



REGIONE DEL VENETO



UNIVERSITÀ DEGLI
STUDI DI PADOVA



CITTA' DI
CASTELFRANCO VENETO

COMPLESSO VILLA REVEDIN BOLASCO-PICCINELLI A CASTELFRANCO VENETO (TV)
RESTAURO DEL PARCO E DEGLI ANNESSI

PROGETTO DEFINITIVO

FONDI DI FINANZIAMENTO:

Progetto "Giardini storici: una risorsa per lo sviluppo locale e la cooperazione interregionale" (cod. azione SMUPR 2A511)
nell'ambito del Programma Operativo Regionale (PRO) -Obiettivo "competitività regionale e occupazione",
parte CRO FESR 2007-2013, Linea di Intervento 5.1 "Cooperazione interregionale", Azione 5.1.1 "Cooperazione interregionale"

LOTTO 1: RESTAURO ELEMENTI LAPIDEI

PROGETTAZIONE

UNIVERSITA' DEGLI
STUDI DI PADOVA

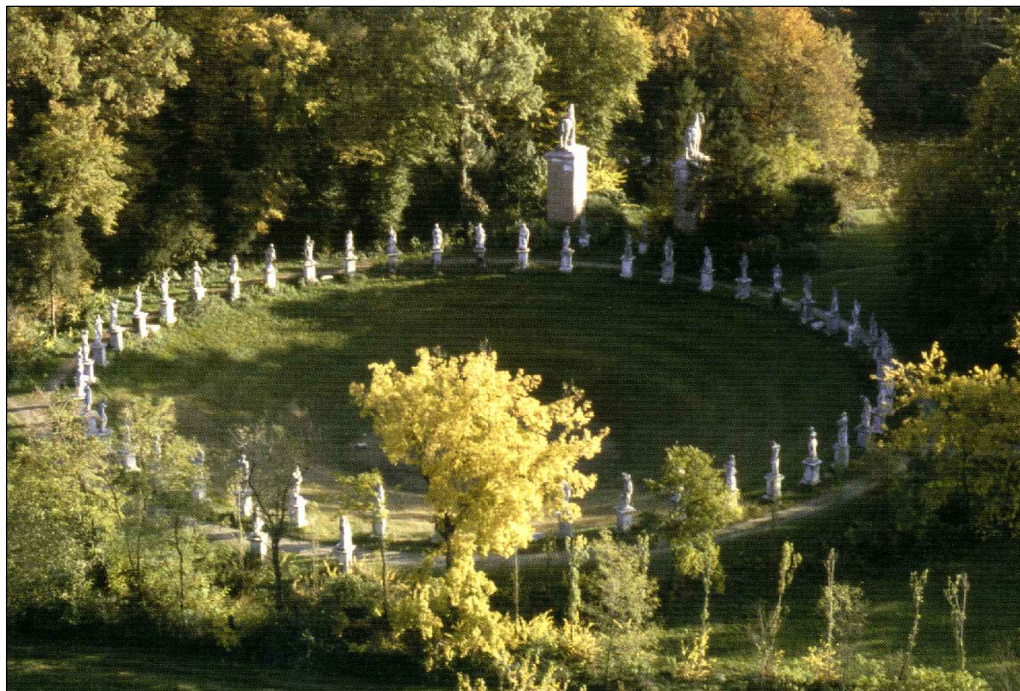
Gruppo di Progettazione:

AREA EDILIZIA
SERVIZIO PROGETTAZIONE
E SVILUPPO EDILIZIO

T.e.S.A.F.
DIPARTIMENTO TERRITORIO
E SISTEMI AGRO-FORESTALI

C.I.R.GEO
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
PER LA GEOMATICA

I.C.E.A.
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE EDILE E AMBIENTALE

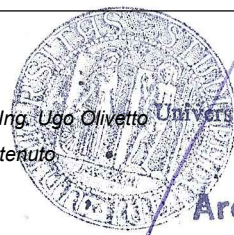


Responsabile del Procedimento: Servizio Progettazione e Sviluppo Edilizio - Arch. Enrico D'Este

Progetto architettonico: Servizio Progettazione e Sviluppo Edilizio - Arch. Enrico D'Este - Ing. Ugo Olivetto

Collaboratori alla progettazione: Servizio Progettazione e Sviluppo Edilizio - Geom. Maurizio Carotenuto

Indagini e rilievi: ARCADIA Ricerche s.r.l.



Università degli Studi di Padova

IL RETTORE

Arch. E. D'Este

OGGETTO DI INTERVENTO:	ANFITEATRO CAVALLERIZZA				
TITOLO ELABORATO:	STATO DI FATTO INDAGINI CHIMICO-FISICHE				
SVILUPPO GRAFICO ELABORATO	DATA ELABORATO		SCALA ELABORATO		CODICE ELABORATO
DISEGNATORI: -----	PRIMA EMISSIONE:	28/01/2013	SCALA PRINCIPALE:	1:100	LOTTO
-----	AGGIORNAMENTI: --/--/-----		ALTRE SCALE: -----		LIV. PROG.
					TIPO OPERA
					TIPO ELAB.
					N. PROGR.
CODICE EDIFICIO: 0550	NOME FILE: 1_DEF_RS_REL_01.1.PDF				



Statue della Cavallerizza

Giardino di Villa Bolasco

Castelfranco Veneto



*Indagini di laboratorio e prove in sito finalizzate alla
caratterizzazione dei materiali e del degrado,
e alla individuazione delle operazioni di restauro conservativo*

*Indagini di laboratorio e prove in sito finalizzate alla caratterizzazione dei materiali e degrado, e alla individuazione delle operazioni di restauro conservativo del complesso delle Statue della Cavallerizza
Nel giardino di Villa Bolasco a Castelfranco Veneto*

Venezia, 14 Ottobre 2011

Nell'ambito delle operazioni di restauro conservativo in progettazione per il complesso costituito dalle *Statue della Cavallerizza* inserite nel giardino di Villa Bolasco a Castelfranco Veneto. (TV), è stato intrapreso uno studio scientifico che consentisse la definizione dello stato di fatto dei manufatti che incorniciano il prestigioso anfiteatro.

