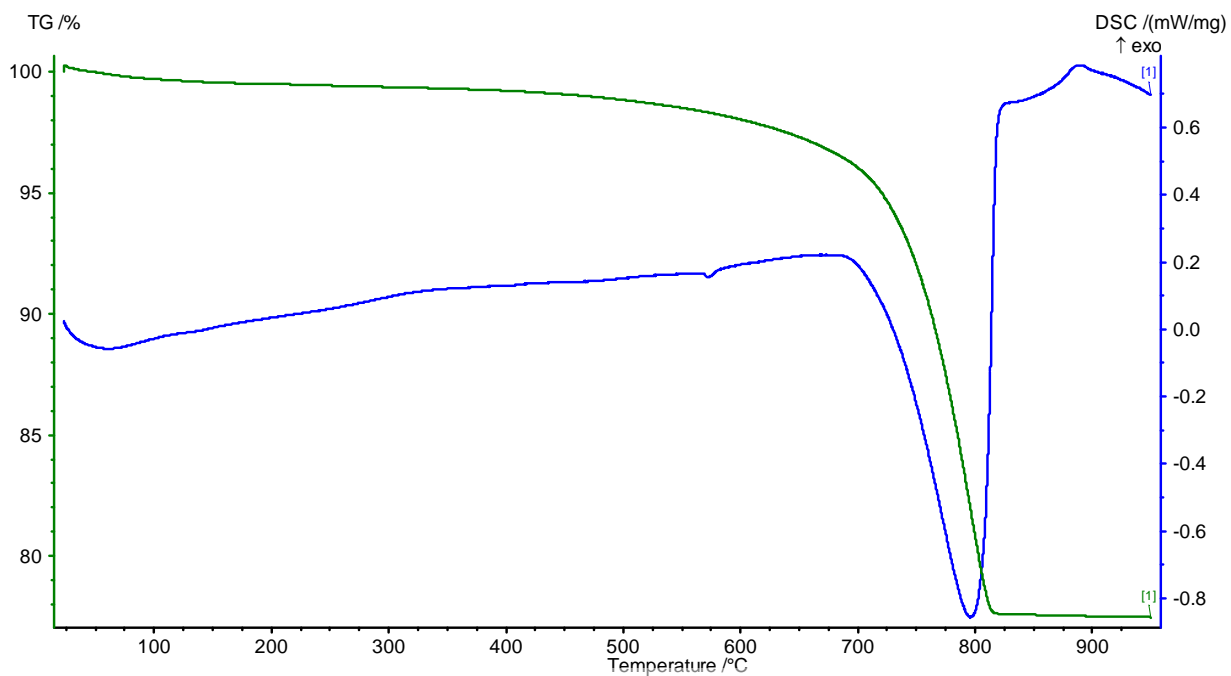
Termogramma del campione a8.



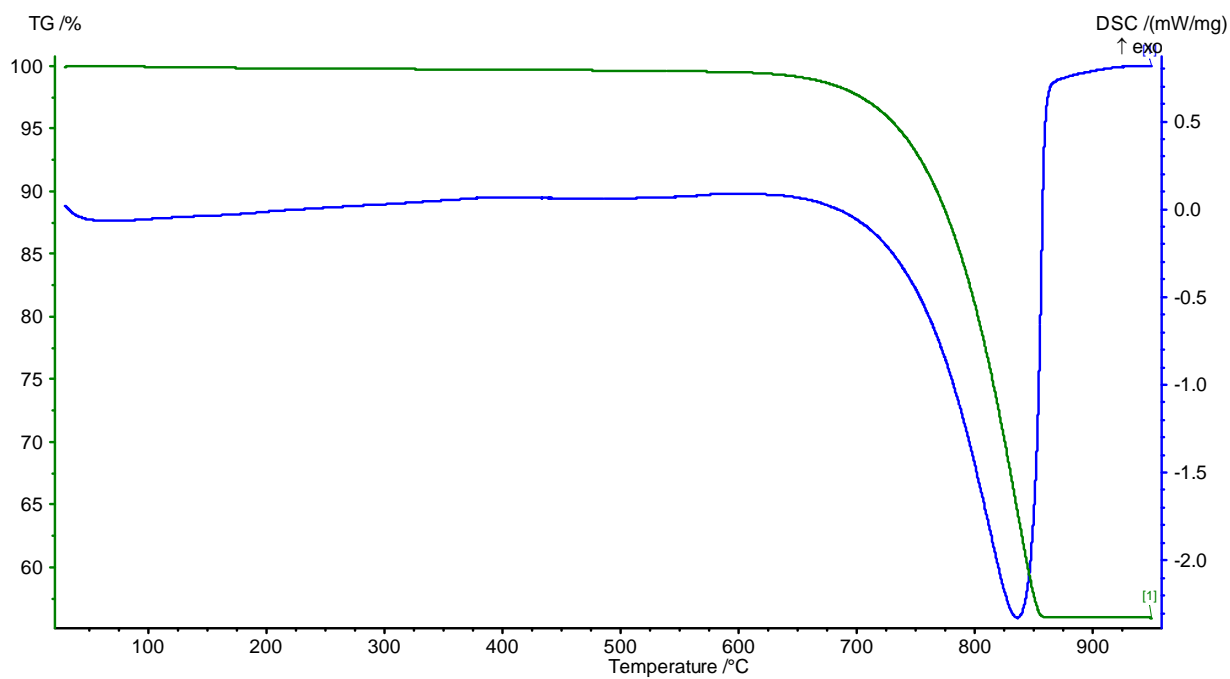
Termogramma del campione a9.



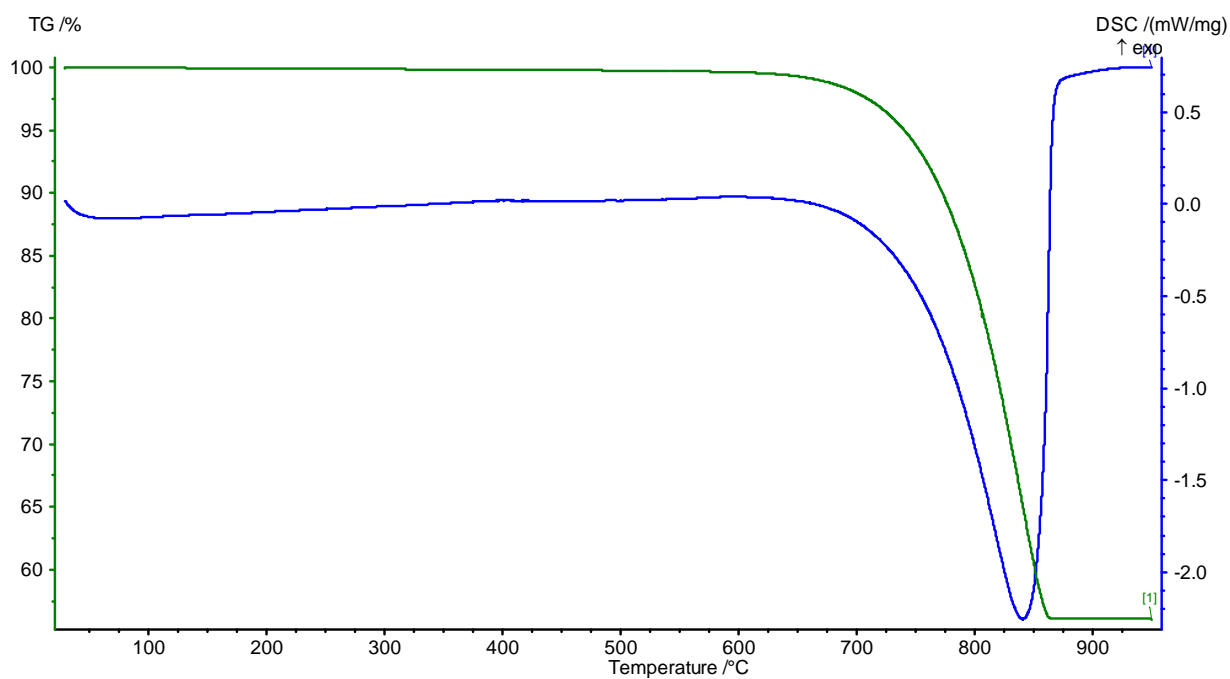
Termogramma del campione a10.



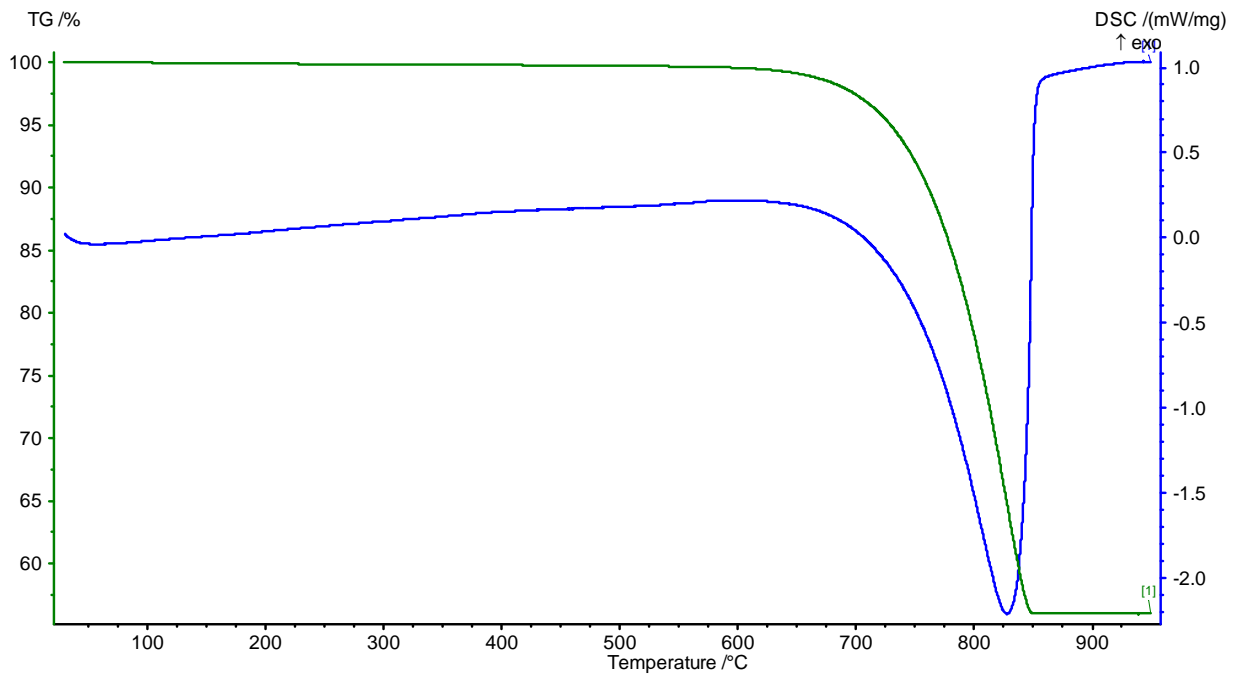
Termogramma del campione a11.



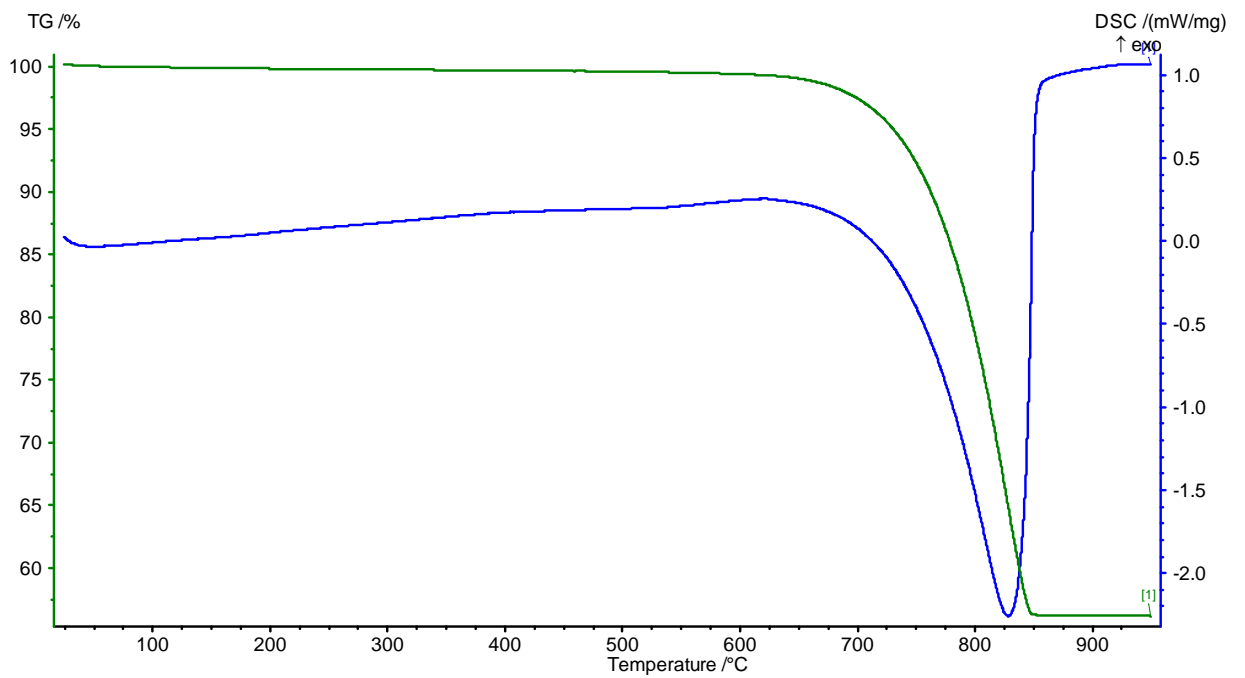
Termogramma del campione c0.



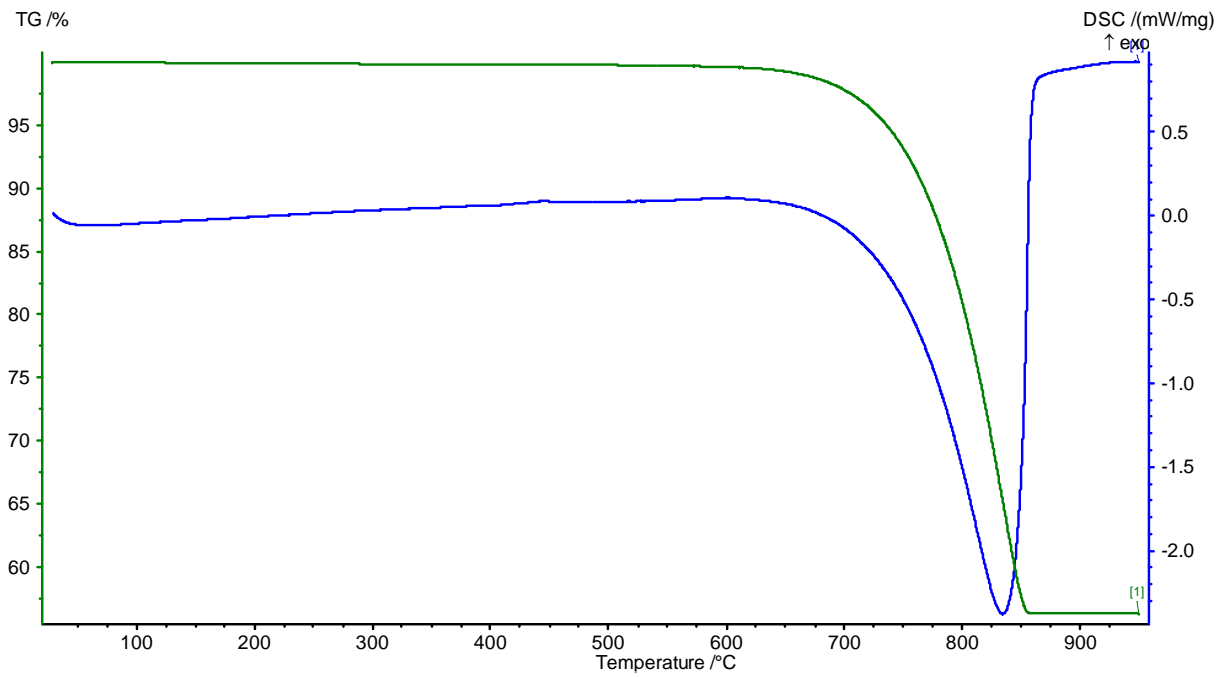
Termogramma del campione c1.