La necessità di ottenere informazioni sui materiali lapidei naturali ed artificiali, sia in termini della loro caratterizzazione tecnologica, sia in relazione al relativo stato di conservazione e dei fenomeni alterativi più diffusi, ha suggerito di optare per una campagna analitica che prendesse in considerazione un numero limitato di sculture (consentendone una sufficiente conoscenza), piuttosto che suddividere le risorse a disposizione sull'intera Statuaria ed ottenere minime informazioni su ciascun manufatto, con risultati slegati tra loro, scarsamente confrontabili e, soprattutto, poco utili per la definizione delle operazioni cantieristiche.

A seguito di attenta ricognizione, e sulla scorta dei confronti con la D.L e con i tecnici restauratori, sono state pertanto prese in considerazione tre statue, sulle quali si sono operati campionamenti mirati al fine di una caratterizzazione di laboratorio, e che parallelamente sono state interessate a monitoraggi in sito mediante indagini ultrasoniche e magnetometriche.

Una seconda serie di sculture sono inoltre state interessate ad un numero di campionamenti ridotto, effettuati sia al fine della comprensione di specifici quesiti sorti dopo le osservazioni delle diverse superfici, sia allo scopo di confermare gli aspetti generali scaturiti dalle fasi analitiche riguardanti i tre manufatti principali presi in considerazione.



Localizzazione campionamenti

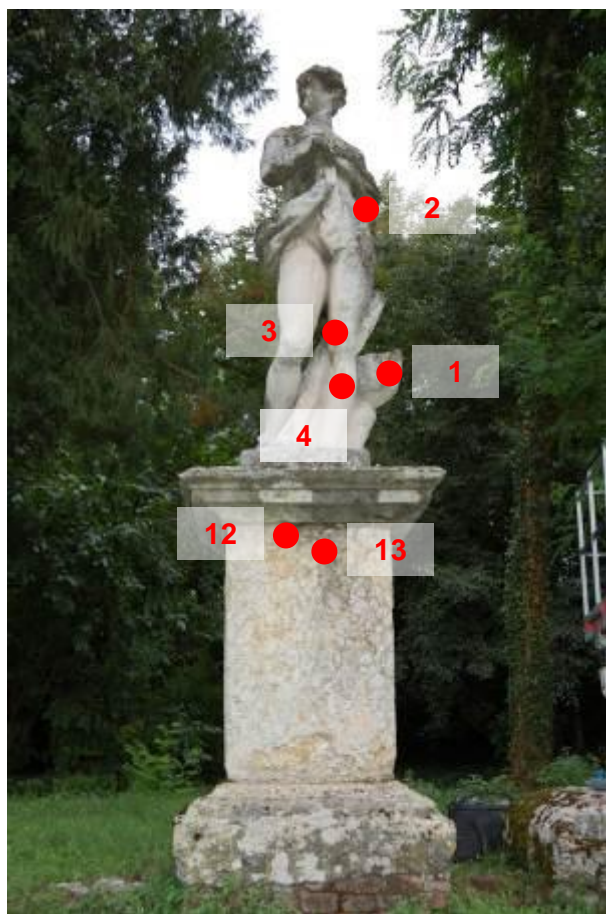


Manufatti scultorei sottoposti a campagna analitica

Le Statue 1, 2 e 3 rappresentano i manufatti sui quali si è concentrata la fase di studio più approfondita, mentre quelle denominate 4, 5 e 6 costituiscono gli elementi scultorei interessati da un minor numero di prelievi e da una fase di sostanziale approfondimento e conferma.







Statua 1 - GIUNONE




Statua 1 – GIUNONE**Campionamenti**

Le operazioni di prelievo hanno interessato prevalentemente le superfici anteriori della statua, ed, in misura minore anche il basamento del manufatto.



STATUA 1: GIUNONE		
Campione	Descrizione	Visualizzazione Area di prelievo
1	Frammento lapideo prelevato dall'elemento dietro la gamba sinistra.	
2	Frammento lapideo con patina superficiale prelevato dal drappo attorno al braccio sinistro.	
3	Frammento lapideo con patina superficiale prelevato in prossimità del ginocchio sinistro.	
4	Frammento di impasto di rifacimento prelevato dalla parte inferiore della gamba sinistra.	



12	Frammento della malta di stilatura prelevata tra gli elementi lapidei del basamento.	
13	Frammento lapideo prelevato dal plinto del basamento.	
14	Frammento della malta di sigillatura prelevata dal fianco sinistro del basamento.	
C1	Area sul plinto (prospetto posteriore) dove sono state realizzate le misure di conducibilità per la determinazione del tenore salino	



Campione 1

Il campione è costituito da un frammento lapideo prelevato dall'elemento dietro la gamba sinistra.



Campione 1. Visualizzazione punto di prelievo

Il campione è stato sottoposto a caratterizzazione mineralogico-petrografica in sezione sottile e a determinazione porosimetrica.

Le osservazioni microscopiche indicano che si tratta di una pietra a natura esclusivamente carbonatica, con una significativa presenza di fossili planctonici. Dal punto di vista petrografico è classificabile come Biocalcarenite fine.

La porosità raggiunge valori medio-elevati, prossimi al 24 % e indicativi di processi di alterazione piuttosto significativi. La distribuzione dei pori in funzione del loro raggio vede la netta prevalenza delle cavità a raggio compreso tra 4 e 10 μm .



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 1****Descrizione macroscopica**

Frammento di pietra carbonatica di colore beige a grana fine.

Descrizione microscopica in sezione sottile

Composizione mineralogica, porosità e tessitura

Si tratta di un lapideo naturale a grana fine composto da grumi tondeggianti, più o meno fini, di matrice finissima calcitica e da cemento calcareo sparitico.

Il materiale terrigeno silicatico è assente e il lapideo non risulta dolomitizzato. Sono presenti numerosi microfossili riconducibili a alghe, miliolidi, briozoi, rari gusci di lamellibranchi e una fine dispersione di ossidi di Ferro di tipo limonitico responsabili della tonalità cromatica della pietra.

La porosità osservabile al microscopio è elevata ed è rappresentata da cavità irregolari sia primarie che secondarie (azione dell'acqua e/o di composti salini).

Il lapideo manifesta una tessitura micritico-grumosa, cemento-sostenuta.

Parametri tessiturali	Componenti	Analisi modale
<i>Granuli allochimici</i>	Foraminiferi planctonici	46%
<i>Matrice</i>	Micrite finissima di natura calcarea	27%
<i>Cemento</i>	Calcite sparitica	14%
<i>Porosità</i>	Vacuità irregolari primarie e rare fessurazioni secondarie	13%

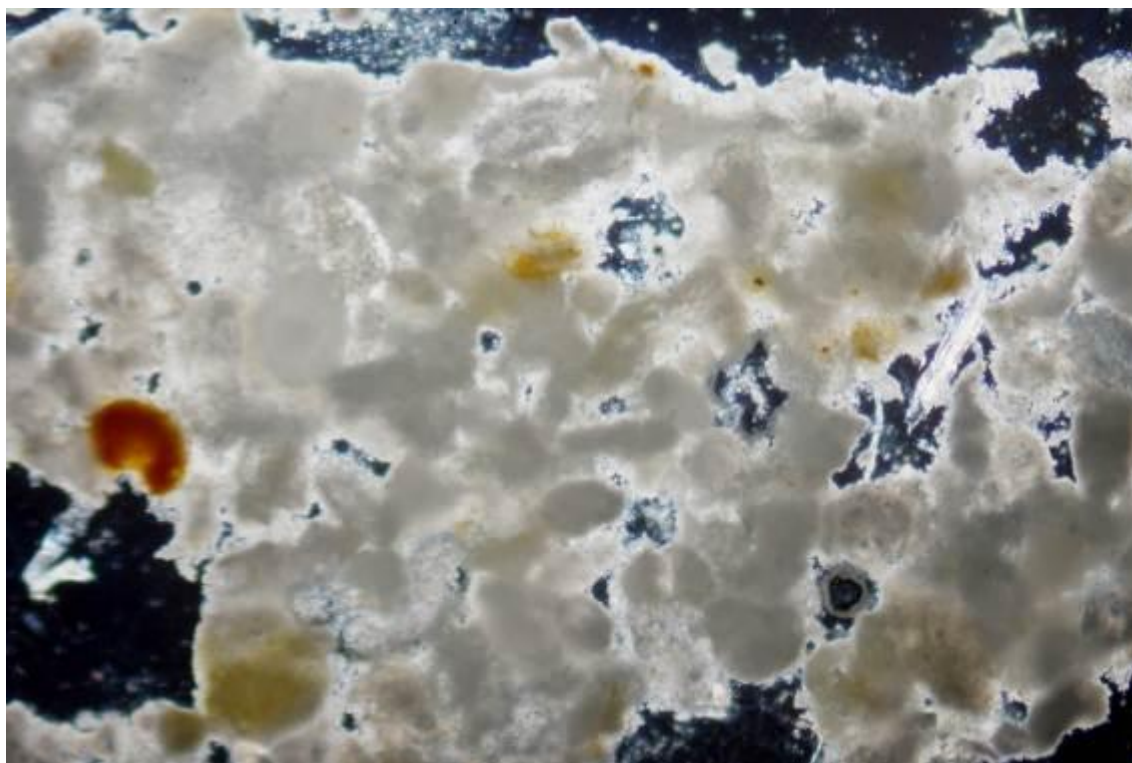
Classificazione

Si tratta di una roccia carbonatica classificabile come Biocalcarenite fine.

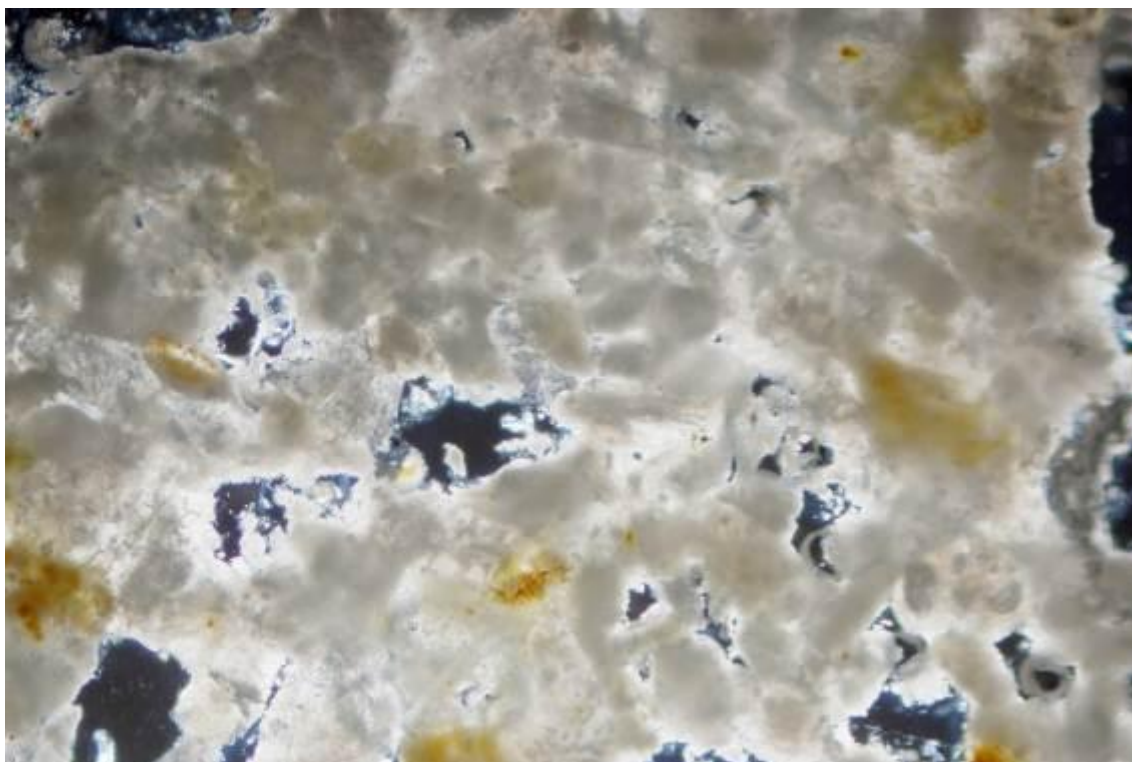
Geologica Folk (1959): **Biosparite**
 Dunham (1962) **Grainstone**