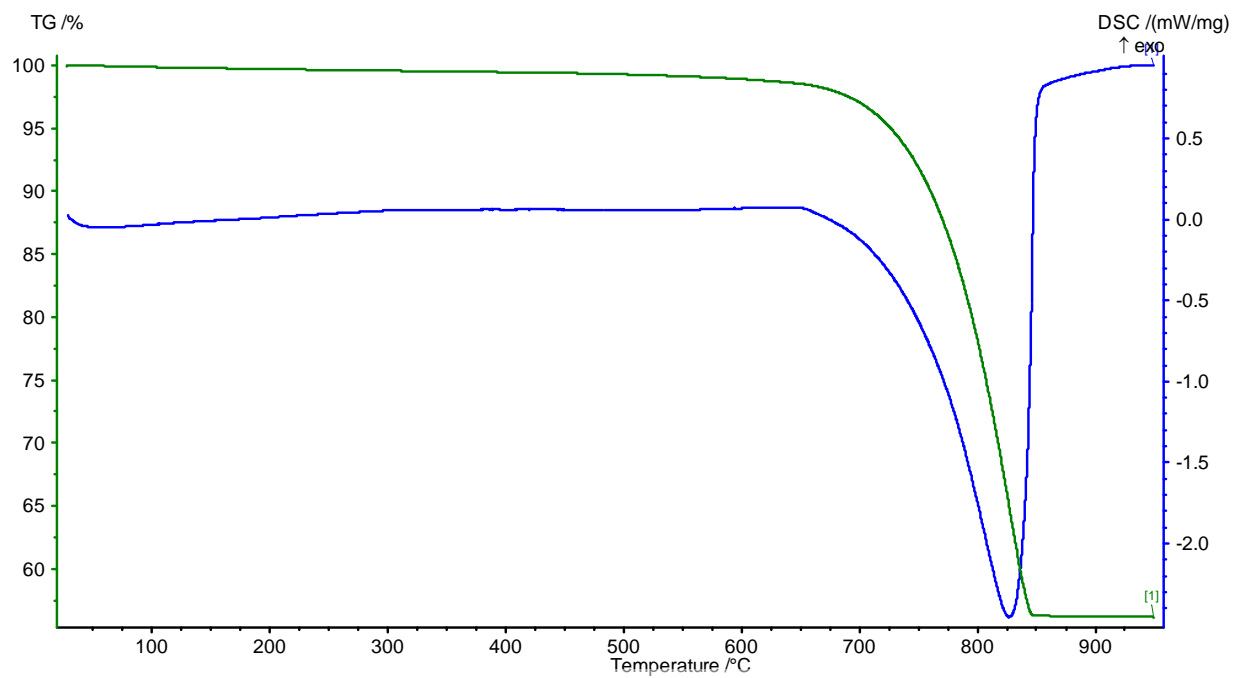
Termogramma del campione c2.



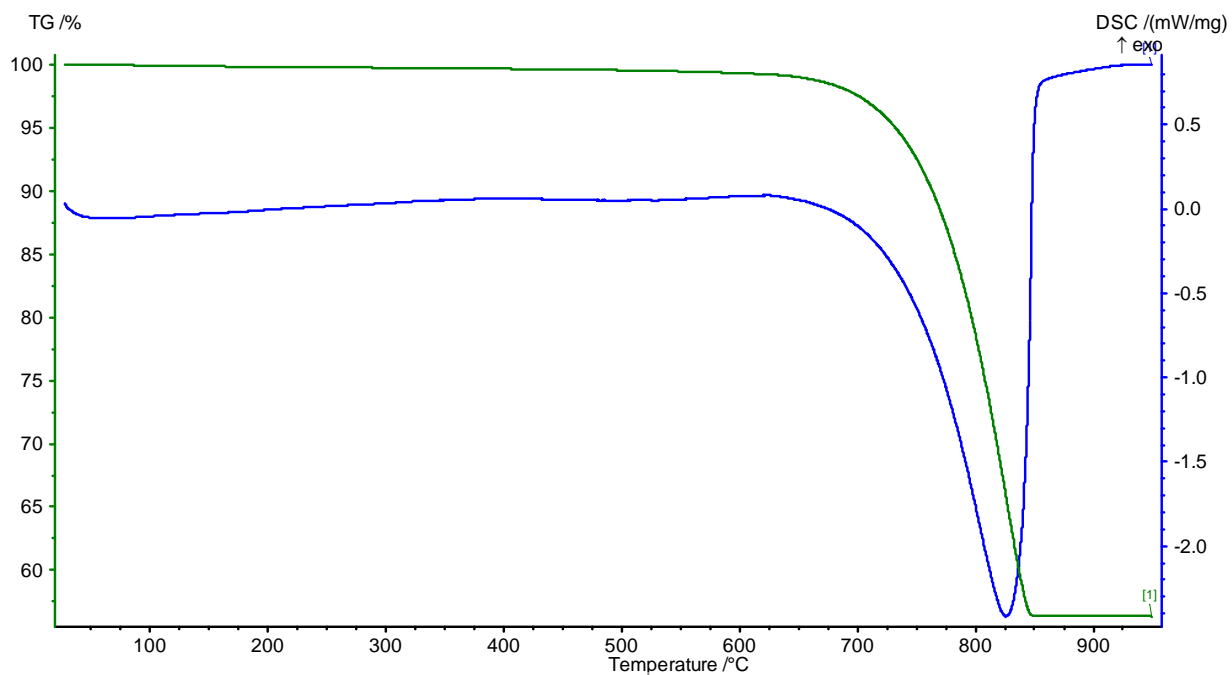
Termogramma del campione c3.



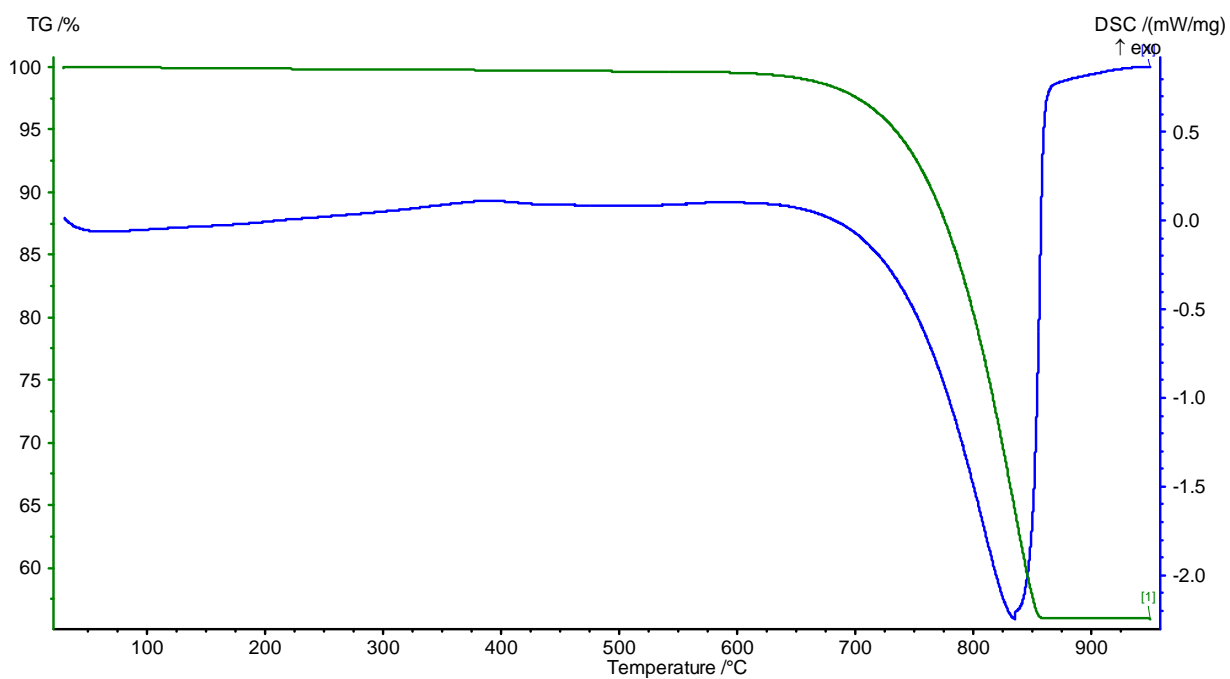
Termogramma del campione c4.



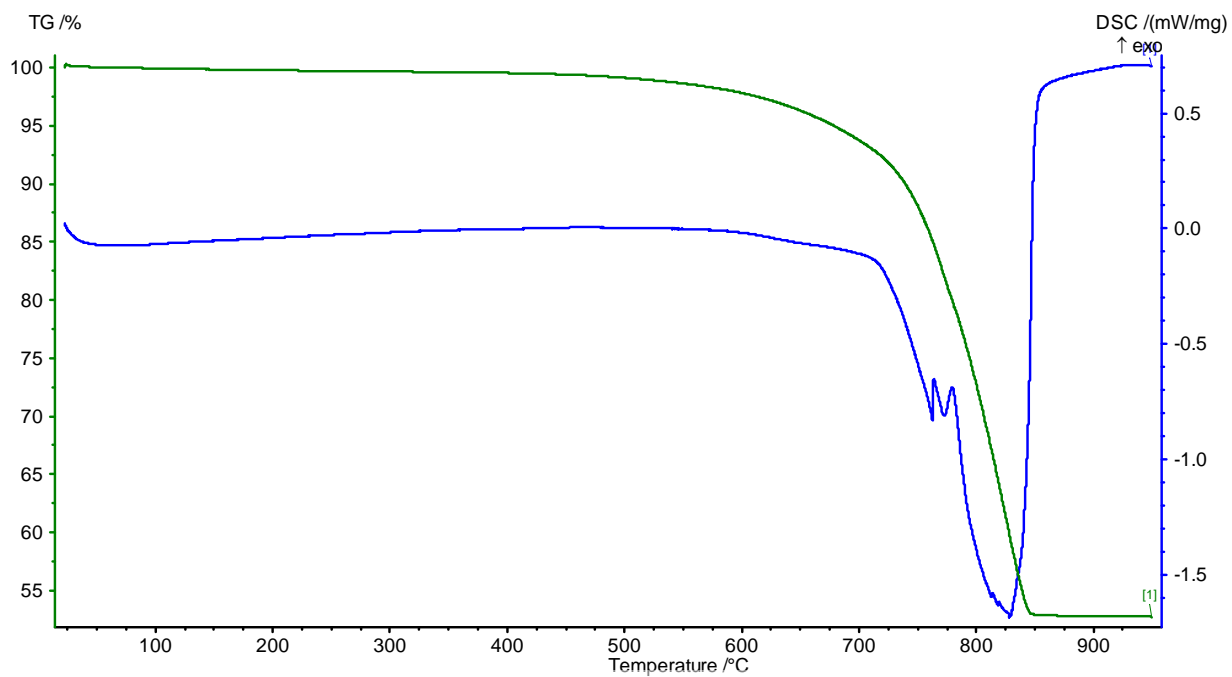
Termogramma del campione c5.



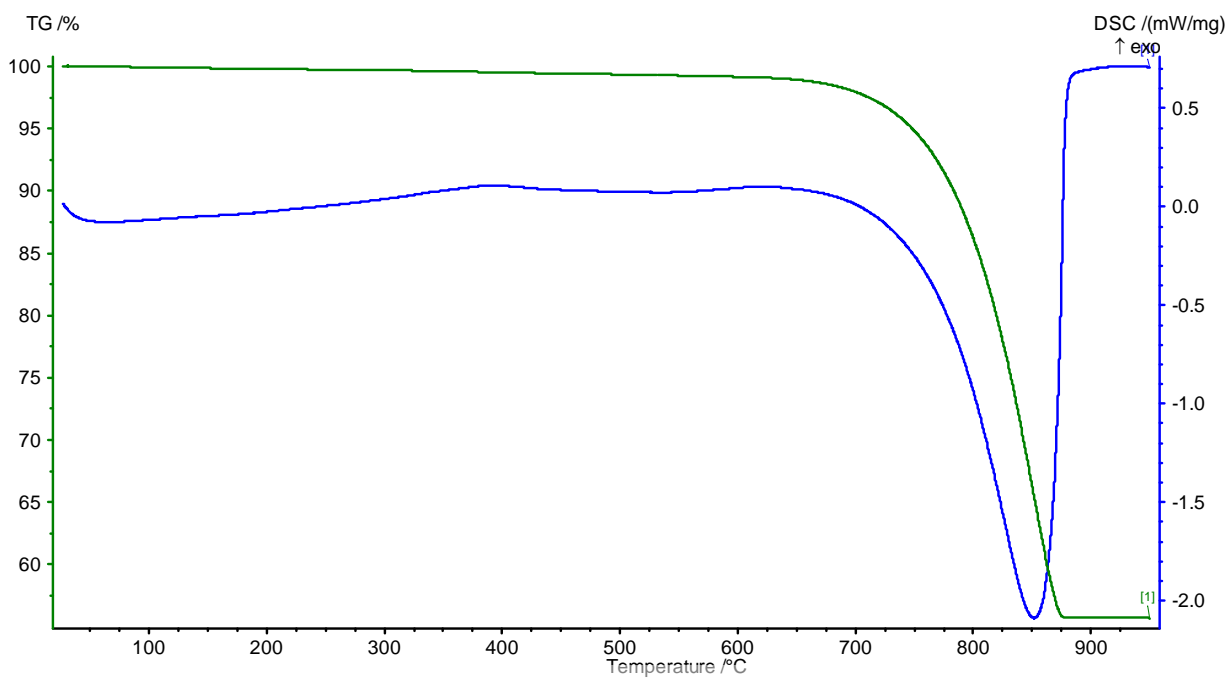
Termogramma del campione c6.



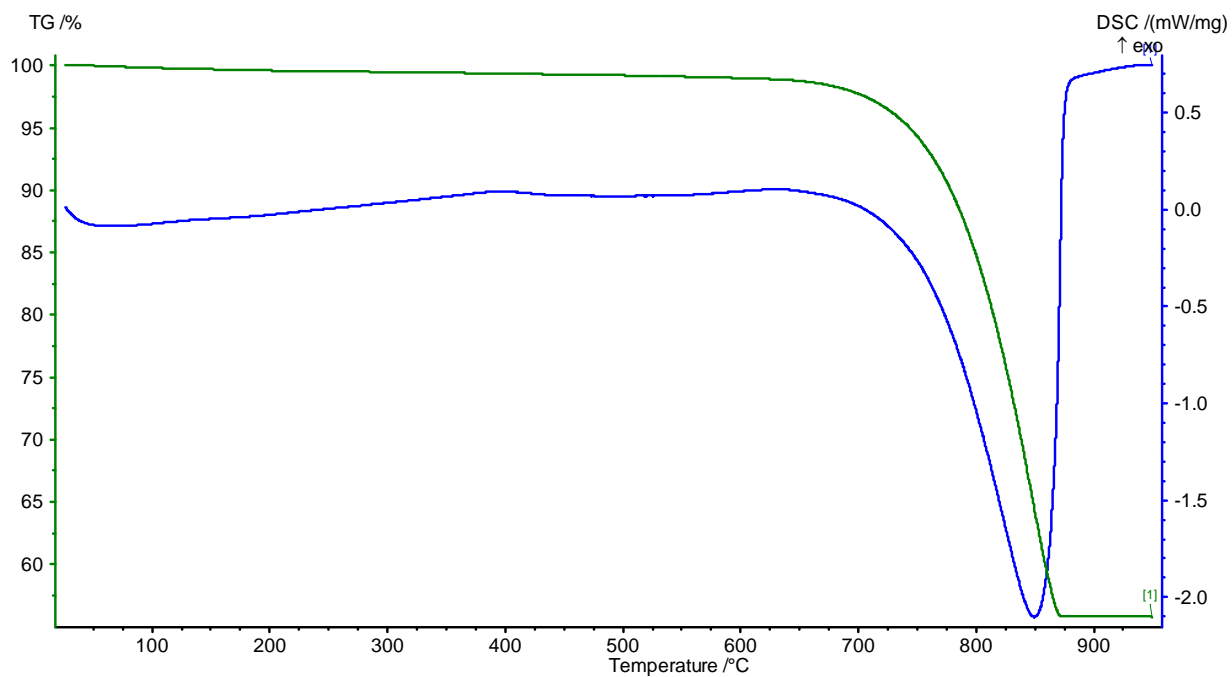
Termogramma del campione c7.



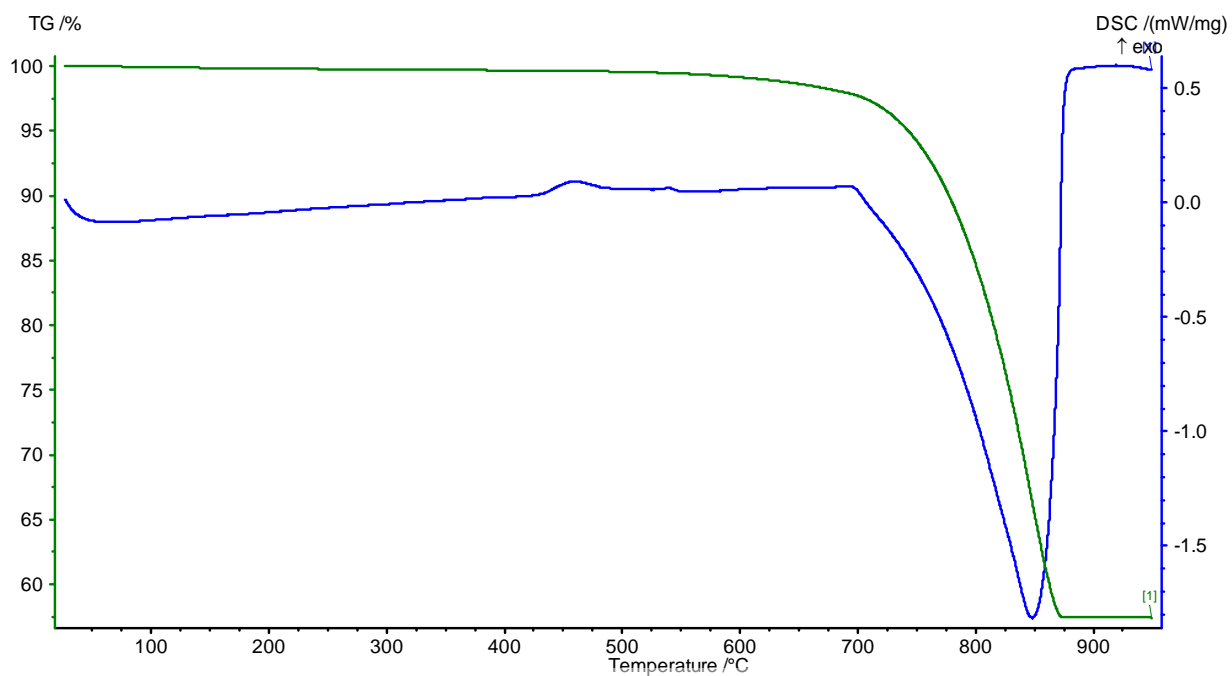
Termogramma del campione c8.