Petrografica: **Biocalcarenite fine**





Campione 1. – *Roccia carbonatica classificabile come biocalcarene fine.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.*



Campione 1. – *Ulteriore particolare del medesimo prelievo ripreso in un'altra porzione della
sezione. Sezione sottile, luce trasmessa, 200 X, N+.*



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
----------------	---------------------	-----------------------------------

20,00	19,67	2,20
12,00	12,01	5,20
10,00	9,98	8,50
9,00	9,06	13,10
8,00	8,13	18,20
5,00	5,06	46,80
4,50	4,57	51,60
4,00	4,06	56,20
3,00	3,06	62,70
2,50	2,55	68,10
2,00	2,03	74,20
1,60	1,61	80,30
1,10	1,11	88,80
1,00	1,02	90,40
0,90	0,92	92,50
0,82	0,82	94,60
0,80	0,78	95,40
0,75	0,76	96,00
0,70	0,71	97,30
0,62	0,62	99,60
0,60	0,61	99,90
0,55	0,56	101,50
0,50	0,51	103,10
0,40	0,41	107,00
0,38	0,39	107,70
0,30	0,31	111,80
0,22	0,22	117,80
0,20	0,20	120,00
0,18	0,18	122,00
0,11	0,11	125,60
0,10	0,11	125,70
0,08	0,08	125,80
0,06	0,06	125,90
0,04	0,04	126,10
0,02	0,02	126,60
0,01	0,01	127,80
0,006	0,006	129,20

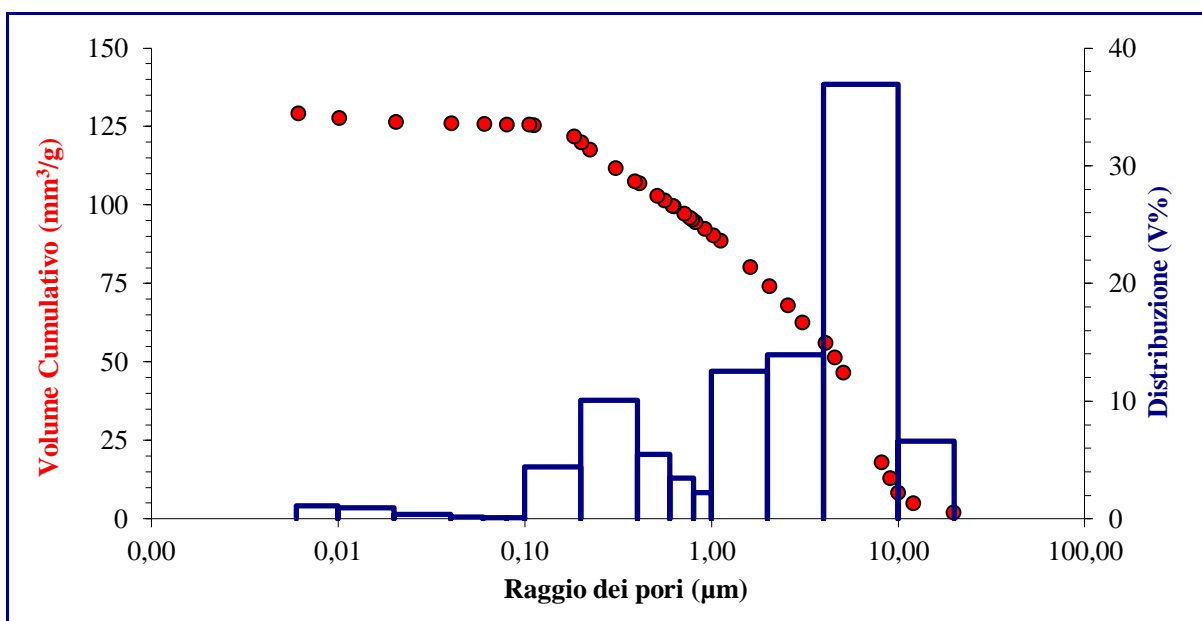
Determinazione porosimetrica

Campione 1

Bulk density (g/cm³): 1,85

Porosità aperta totale stimata (%): 23,9

Volume cumulativo totale (mm³/g): 129,2



Campione 2

Il campione è costituito da un frammento lapideo con patina superficiale -in via di sollevamento- prelevato dal drappo attorno al braccio sinistro.



Campione 2. Visualizzazione punto di prelievo

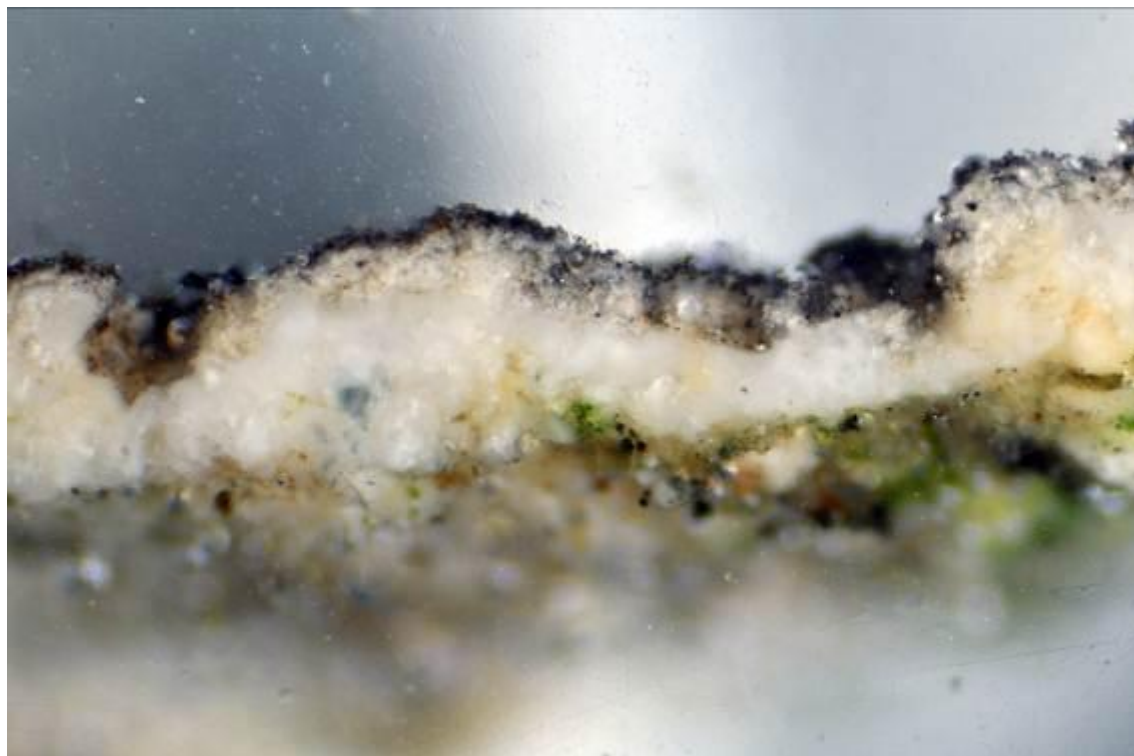
Il prelievo è stato caratterizzato innanzitutto mediante osservazioni in sezione lucida trasversale, sia in microscopia ottica che in microscopia elettronica a scansione.

Le fotomicrografie stratigrafiche indicano la presenza di una crosta esterna, occasionalmente anche piuttosto spessa, (fino a 250 μm) costituita nella porzione più esterna e superficiale da particellato di deposizione (globuli carboniosi, fini frazioni silicatiche), mentre la componente più interna è rappresentata essenzialmente da solfato di Calcio idrato (gesso).

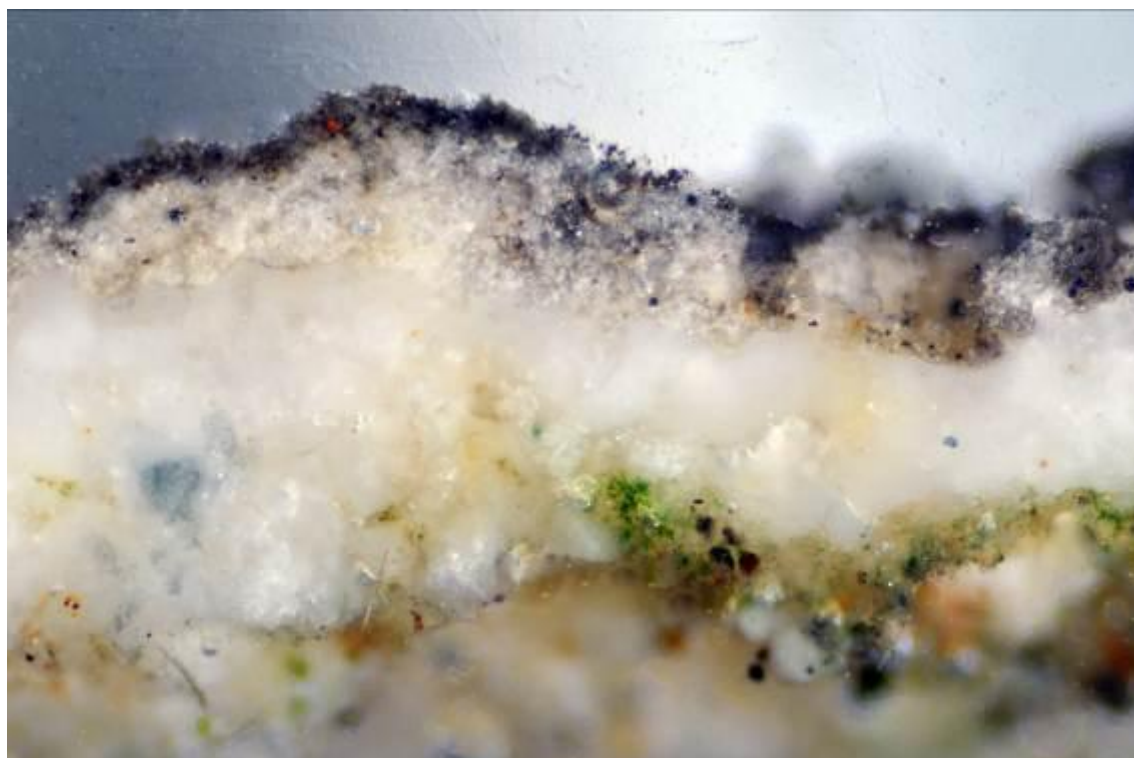
In corrispondenza dell'interfaccia tra matrice lapidea e crosta solfatica si individua un sottile strato, chimicamente costituito da sali di Piombo, che quindi lo fanno identificare come una stesura "intenzionale", applicata con finalità di preparazione o di finitura stessa.

Nella frazione interna si individuano inoltre tracce di biodeteriogeni (per lo più alghe) ad evidenziare come tali fattori di degrado non interessino esclusivamente le porzioni superficiali.