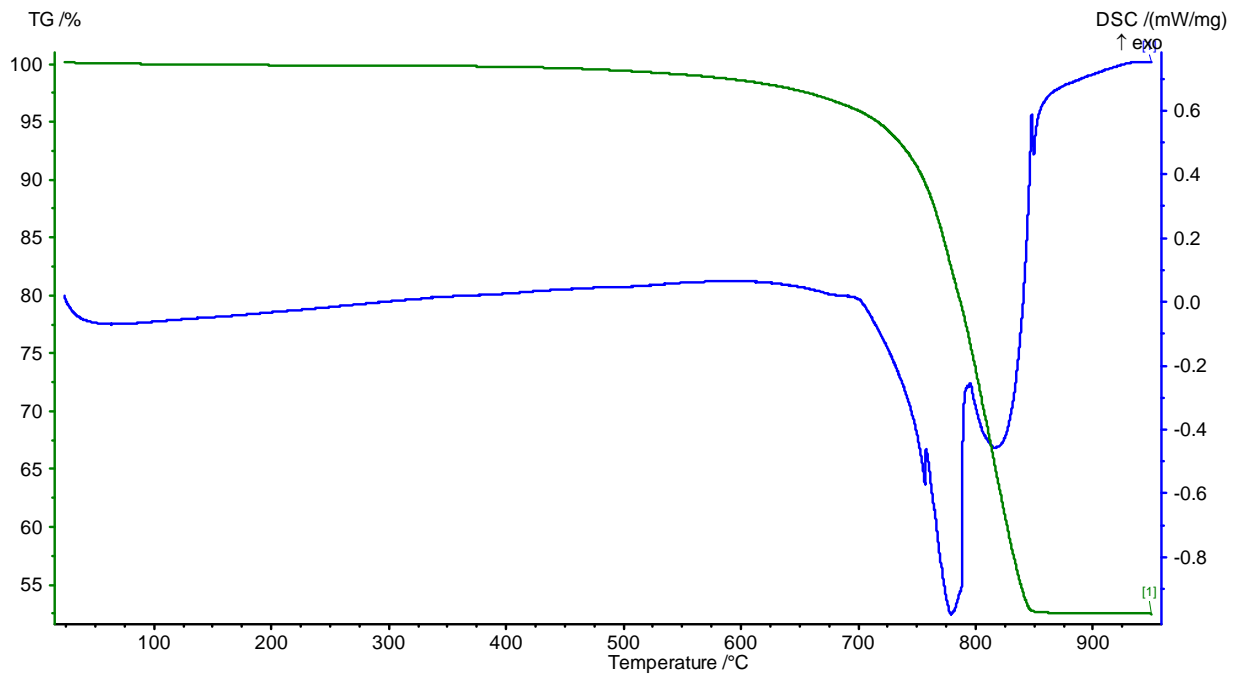
Termogramma del campione c9.



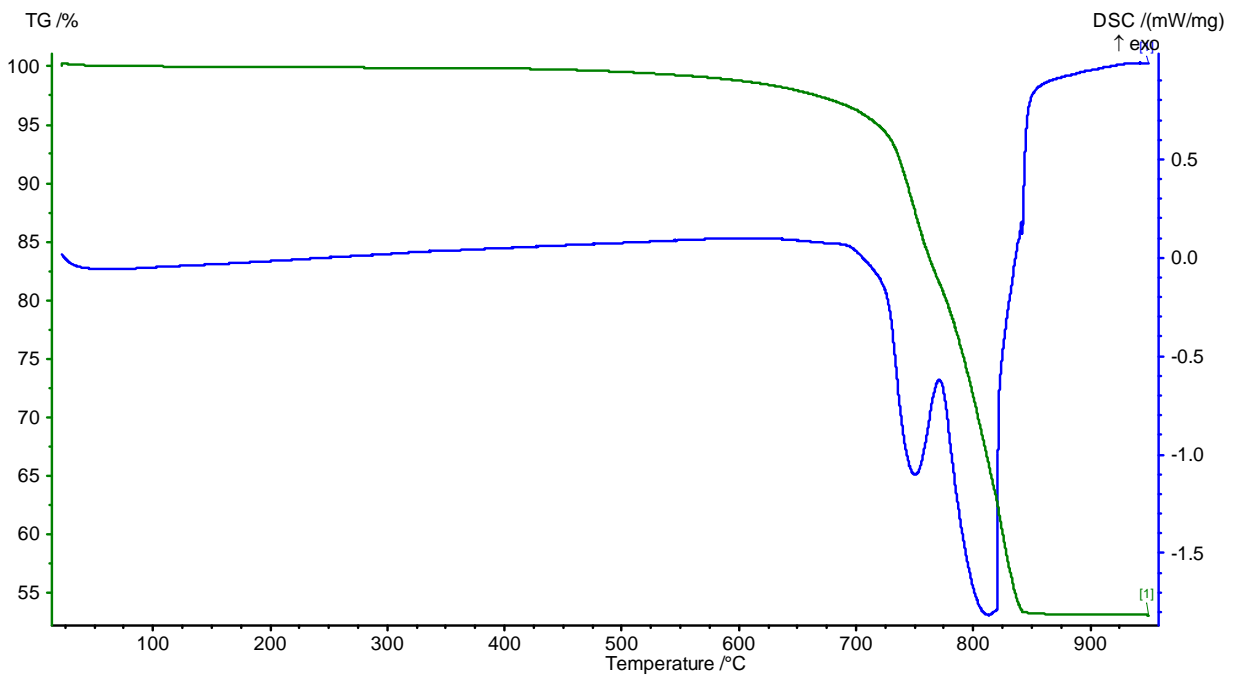
Termogramma del campione c10.



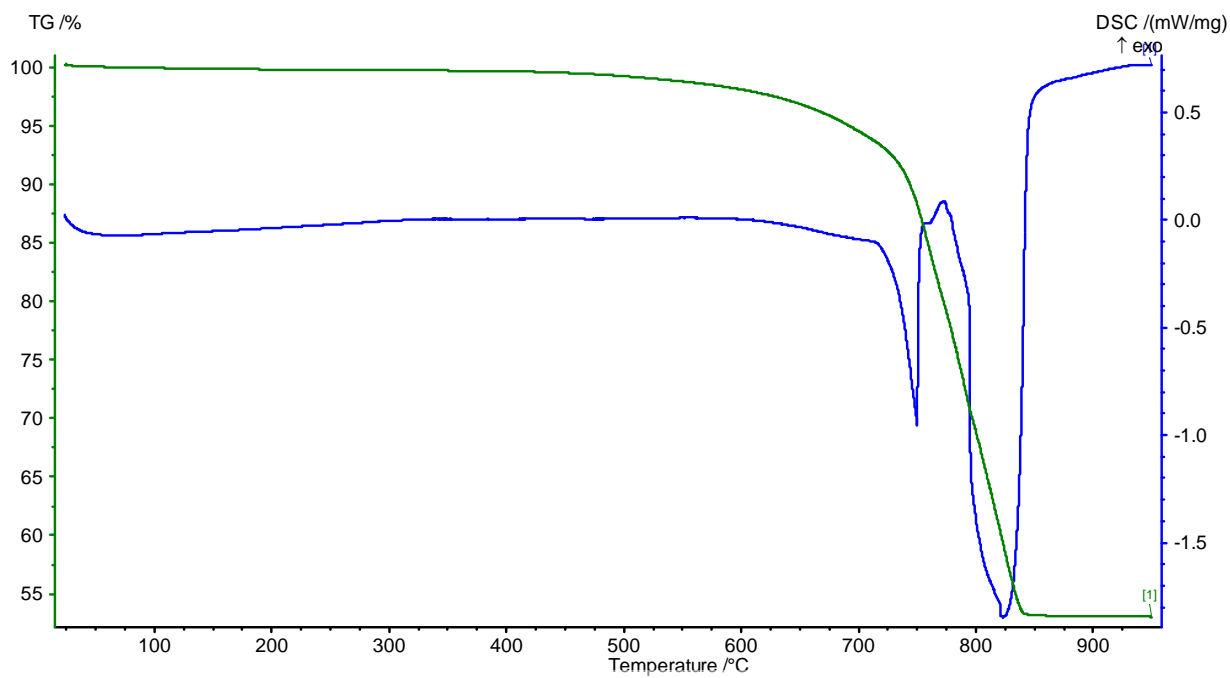
Termogramma del campione c11.



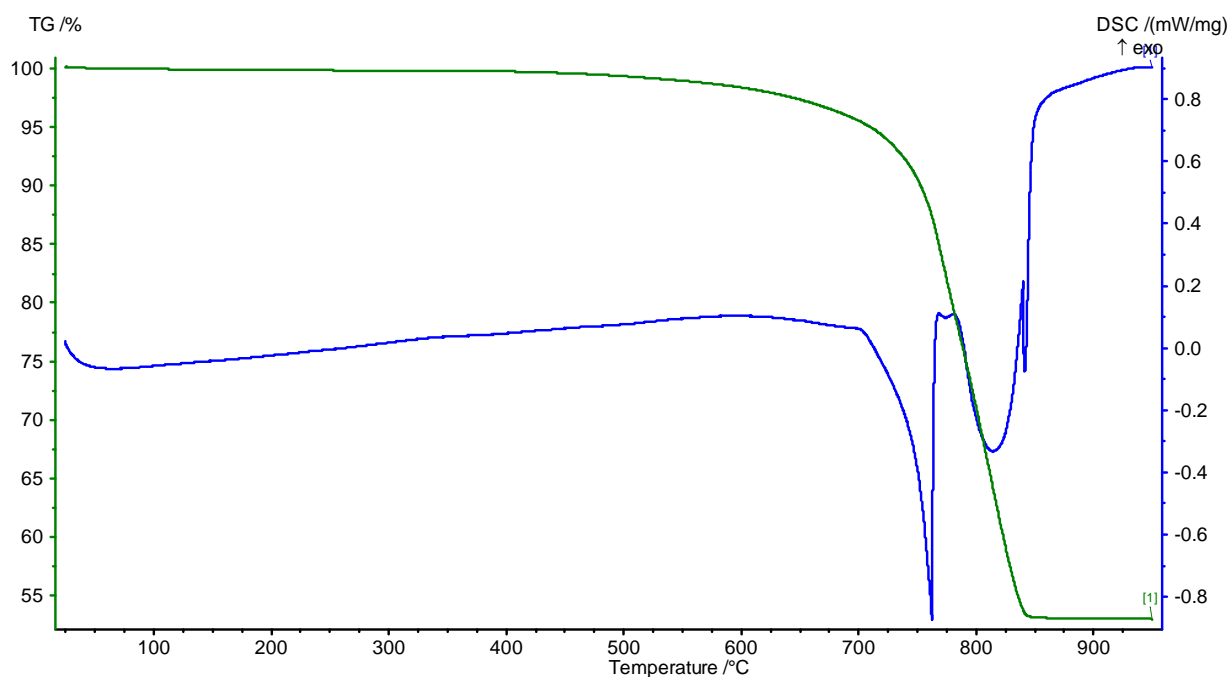
Termogramma del campione ca1.



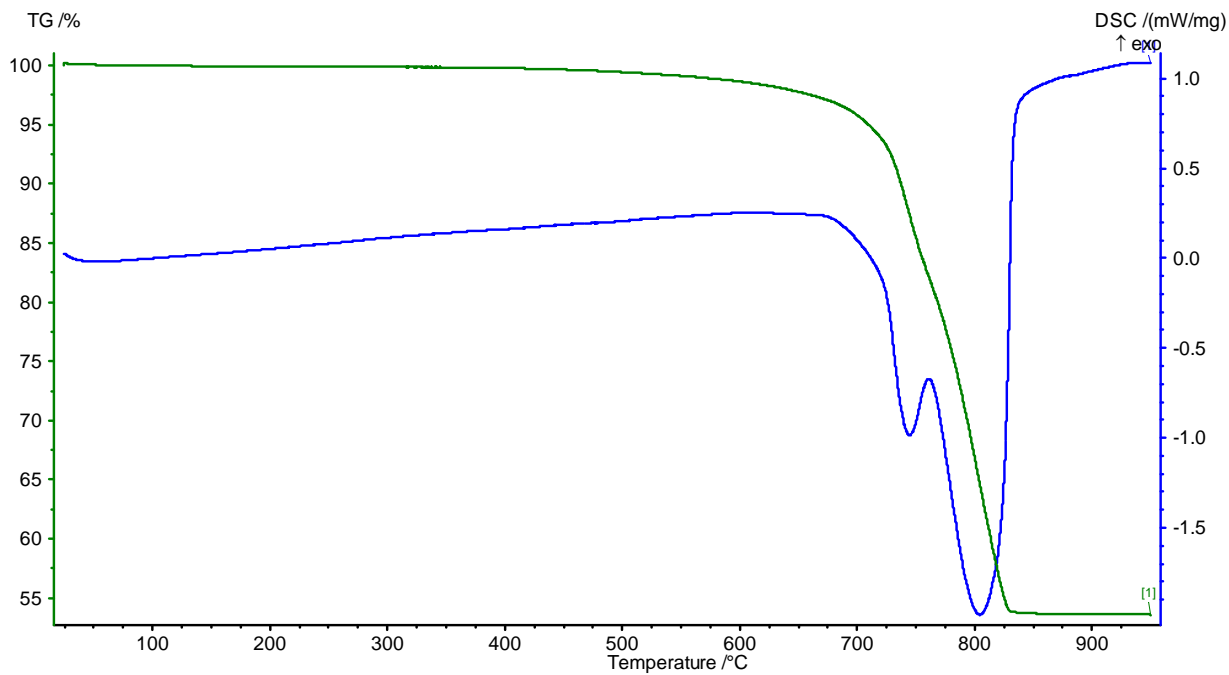
Termogramma del campione ca2.

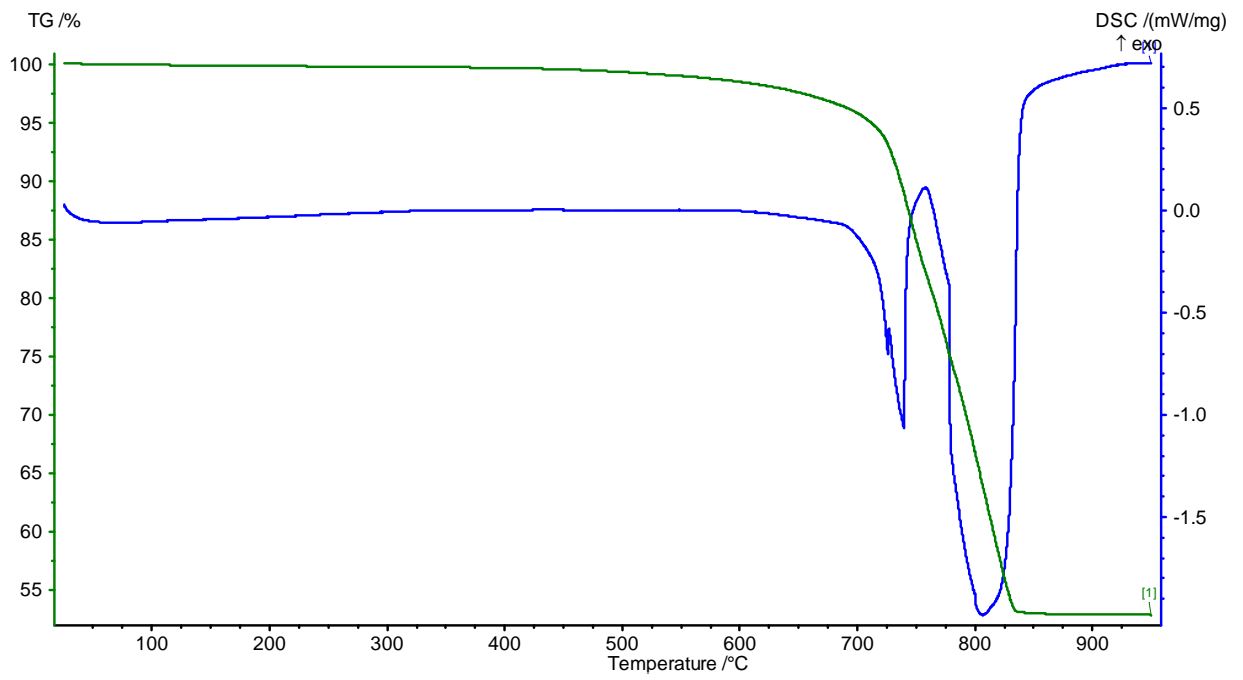


Termogramma del campione ca3.

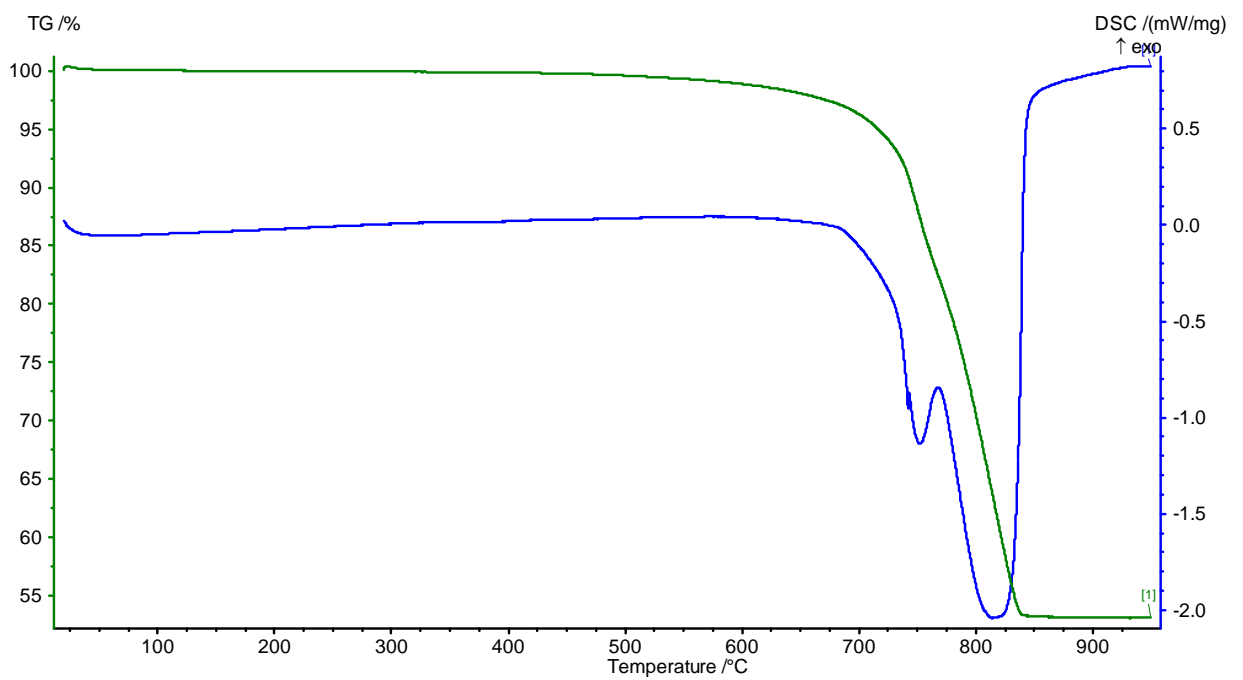


Termogramma del campione ca4.

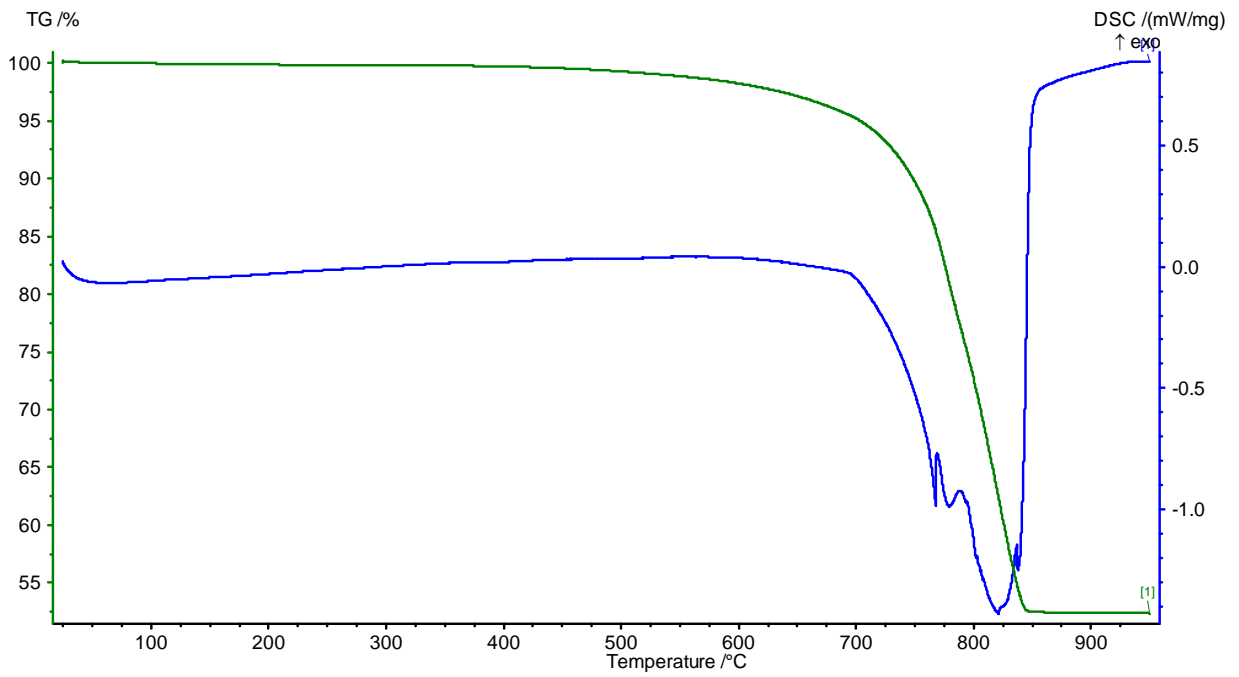




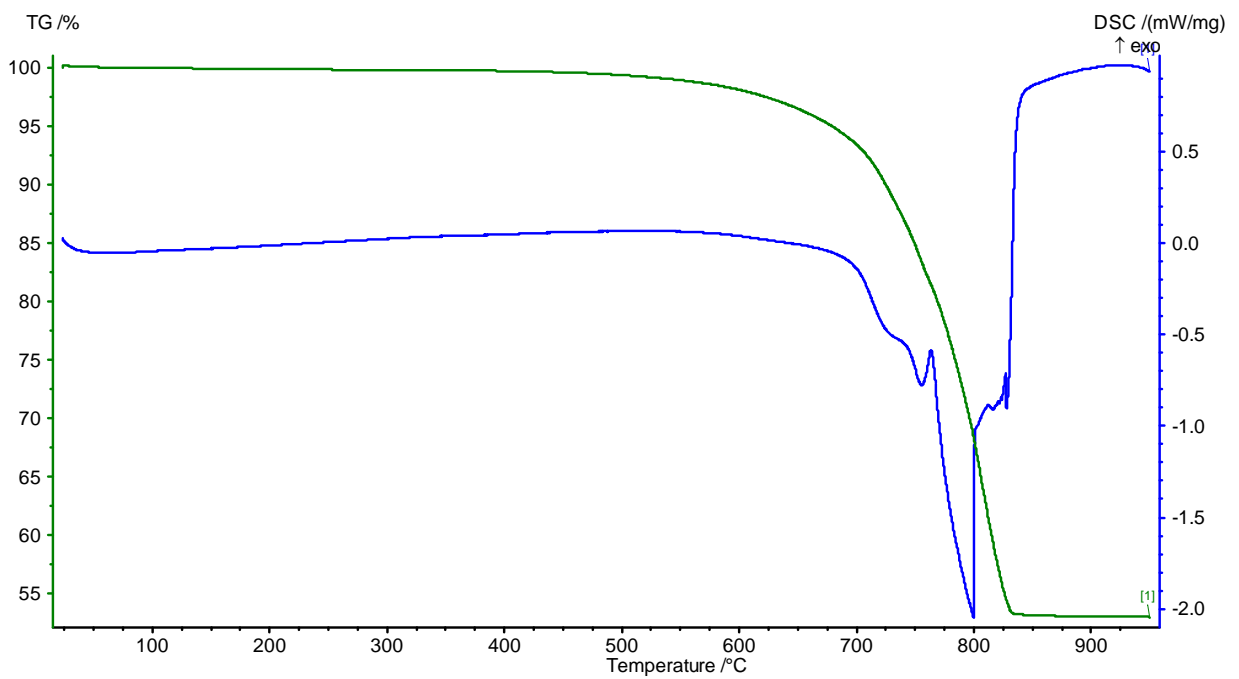
Termogramma del campione ca7.



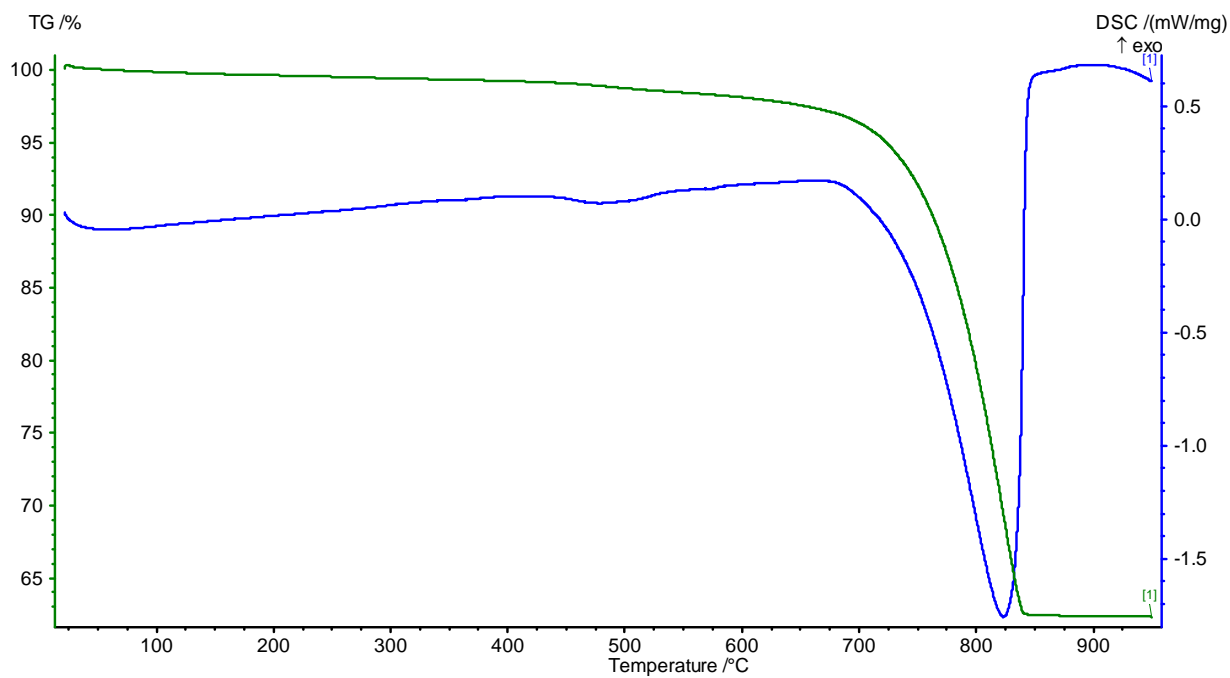
Termogramma del campione ca8.



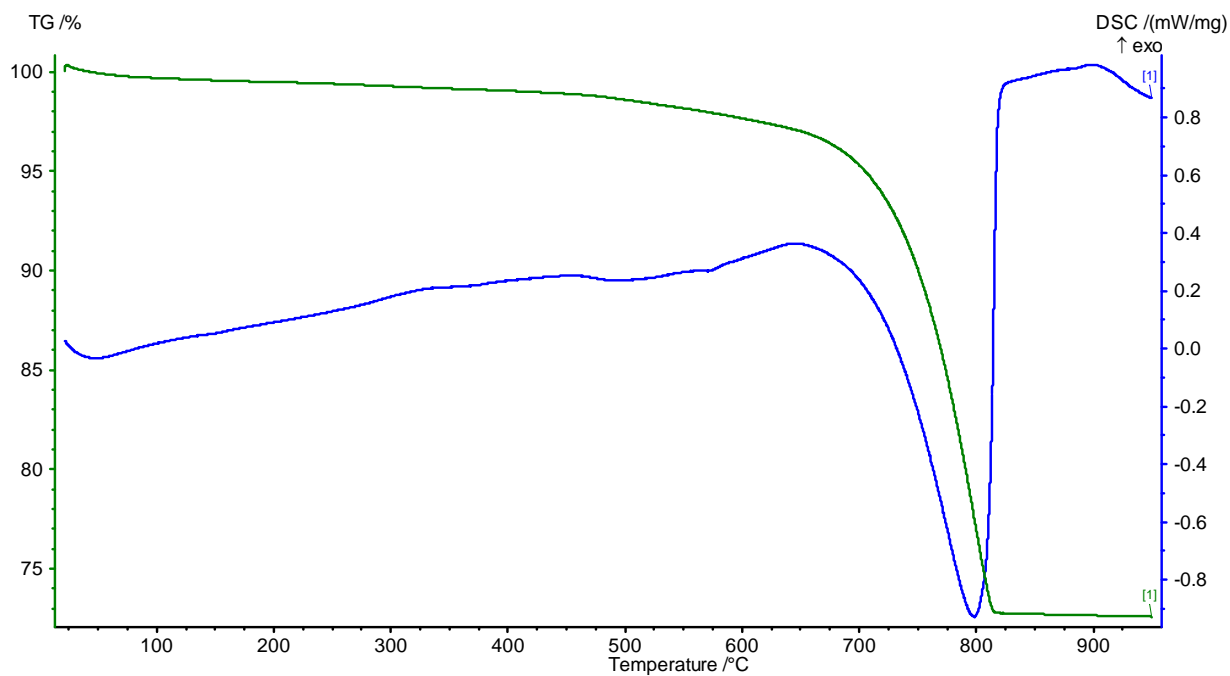
Termogramma del campione ca9.



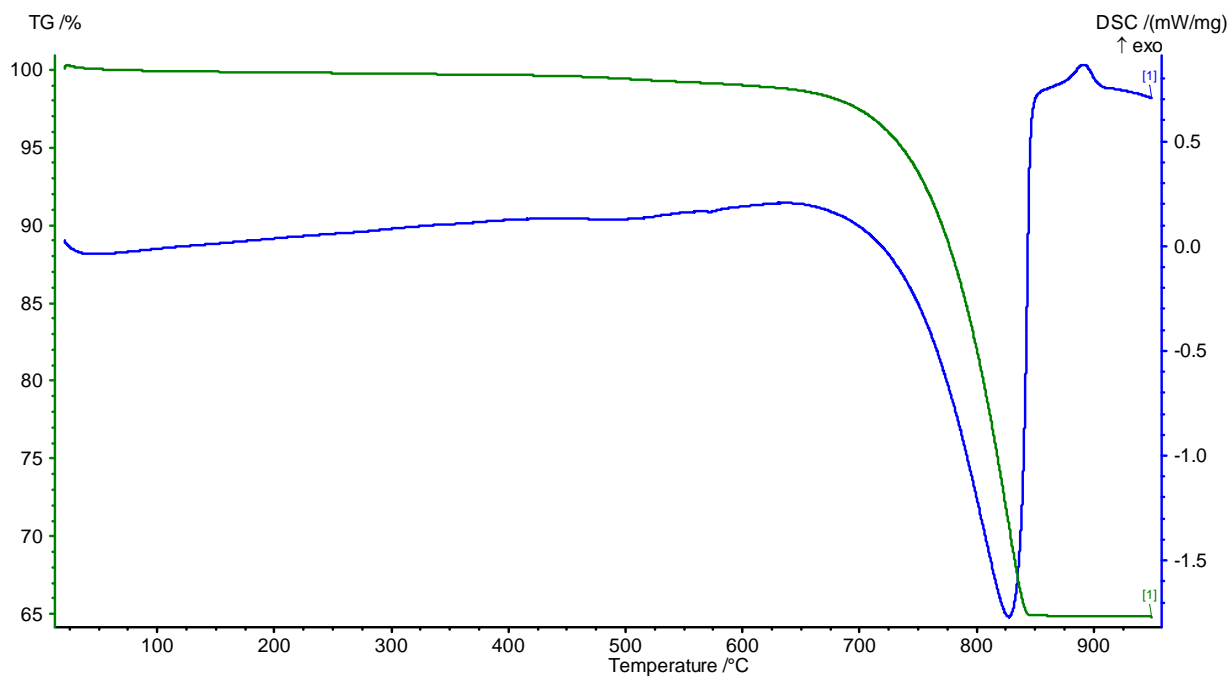
Termogramma del campione ca10.