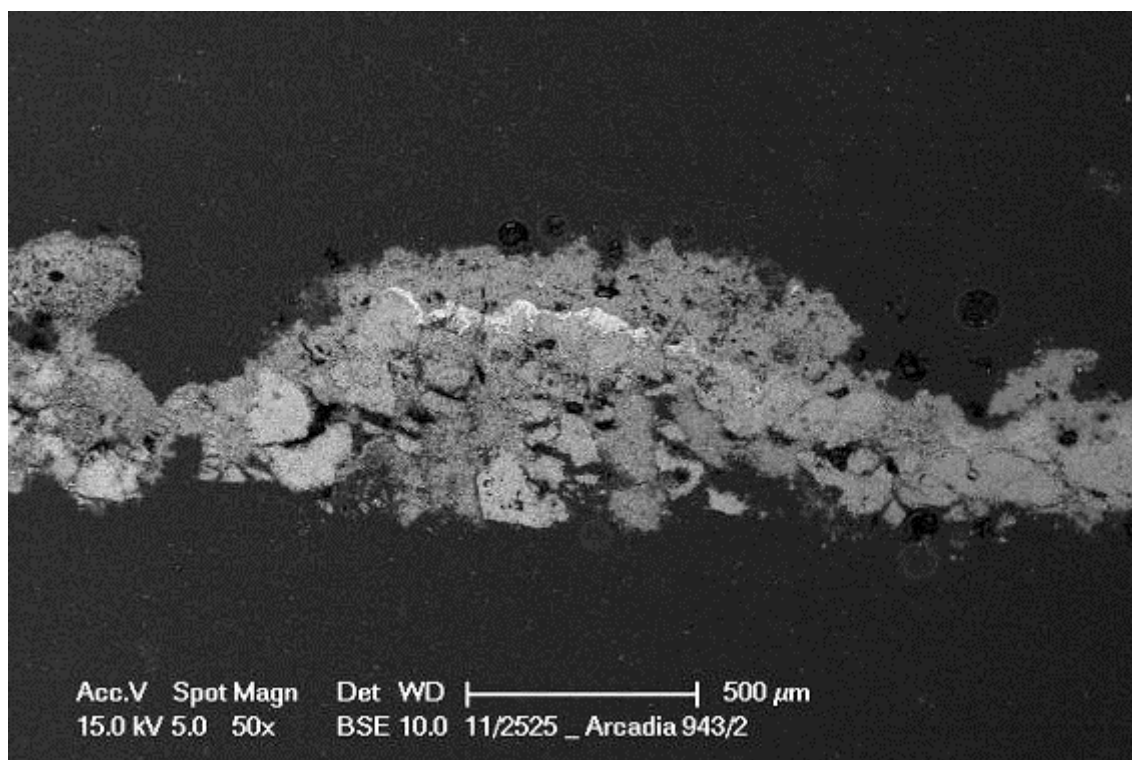


Campione 2. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 40.

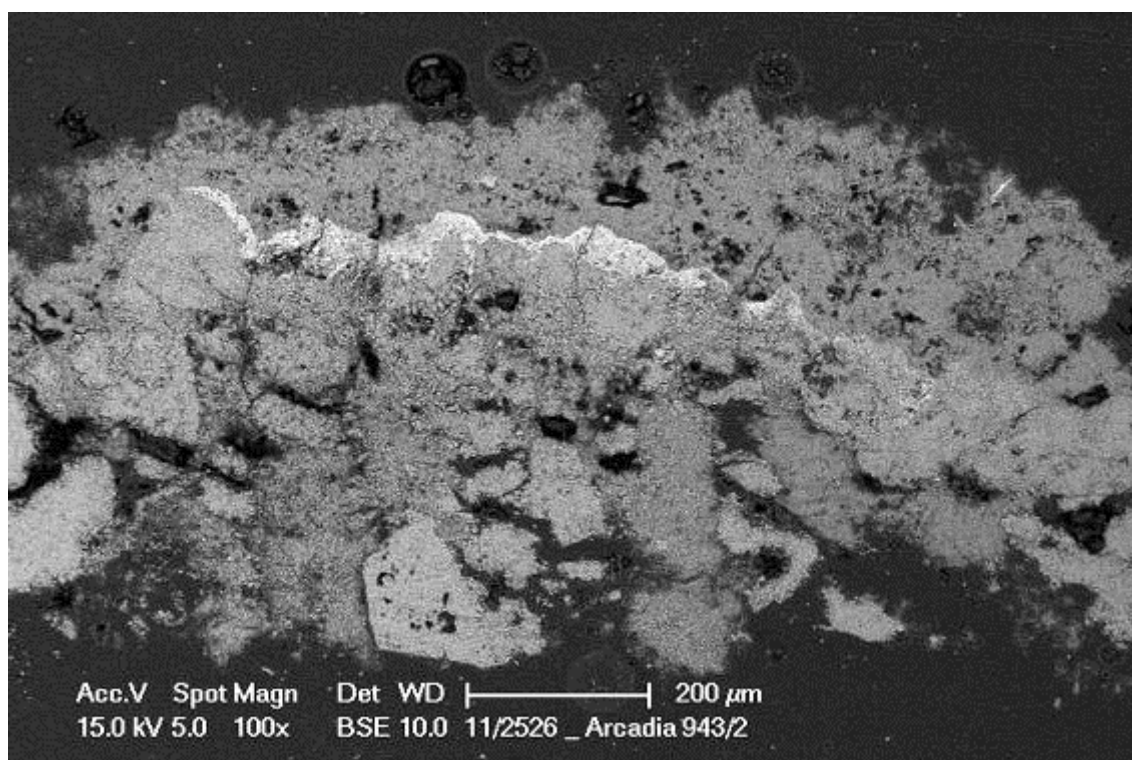


Campione 2. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 80.



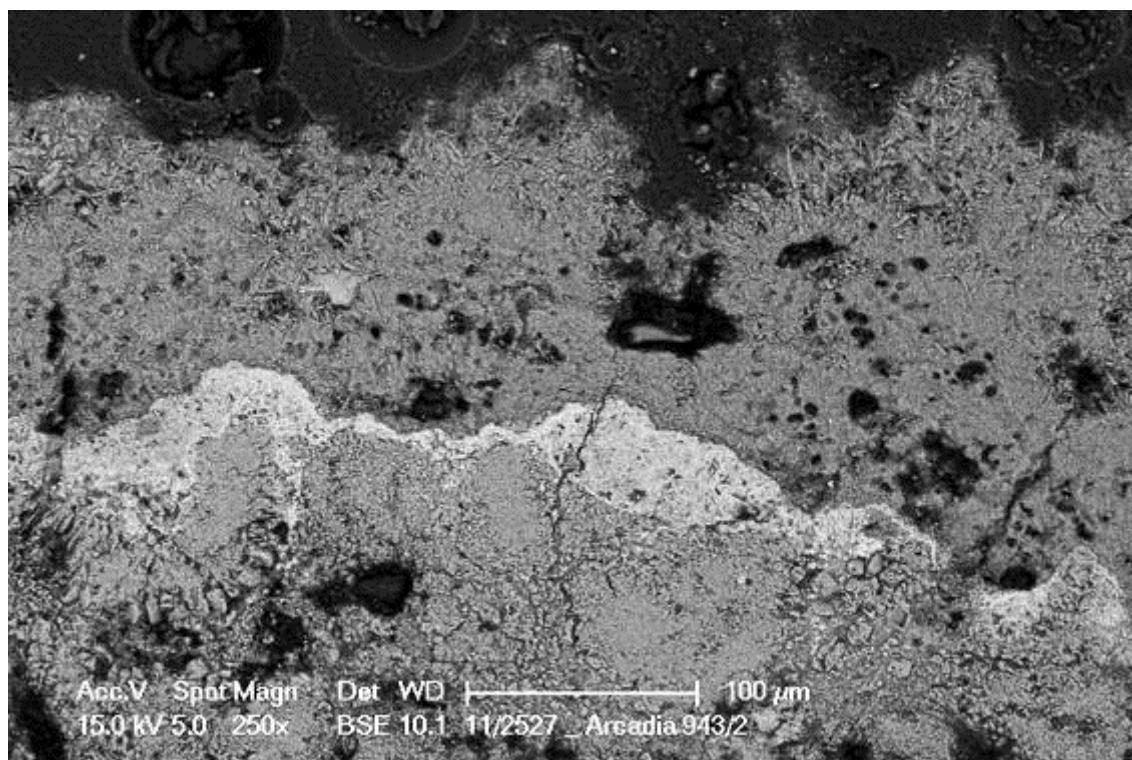


*Campione 2. Immagini al SEM a bassi ingrandimenti della sezione stratigrafica.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 50.*

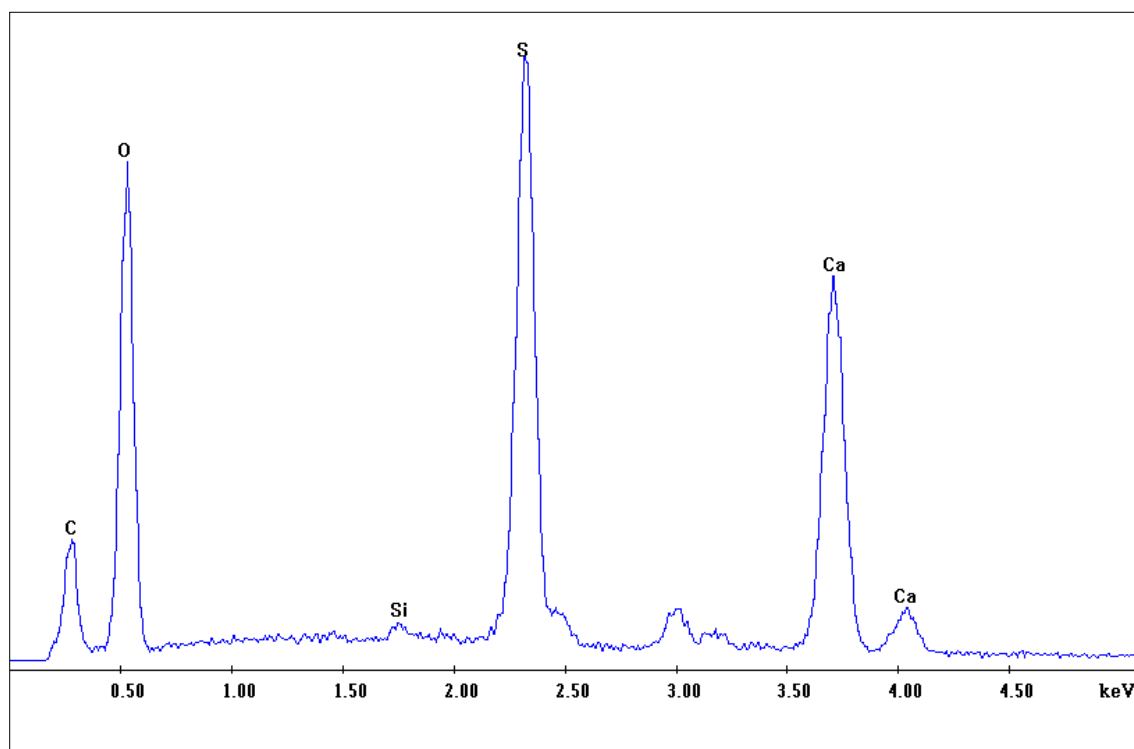


*Campione 2. Immagini al SEM della sezione stratigrafica. Appare evidente lo strato di biacca
caratterizzato da modesto spessore ($\sim 20 \mu$ m) tra la pietra e la crosta solfatica.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 100.*