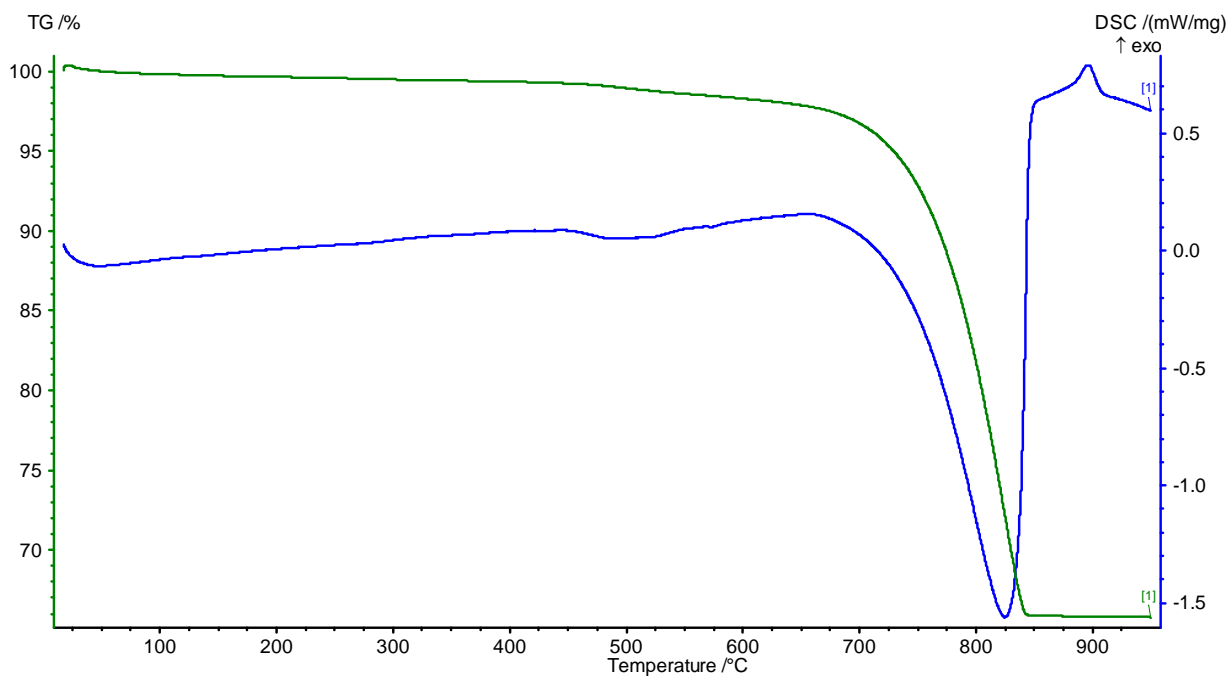
Termogramma del campione s1.



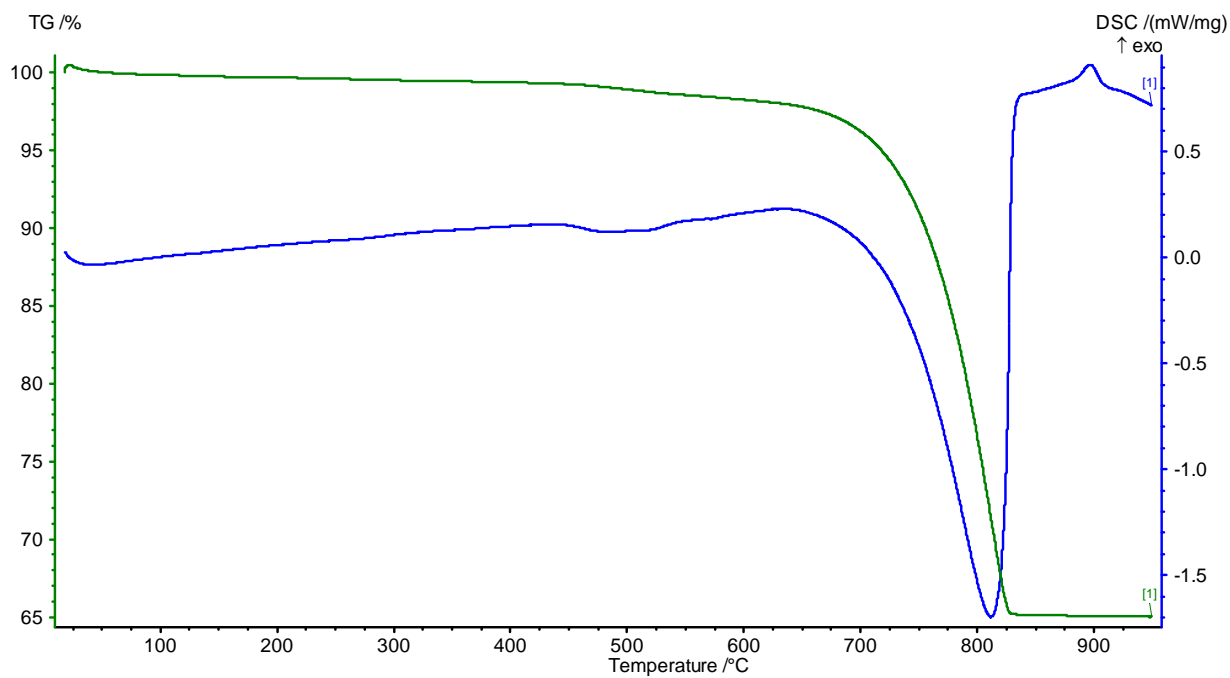
Termogramma del campione s2.



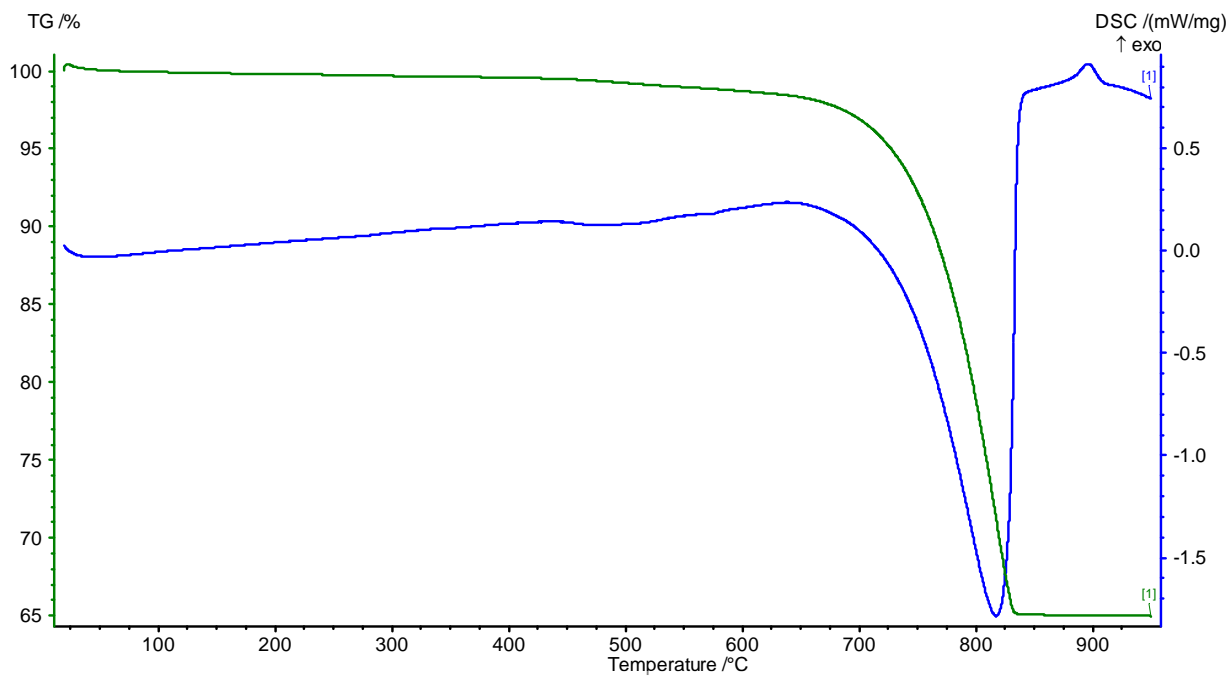
Termogramma del campione s3.



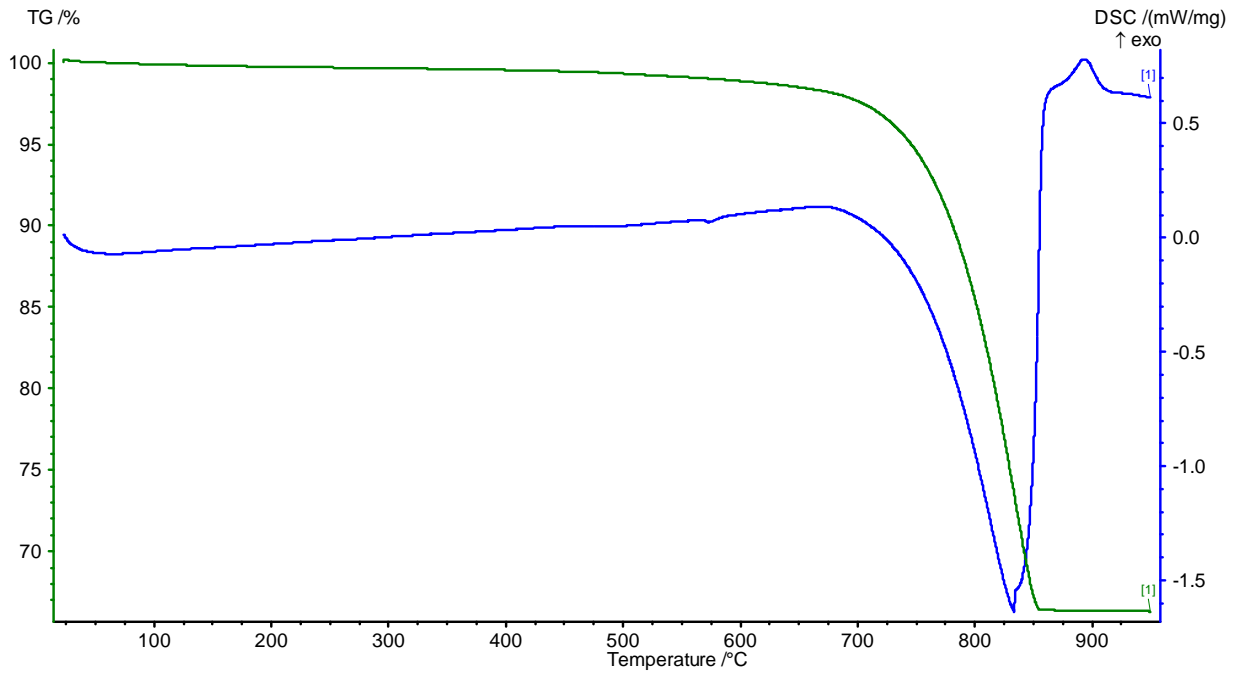
Termogramma del campione s4.



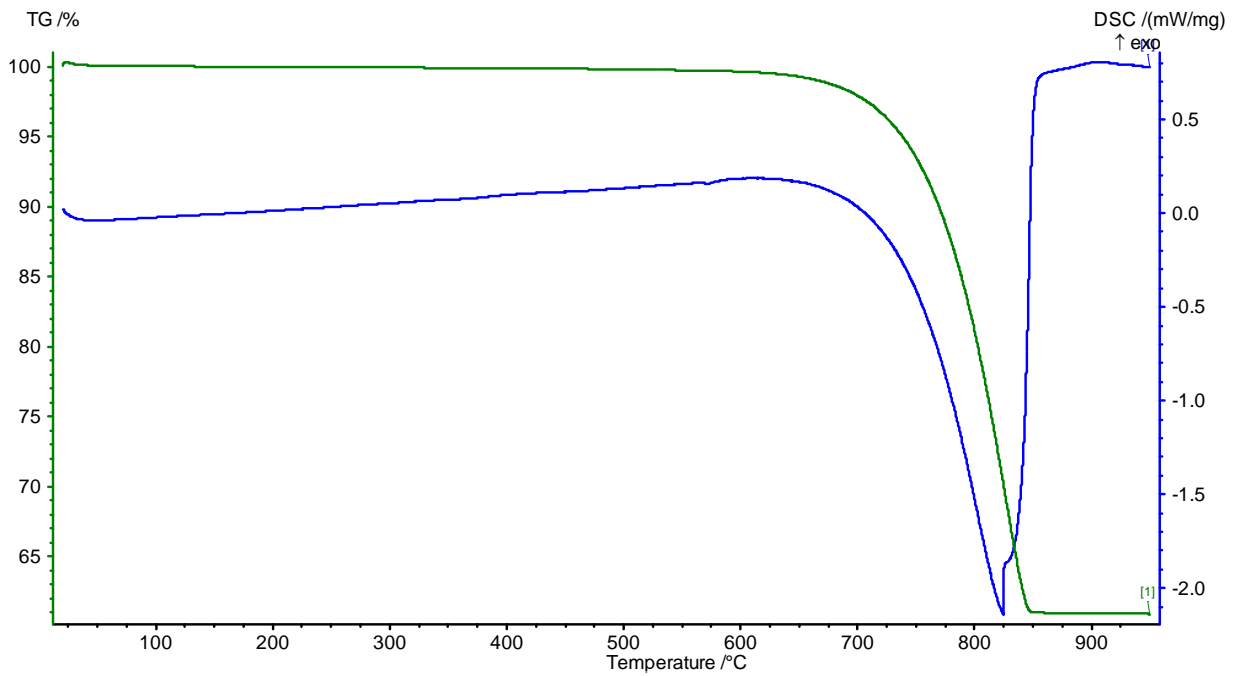
Termogramma del campione s5.



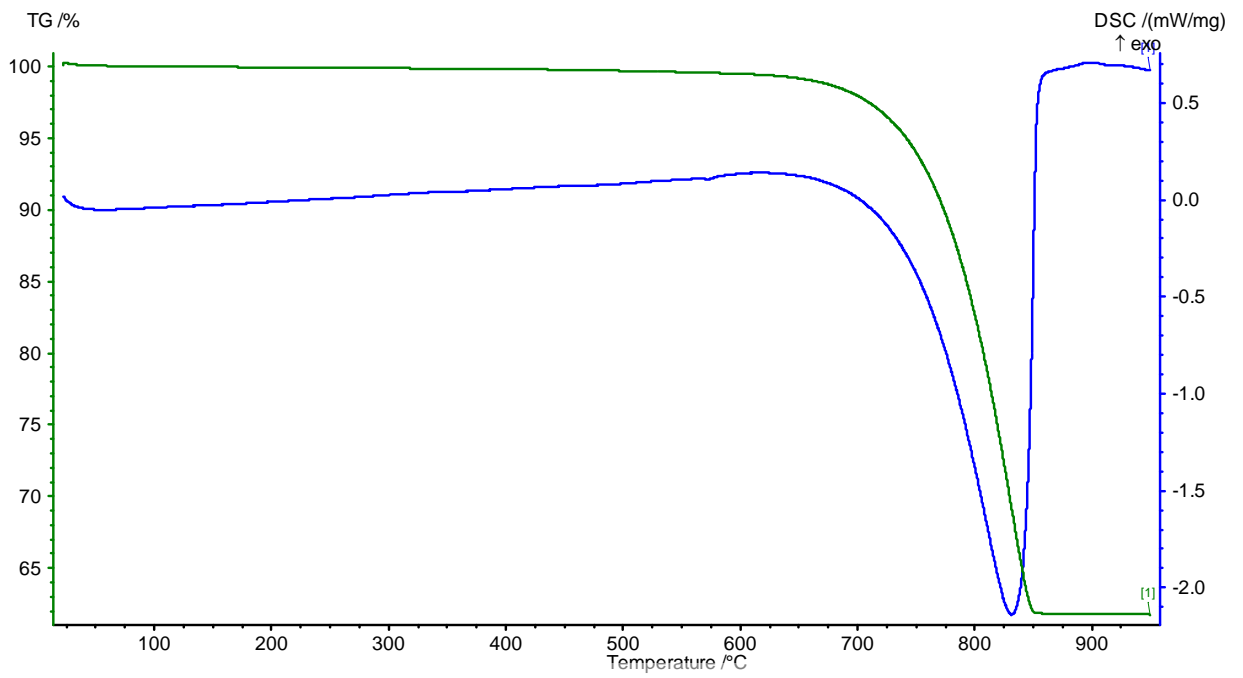
Termogramma del campione s6.



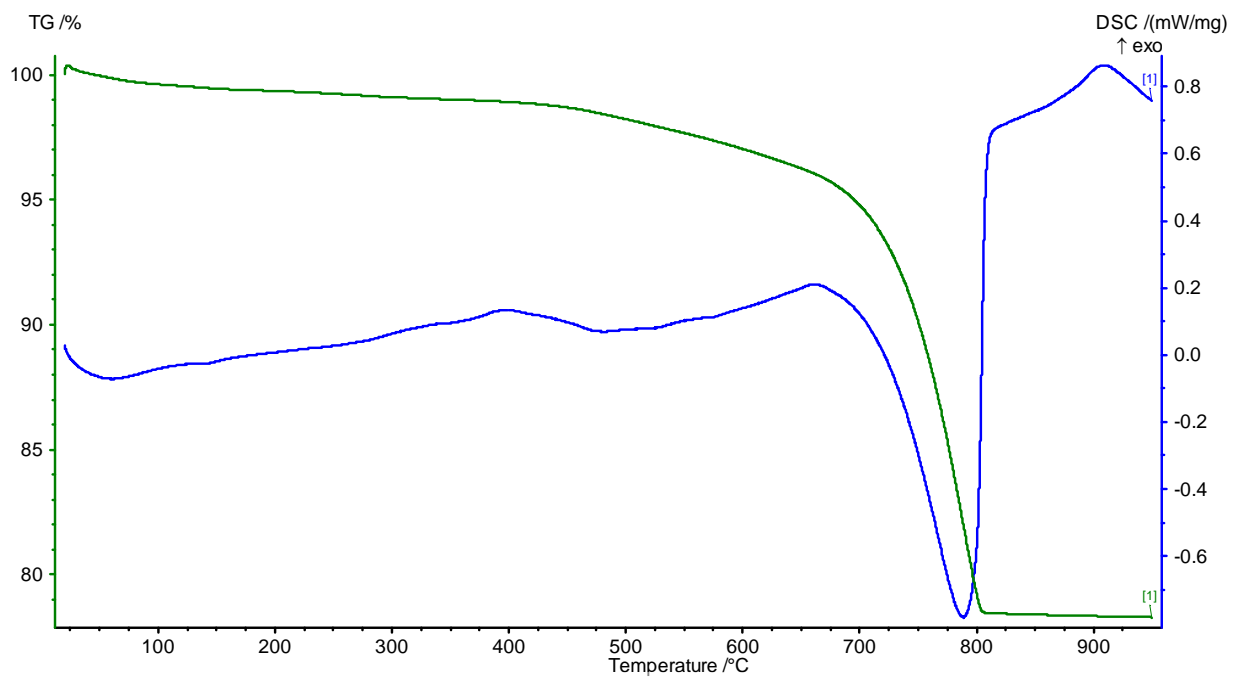
Termogramma del campione s7.



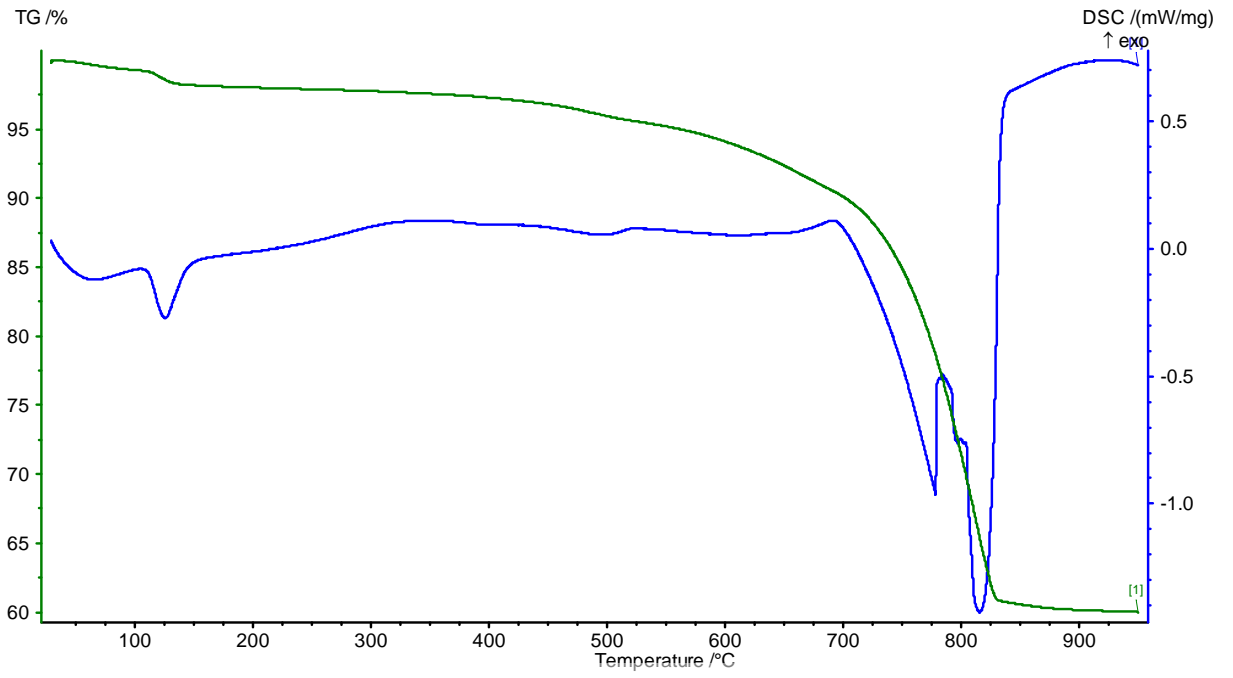
Termogramma del campione s8.



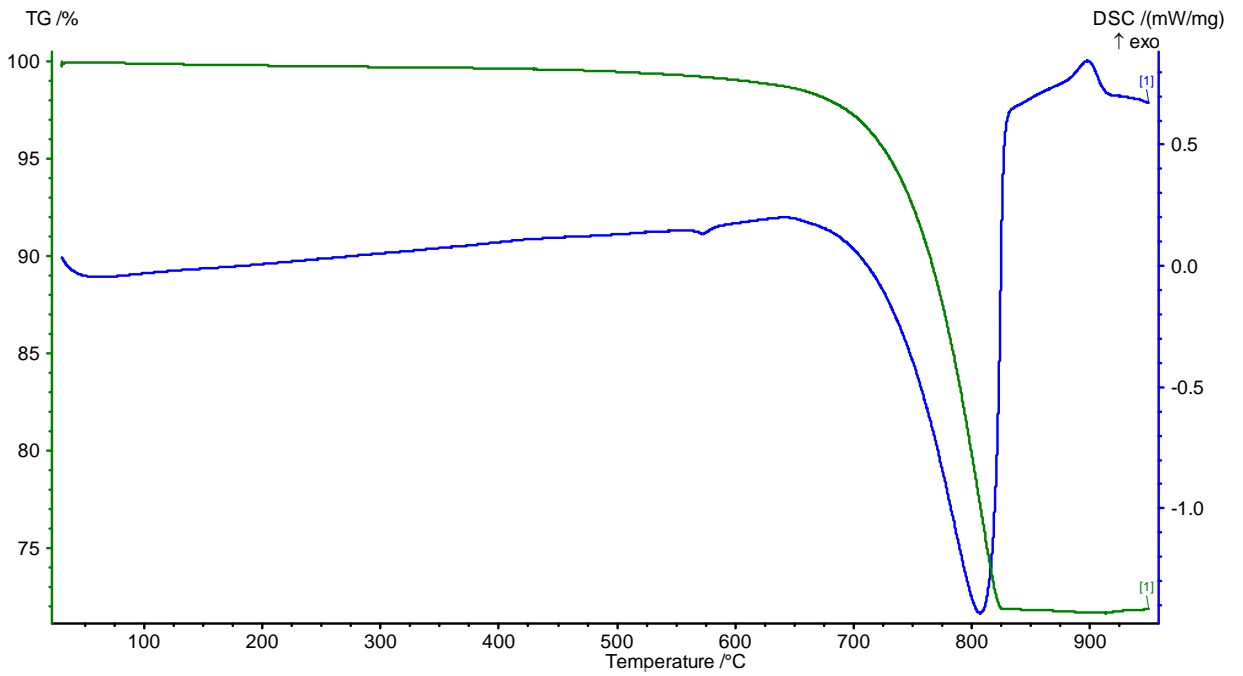
Termogramma del campione s9.



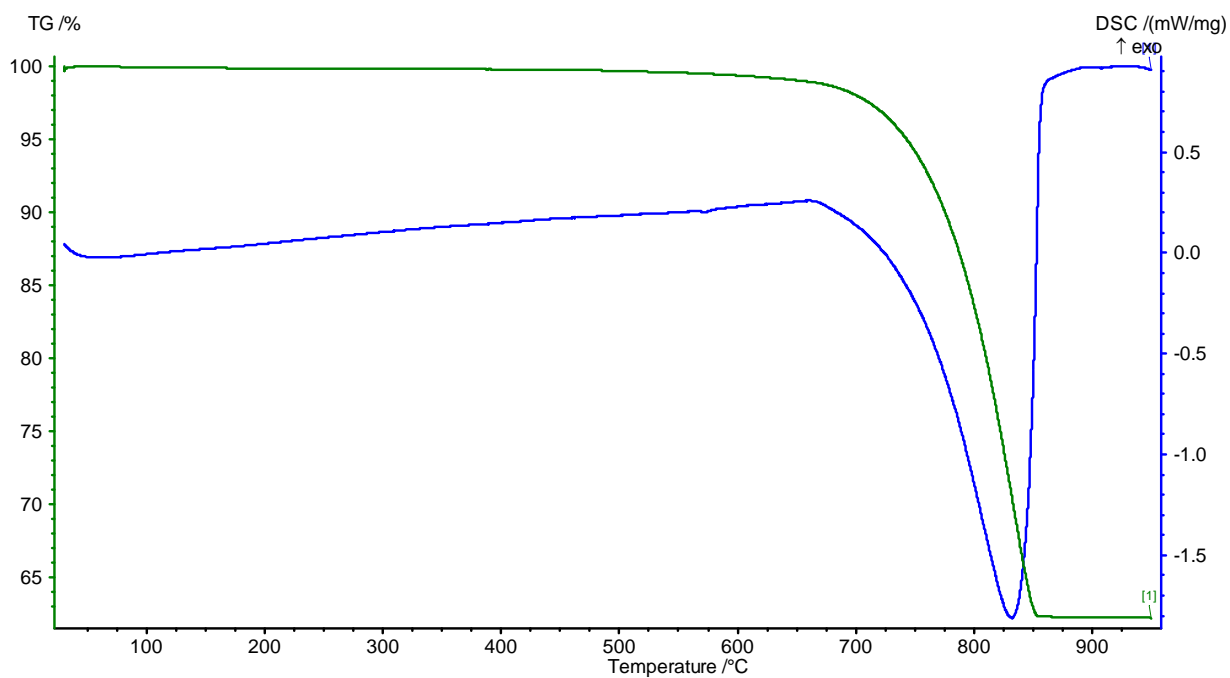
Termogramma del campione s10.



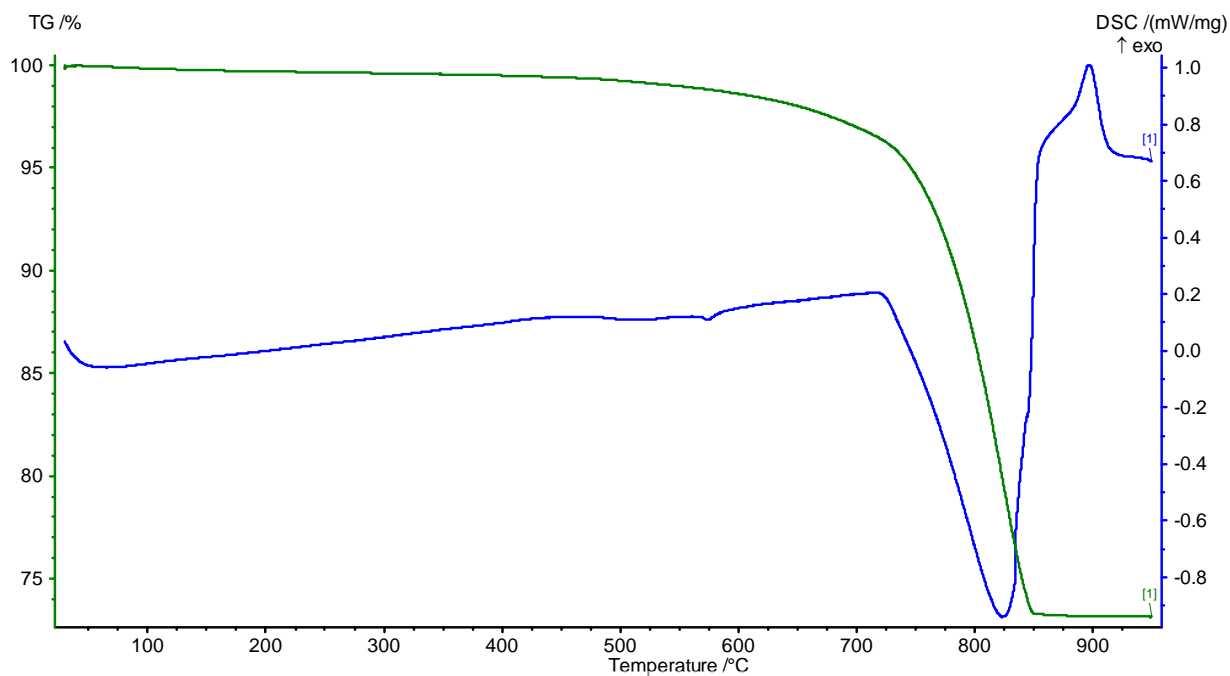
Termogramma del campione SIR1.



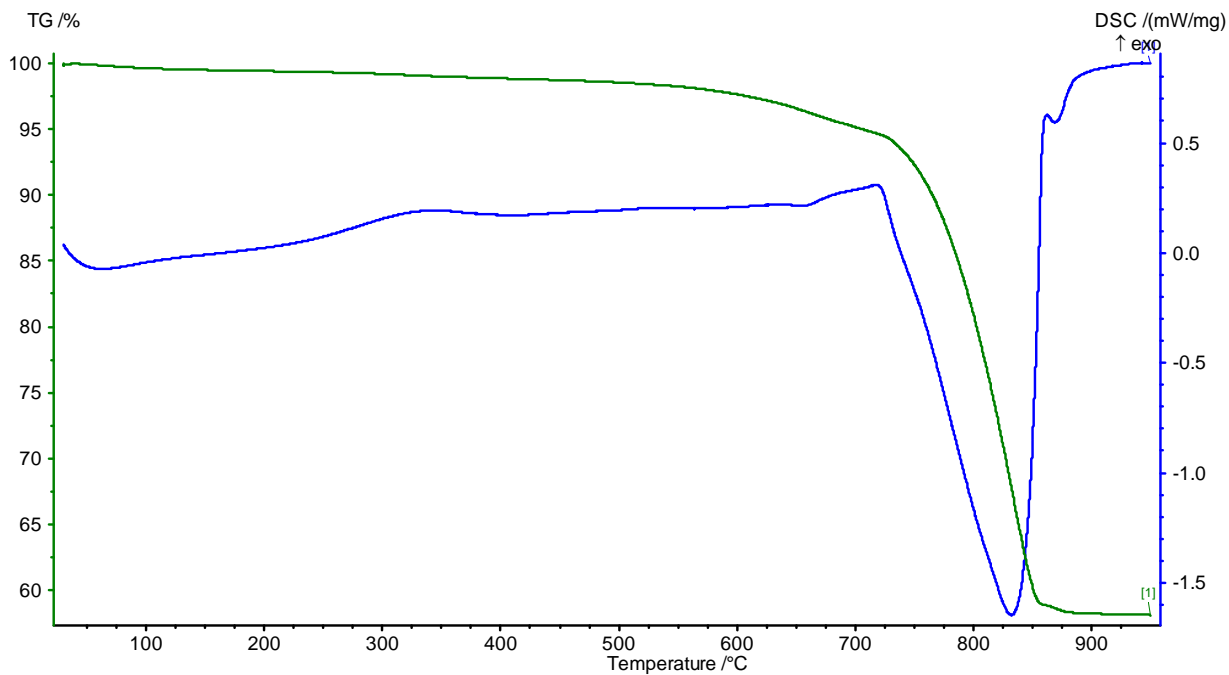
Termogramma del campione SIR2.



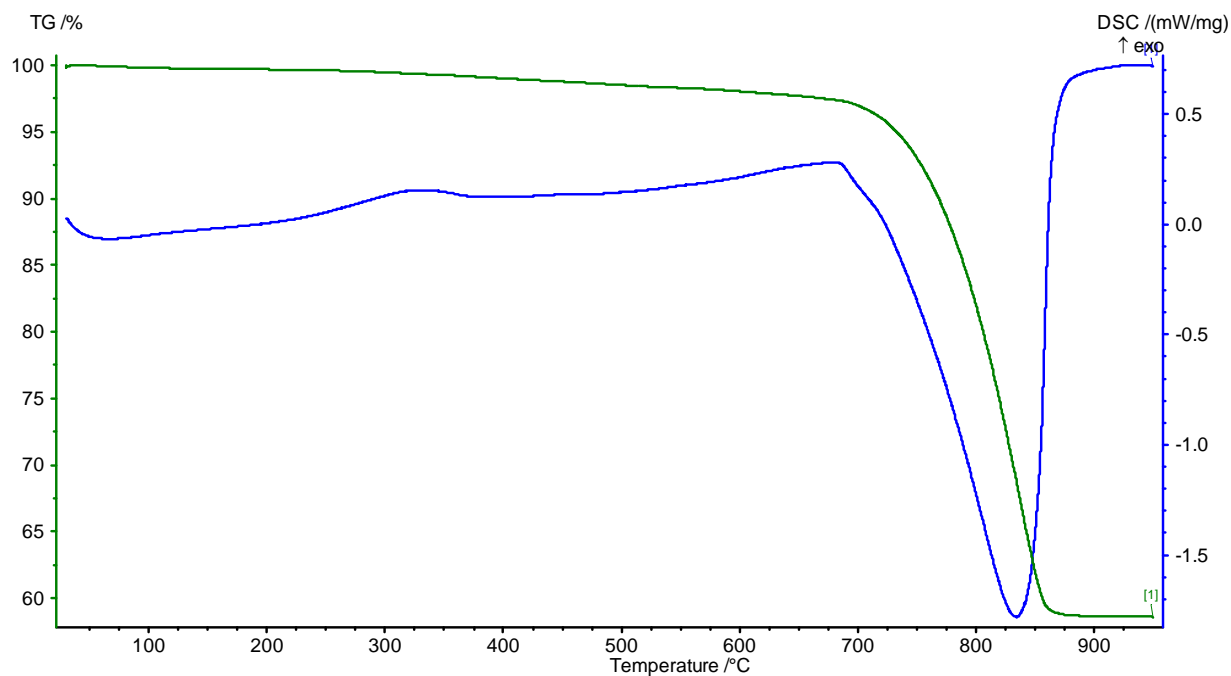
Termogramma del campione SIR3.



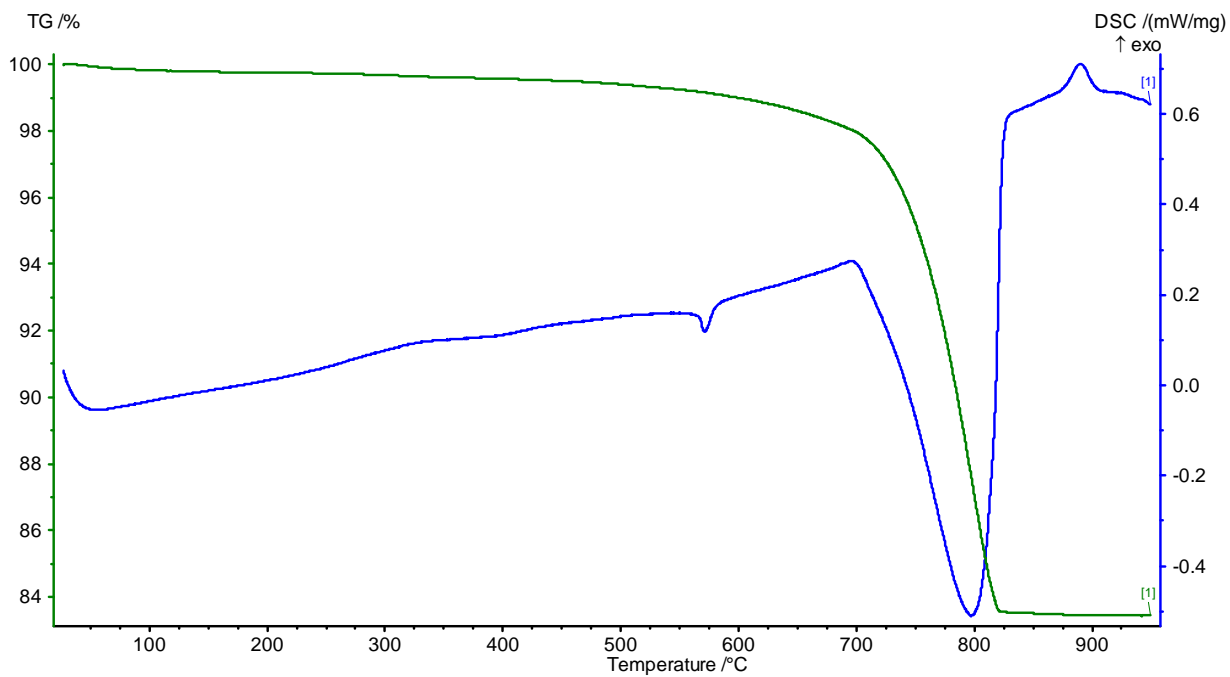
Termogramma del campione SIR4.



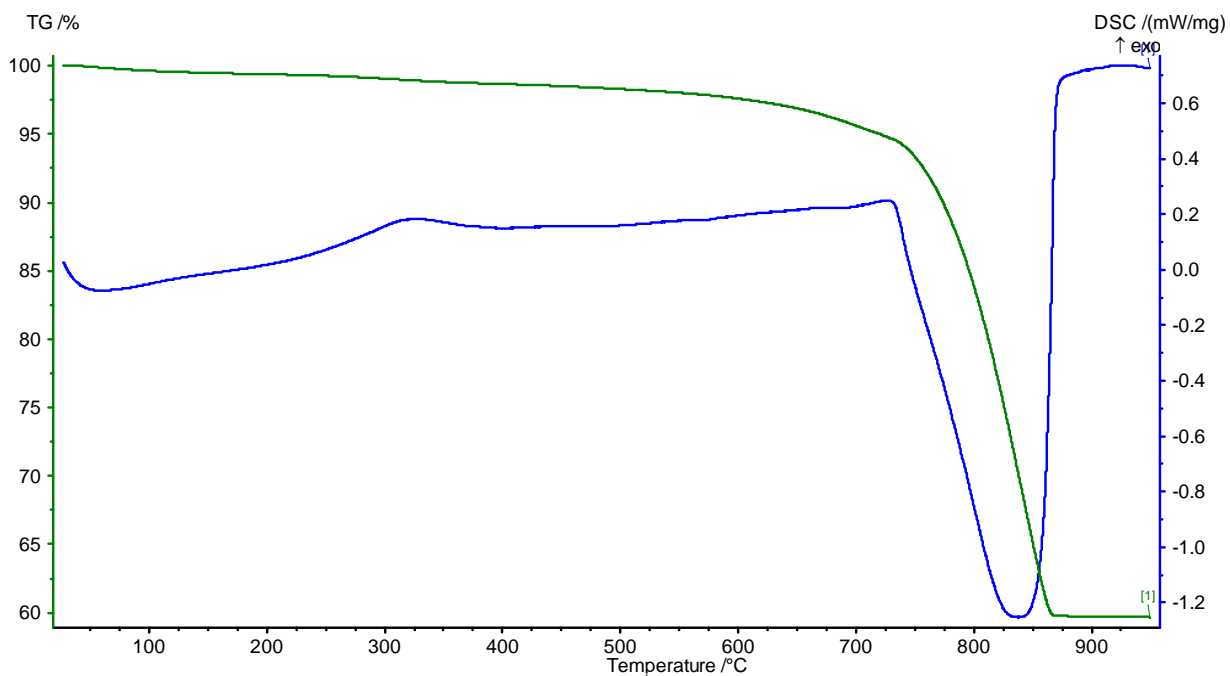
Termogramma del campione SIR5.



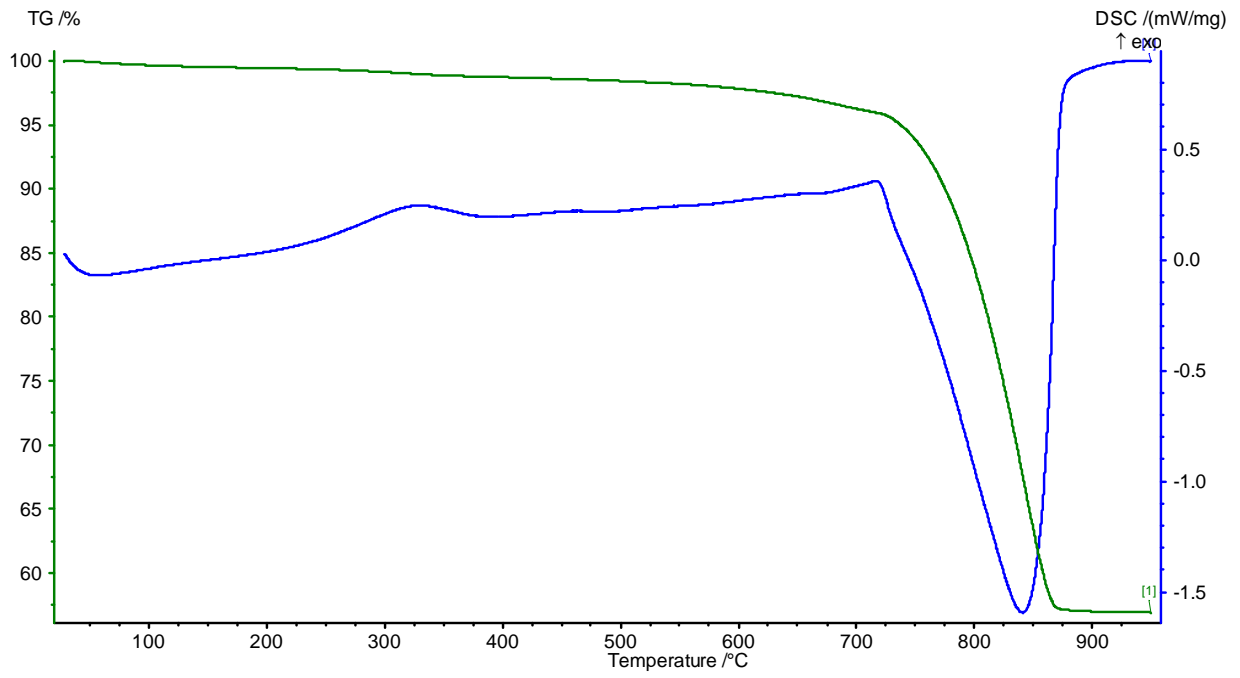
Termogramma del campione SIR6.



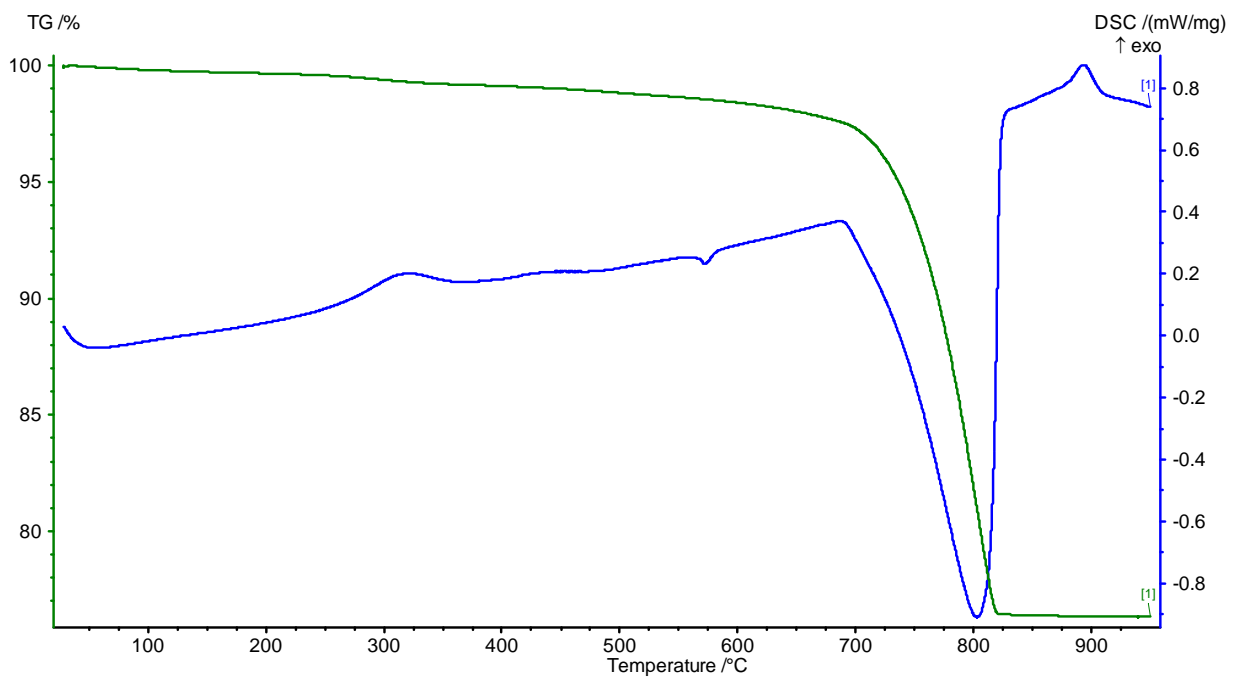
Termogramma del campione SIR8.



Termogramma del campione SIR9.



Termogramma del campione SIR10.



Termogramma del campione SIR11.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
2841 cm ⁻¹	-10,8959	-1,55622	2,4551	9,3963
MgO % ₋	0,8347	-0,36133	-0,762	0,1492
MnO%	-0,5795	-0,15143	-0,1966	-0,625
Fe ₂ O ₃ %	-1,7855	-0,20051	0,0046	0,0805
2672 cm ⁻¹	-7,0034	5,597	1,2985	0,0462
P ₂ O ₅ %	-1,5955	0,55114	-0,8972	0,4775
1968 cm ⁻¹	-2,6732	0,78077	-1,9789	-0,0082
Co PPM	0,9055	0,25793	0,3421	0,0717
2692 cm ⁻¹	1,8244	0,16636	0,2262	-0,6434
a*D65	-0,1259	0,74894	-0,152	0,2405
2840 cm ⁻¹	20,002	-6,61539	-12,3456	-18,0148
591 cm ⁻¹	-0,1126	-0,26863	-0,3039	0,2352
2833 cm ⁻¹	0,0252	2,91089	0,2538	-1,1489
L _D65	-0,9379	-0,04147	0,1165	1,0126
887 cm ⁻¹	-1,0595	0,40964	0,0325	1,1737
Sr PPM	-1,1329	0,21914	-0,0227	1,9392
Nb PPM	-0,3514	-0,26463	0,9644	1,7944
CaO %	1,5637	-0,94485	1,2807	-0,3697
1068 cm ⁻¹	0,0663	-0,70744	3,7691	3,4722
2189 cm ⁻¹	0,4525	-0,72653	3,2878	3,4104
962 cm ⁻¹	-2,1344	-0,49374	3,1847	3,4931
Ce PPM	0,9416	-0,39705	-0,2498	-1,3521
870 cm ⁻¹	-0,4598	0,47699	-0,5443	0,4062
b*D65	0,7842	-0,90927	0,4668	0,2766
Autoval	30,7781	20,7717	6,3642	5,3073
Prop.Cum	0,4868	0,81539	0,9161	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte la cave.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	0,8165	0,531	-0,6094	-0,4376
Fe ₂ O ₃ %	-1,8191	0,1158	0,085	-0,0641
2840 cm ⁻¹	60,6027	39,9937	-46,5764	39,6231
MnO%	-0,5989	0,2482	-0,3594	0,5369
2672 cm ⁻¹	-20,9093	-24,4812	-4,2154	-1,7478
P ₂ O ₅ %	-1,8799	-0,727	-1,0107	-1,0752
2841 cm ⁻¹	-35,2102	-4,8968	14,4434	-26,3009
a*D65	-0,0949	-0,9796	-0,3727	-0,4194
1968 cm ⁻¹	-7,0999	-1,0453	-4,893	-2,1485
Co PPM	0,9186	-0,2894	0,3034	0,0634
2692 cm ⁻¹	5,4268	-0,4666	-0,2105	2,003
591 cm ⁻¹	-0,1248	0,3412	-0,0894	-0,3082
1068 cm ⁻¹	0,2273	1,7631	17,1299	-3,9037
2189 cm ⁻¹	1,202	0,1625	13,839	-5,2188
b*D65	0,7543	1,1812	0,9992	0,1233
2833 cm ⁻¹	0,7256	-7,9484	-1,4987	3,2588
CaO %	1,4992	0,9357	1,2788	0,9676
Nb PPM	-0,3915	-0,2091	1,4109	-1,3383
Sr PPM	-1,2889	-0,5907	0,6365	-2,1489
887 cm ⁻¹	-1,0441	-0,5987	0,3414	-1,1396
L_D65	-0,9414	-0,1246	0,4869	-0,9013
962 cm ⁻¹	-6,85	-1,715	13,2394	-6,1325
Ce PPM	0,9434	0,8999	-0,354	1,3144
870 cm ⁻¹	-0,4394	-0,4442	-0,464	-0,658
Autoval	30,7274	17,0172	5,8713	5,4441
Prop.Cum	0,5203	0,8084	0,9078	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR1.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	1,0988	-0,2558	0,4594	0,1201
Fe ₂ O ₃ %	-0,7046	-1,0318	0,0607	-0,835
2840 cm ⁻¹	59,2581	-36,2799	-20,1163	17,1831
MnO%	-0,389	-0,8748	-0,22	-0,1146
2672 cm ⁻¹	-21,4869	13,8181	-3,7656	16,0569
P ₂ O ₅ %	-0,7491	0,3003	0,5539	0,9227
2841 cm ⁻¹	-42,5209	6,7289	26,4725	-19,3016
Sr PPM	-1,7983	1,2757	1,7319	-0,1695
887 cm ⁻¹	-0,9622	0,6862	0,8589	0,0541
L_D65	-0,6128	-0,0175	0,7945	-0,0421
Nb PPM	-0,473	0,7185	0,9164	-1,2395
CaO %	1,5292	-0,5608	-1,1106	-1,7021
591 cm ⁻¹	-0,9629	0,4215	0,3114	-0,6601
870 cm ⁻¹	-0,6835	0,7629	0,6041	0,2213
a*D65	0,503	0,3281	0,132	0,6212
Co PPM	0,7302	0,7663	-0,2798	0,1845
2692 cm ⁻¹	4,8743	1,0217	-2,0975	-0,1397
Ce PPM	0,3323	-1,028	-0,634	-0,2835
2833 cm ⁻¹	-0,9604	6,1853	-4,4002	4,165
2189 cm ⁻¹	-0,6805	4,8446	2,5984	-7,6118
1068 cm ⁻¹	1,1538	2,8397	1,2263	-10,329
1968 cm ⁻¹	0,1504	-0,1513	0,2463	-0,1387
962 cm ⁻¹	-2,1444	-0,39374	3,1647	3,4731
b*D65	0,7832	-0,9092	0,4558	0,2666
Autoval	24,5798	16,5234	5,0899	3,8138
Prop.Cum	0,4915	0,8219	0,9237	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR2.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	1,03965	-0,60386	-0,1721	-0,09992
Fe ₂ O ₃ %	-0,76767	-0,90391	0,89294	0,37343
MnO%	-0,69414	-0,87514	0,46678	-0,42382
2189 cm ⁻¹	-0,34624	0,38945	-0,87059	0,0423
Sr PPM	0,18851	1,01687	-1,27459	0,70103
887 cm ⁻¹	-0,08055	0,70943	-0,72631	0,68359
L_D65	-0,34517	0,12908	-0,52579	0,68071
591 cm ⁻¹	-0,0712	-0,0626	-0,34261	0,19466
Co PPM	0,48197	0,74986	-0,33235	-0,05667
CaO %	1,39638	-0,03272	1,53513	0,09675
b*D65	0,05994	0,37455	-0,77067	-0,24193
870 cm ⁻¹	0,32687	0,76774	-0,62661	0,192
2833 cm ⁻¹	0,99943	0,58558	0,29256	0,19083
2841 cm ⁻¹	-0,42396	0,06456	-0,38783	-0,28815
Ce PPM	-0,38039	-1,05954	1,13276	0,22401
Nb PPM	0,90135	0,40523	0,35783	1,16092
962 cm ⁻¹	-0,47075	0,13974	-1,00229	-0,97913
2840 cm ⁻¹	0,0542	0,0411	0,0312	0,1122
2692 cm ⁻¹	4,8743	1,0217	-2,0975	-0,1397
2672 cm ⁻¹	0,0012	0,0112	0,0061	0,0055
1968 cm ⁻¹	0,0012	0,0112	0,0061	0,0055
1068 cm ⁻¹	0,0322	0,0424	-0,1212	-0,3455
P ₂ O ₅ %	0,3521	-0,1124	0,1152	0,8761
a*D65	-0,5213	0,1144	0,1225	0,8741
Autoval	17,2847	6,73643	4,15545	0,86596
Prop.Cum	0,59515	0,8271	0,97018	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR3.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	-0,4902	-0,4163	0,72945	0,1095
Fe ₂ O ₃ %	1,48763	-1,322	-0,42849	0,1028
MnO%	0,70843	-0,6299	-0,21733	0,6134
2189 cm ⁻¹	-8,68347	-3,8208	-4,14741	-6,7237
P ₂ O ₅ %	1,32451	0,5634	1,0902	0,2516
1968 cm ⁻¹	7,97749	0,1978	5,14189	2,6555
Sr PPM	0,17163	0,3796	0,90155	-1,4367
Co PPM	-0,83109	0,6472	-0,28218	-0,0621
2692 cm ⁻¹	-5,99859	0,1527	-0,79915	3,0237
CaO %	-1,31534	-0,5749	-1,11851	-0,4962
L_D65	0,41798	-0,294	0,2226	-0,7498
887 cm ⁻¹	0,51374	0,323	0,46034	-0,8295
Nb PPM	-0,70567	-0,5468	-0,16523	-1,1519
b*D65	-0,66016	0,3393	0,03647	-0,7488
870 cm ⁻¹	0,4939	0,6124	0,60886	-0,4454
2841 cm ⁻¹	8,90783	-12,8828	6,86418	-14,4643
2672 cm ⁻¹	8,29003	16,5591	-1,20771	13,2738
1068 cm ⁻¹	-8,62708	-6,8063	-5,30576	-4,7726
2833 cm ⁻¹	-2,04174	6,1198	-1,01642	7,3818
591 cm ⁻¹	0,15079	-0,288	0,35228	-0,3524
2840 cm ⁻¹	0,0542	0,0411	0,0312	0,1122
a*D65	0,5021	0,4481	0,132	0,5112
Ce PPM	0,3323	-1,028	-0,634	-0,2835
962 cm ⁻¹	0,2521	-0,0651	0,0121	0,3254
Autoval	23,101	9,0723	5,86387	2,9063
Prop.Cum	0,56422	0,7858	0,92902	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR4.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	-0,42569	-0,8142	0,3477	0,1404
Fe ₂ O ₃ %	1,42881	-0,294	-0,2469	0,5734
MnO%	0,68409	-0,0772	0,0345	0,7516
2189 cm ⁻¹	-7,89717	-3,4707	-8,0054	-2,3152
2672 cm ⁻¹	5,50443	18,5633	14,2262	2,5854
2841 cm ⁻¹	13,3321	-17,3469	-5,732	-12,5054
a*D65	-0,35301	0,6011	0,9083	-0,4154
P ₂ O ₅ %	1,43743	-0,1056	1,1471	-0,1047
1968 cm ⁻¹	7,64944	-1,2844	4,7276	1,7084
1068 cm ⁻¹	-7,68603	-5,3638	-10,7526	2,6344
2692 cm ⁻¹	-6,49957	1,4964	2,0497	1,9082
Co PPM	-0,87502	0,4595	-0,1294	-0,0671
591cm ⁻¹	0,19465	-0,3895	0,0597	-0,3324
Sr PPM	0,29945	-0,5509	0,1392	-1,8271
b*D65	-0,25794	-0,5913	-1,0671	-0,5021
CaO %	-1,09328	-0,379	-1,7383	0,5714
Nb PPM	-0,51494	-0,7619	-1,1054	-0,6147
2833 cm ⁻¹	-3,84025	6,9028	3,7572	5,7883
L_D65	0,42173	-0,2935	0,0416	-0,8177
887 cm ⁻¹	0,51451	-0,1471	0,0195	-0,9131
870 cm ⁻¹	0,46334	0,0642	0,3508	-0,7398
2840 cm ⁻¹	0,0021	0,0003	0,1121	0,007
962 cm ⁻¹	0,0555	-0,0111	0,0061	0,0054
Ce PPM	0,1133	0,0544	0,321	0,1451
Autoval	24,2289	9,1834	4,5537	1,8423
Prop.Cum	0,60864	0,8393	0,9537	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR5.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	-0,27828	0,8239	0,2948	0,26196
Fe ₂ O ₃ %	1,40634	-0,3964	0,1671	0,39094
MnO%	0,67528	-0,3906	0,493	0,27593
1068 cm ⁻¹	-4,68457	6,2585	-11,6213	-7,94429
P ₂ O ₅ %	1,7698	0,3259	1,4054	-0,65767
2672 cm ⁻¹	-0,96095	-18,0912	19,0532	-0,53416
2841 cm ⁻¹	20,7263	8,0595	-5,078	20,9918
a*D65	-0,53722	-0,262	0,6987	0,5546
2189 cm ⁻¹	-4,90087	5,6603	-10,2958	-3,56629
1968 cm ⁻¹	5,41868	-0,1996	4,5485	0,24108
2692 cm ⁻¹	-5,32713	0,0564	3,4934	1,13024
Co PPM	-0,87894	0,0115	-0,3119	-0,71471
Ce PPM	-0,16732	0,3016	-0,3228	-1,10633
b*D65	0,00552	0,6713	-1,3637	-0,57842
CaO %	-0,41221	0,1418	-1,2381	-0,12315
Nb PPM	-0,10538	0,4448	-1,067	0,86954
Sr PPM	0,29266	0,7956	-0,7609	1,10983
2833 cm ⁻¹	-7,61853	-7,0646	7,2103	-2,3417
962 cm ⁻¹	-0,56051	6,5466	-6,9779	-9,20698
887 cm ⁻¹	0,22463	0,1817	-0,4778	0,14899
L_D65	0,41463	0,3171	-0,3496	0,39175
591 cm ⁻¹	0,32172	0,3344	-0,0656	0,42616
870 cm-1	0,0011	0,0006	0,0031	0,0035
2840 cm ⁻¹	0,5321	0,0078	0,0049	0,0091
Autoval	24,8138	11,1774	3,549	1,45411
Prop.Cum	0,6053	0,878	0,9645	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR6.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	0,3774	-0,7277	0,43016	0,2079
Fe ₂ O ₃ %	-1,3972	-0,4669	-0,67643	-0,0837
MnO%	-0,6759	-0,3166	-0,46094	0,5289
2189 cm ⁻¹	7,2487	-1,6839	-5,02385	-6,3873
P ₂ O ₅ %	-1,096	-0,0935	1,05673	0,1422
1968 cm ⁻¹	-7,2616	-1,6106	4,23141	2,7155
Sr PPM	-0,3954	0,0756	1,32696	-1,0107
Co PPM	1,0482	0,4761	-0,10948	-0,5652
a*D65	0,5923	0,2189	0,37539	-0,5526
591 cm ⁻¹	-0,234	-0,2728	0,25991	-0,2249
2692 cm ⁻¹	6,8071	0,4499	-0,4878	1,9735
L_D65	-0,396	-0,1738	0,34283	-0,8252
887 cm ⁻¹	-0,5225	0,1096	0,63368	-0,7792
CaO %	0,837	0,286	-1,13755	0,0153
2841 cm ⁻¹	-15,0932	-11,1207	4,46476	-11,583
Ce PPM	0,1122	0,0326	0,2475	0,1451
b*D65	0,7811	-0,0514	0,4668	0,0012
Nb PPM	-0,10538	0,1118	0,0051	0,0032
2833 cm ⁻¹	3,7975	5,2685	0,68202	8,2977
962 cm ⁻¹	-0,56051	0,0213	0,0021	0,0441
1068 cm ⁻¹	6,6894	-4,0718	-9,33278	-5,0296
2840 cm ⁻¹	0,4121	0,0003	0,3331	0,007
2672 cm ⁻¹	-2,4359	12,4373	5,4779	10,2409
870 cm ⁻¹	-0,5072	0,2307	0,81124	-0,2136
Autoval	22,807	8,2153	4,54069	1,9682
Prop.Cum	0,6077	0,8266	0,94756	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR8.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	0,412	-0,93279	-0,1692	-0,07994
Fe ₂ O ₃ %	-1,5142	-0,06793	0,1033	-0,1655
MnO%	-0,7718	0,03399	-0,1806	-0,37516
1068 cm ⁻¹	5,0586	-5,43063	10,8123	0,88253
2672 cm ⁻¹	-1,8183	17,8883	-15,7113	-9,26262
P ₂ O ₅ %	-1,6555	-0,52857	-1,0698	-0,32046
2841 cm ⁻¹	-16,1997	-8,63467	-0,195	14,8806
a*D65	0,4625	0,51526	-0,9678	0,20744
Sr PPM	-0,1028	-0,13406	-0,2978	1,47396
CaO %	0,6263	-0,33438	1,5888	-0,04887
Nb PPM	0,3549	-0,46034	0,9332	0,72906
1968 cm ⁻¹	-6,2309	-1,80065	-3,2255	-1,89089
2692 cm ⁻¹	5,1188	1,11974	-3,4315	-1,03317
L_D65	-0,3633	-0,10778	-0,1094	0,75617
887 cm ⁻¹	-0,2207	-0,09283	0,1801	0,55307
2189 cm ⁻¹	5,9693	-3,49264	7,959	3,58129
2833 cm ⁻¹	5,2818	6,09532	-4,1557	-6,40636
Co PPM	0,8702	0,27762	0,2029	-0,08575
591 cm ⁻¹	-0,2618	-0,26206	-0,1524	0,40119
b*D65	0,1789	-0,46525	1,1046	0,51977
962 cm ⁻¹	1,4879	-6,44547	7,6336	-1,46426
Ce PPM	0,0011	0,3016	0,1456	0,0213
870 cm ⁻¹	0,0051	0,3214	0,4521	0,3214
2840 cm ⁻¹	0,1122	0,3561	0,5491	0,0065
Autoval	24,2752	9,76044	3,9687	2,65257
Prop.Cum	0,5971	0,83714	0,9348	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR9.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	0,4379	-0,8471	0,33438	0,27111
Fe ₂ O ₃ %	-1,5319	-0,1173	-0,03127	0,2165
MnO%	-0,9381	-0,1309	0,10024	0,88729
2841 cm ⁻¹	-13,9274	-18,818	-6,69665	-8,31011
2672 cm ⁻¹	-2,0503	19,8796	12,3975	3,88083
1068 cm ⁻¹	5,4058	-5,7093	-9,1177	-0,09426
P ₂ O ₅ %	-1,1244	0,153	1,14456	-0,16515
1968 cm ⁻¹	-6,6528	-0,0276	5,16846	1,15259
Co PPM	0,8524	0,4062	-0,15992	-0,09288
591 cm ⁻¹	-0,2178	-0,3347	0,11718	-0,45096
2692 cm ⁻¹	5,3122	1,1589	2,43447	0,6954
a*D65	0,4197	0,6582	0,87525	-0,51243
2189 cm ⁻¹	6,4277	-4,0248	-7,30852	-3,7833
2833 cm ⁻¹	4,7031	6,8925	3,25939	6,43945
b*D65	0,231	-0,7764	-1,18088	-0,16021
Sr PPM	-0,0857	-0,7426	-0,11943	-1,52759
887 cm ⁻¹	-0,2458	-0,1248	-0,12948	-0,61253
L_D65	-0,3427	-0,2492	0,01522	-0,78639
CaO %	0,6902	-0,5387	-1,56778	0,29762
Nb PPM	0,4415	-0,9848	-1,21433	-0,27342
Ce PPM	0,0031	0,3016	0,1256	0,0011
2840 cm ⁻¹	0,0041	0,3214	0,0356	0,2214
962 cm ⁻¹	-0,5072	0,1321	0,1454	-0,2136
870 cm ⁻¹	0,0063	0,5412	0,0056	0,0071
Autoval	23,5032	9,9474	4,58537	1,64941
Prop.Cum	0,5922	0,8429	0,95844	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR10.

	Radic1	Radic2	Radic3	Radic4
MgO %	-0,36695	0,48851	-0,65662	0,12244
Fe ₂ O ₃ %	1,72835	0,60922	0,52584	0,17745
MnO%	0,82009	0,53303	0,30677	0,62552
1068 cm ⁻¹	-6,21852	3,25002	6,38651	-3,08379
P ₂ O ₅ %	1,12141	-0,43656	-1,12649	0,36584
1968 cm ⁻¹	7,75964	-1,34135	-5,20637	4,57832
Sr PPM	0,22602	-0,61927	-1,00999	-1,29702
Co PPM	-0,91874	-0,45383	0,23012	0,01756
591 cm ⁻¹	0,25513	-0,04251	-0,32171	-0,13193
2692 cm ⁻¹	-5,62894	-0,22939	0,86282	4,55048
L_D65	0,50021	0,07618	-0,25346	-0,90693
887 cm ⁻¹	0,45684	-0,43337	-0,53542	-0,83566
CaO %	-1,00113	-0,16659	1,19486	0,09295
Nb PPM	-0,45602	-0,11663	0,17327	-0,87803
870 cm ⁻¹	0,33509	-0,51091	-0,69185	-0,46951
2841 cm ⁻¹	14,708	1,80356	-7,12433	-9,79297
2833 cm ⁻¹	-3,62107	-4,71918	0,62383	9,9223
2189 cm ⁻¹	-6,65551	1,88034	4,84966	-5,87594
b*D65	-0,63506	-0,08723	-0,02531	-0,85257
Ce PPM	0,1152	0,3621	0,0122	0,5492
a*D65	0,0062	0,5421	0,0056	0,0001
2840 cm ⁻¹	0,3256	0,0019	0,0054	0,0096
962 cm ⁻¹	0,0087	0,0094	0,0011	0,0078
2672 cm ⁻¹	0,0214	0,1919	0,1318	0,0561
Autoval	22,7749	7,40601	5,65146	2,28288
Prop.Cum	0,59753	0,79183	0,94011	1

Risultati dell'analisi discriminante eseguita considerando tutte le cave ed il reperto archeologico SIR11.