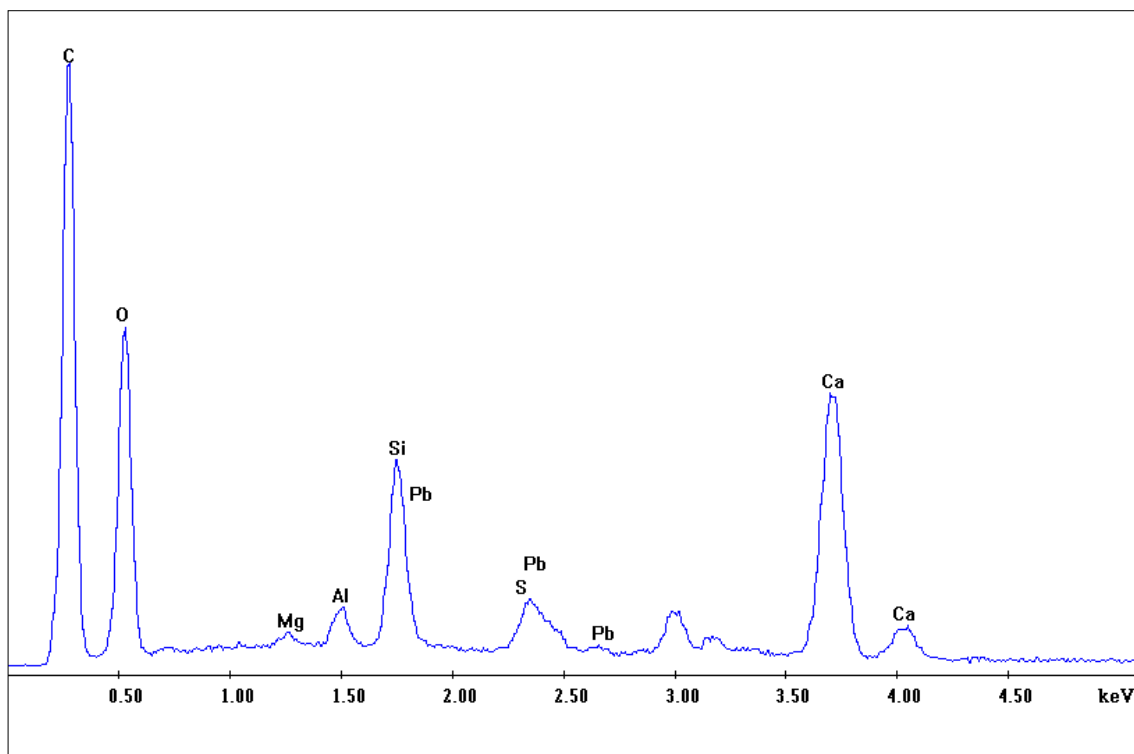


Campione 2. Particolare al SEM della sezione in corrispondenza della porzione stratigrafica superficiale. Si nota l'elevato peso atomico medio dello strato a base di carbonato basico di Piombo (biacca). Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 250.



Campione 2. Microanalisi EDS della crosta solfatica (gesso).



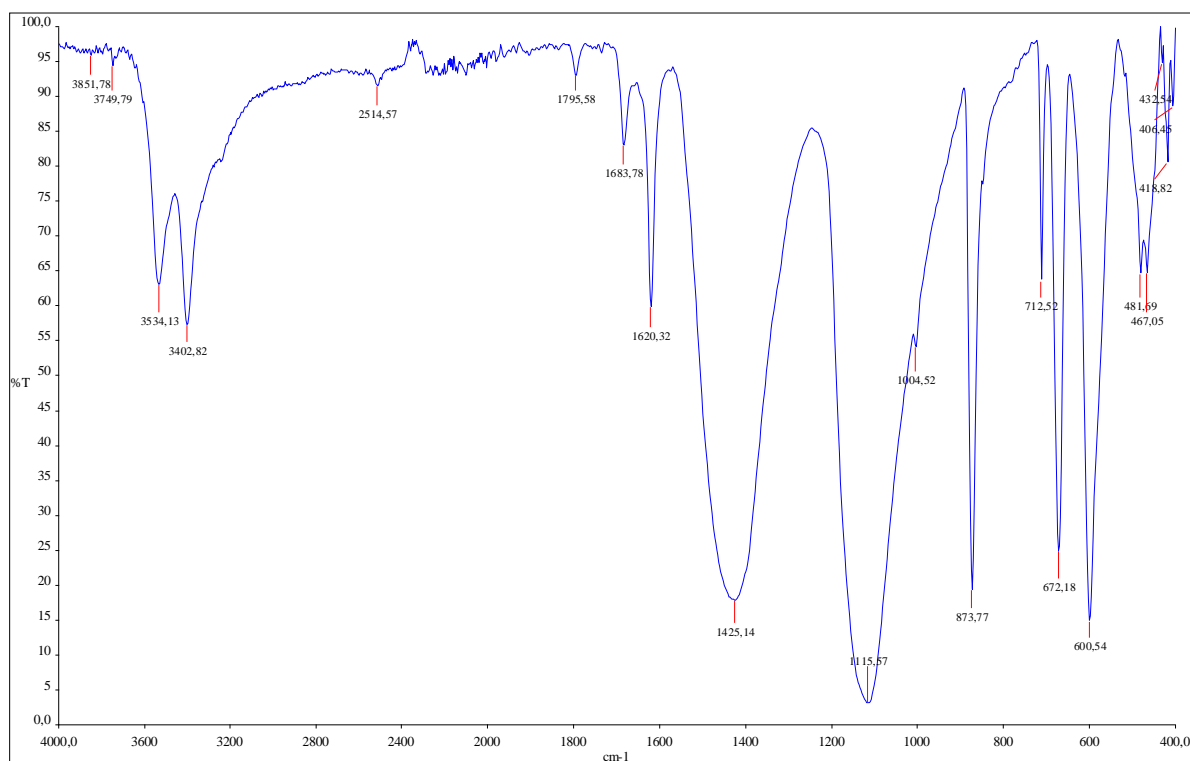


Campione 2. Microanalisi EDS del sottile strato costituito da biacca.

La spettrofotometria infrarossa restituita a pagina seguente e relativa alla crosta ne conferma la natura prettamente solfatica, per la presenza preponderante di gesso.

Non sono invece presenti segnali attribuibili ad ossalato di Calcio o a specie organiche imputabili a vecchi trattamenti ipotizzati all'atto del campionamento per l'apparente presenza di patina superficiale.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 2**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+	+++	-	+	-	-	-	-	-

Risultati. Nel prelievo si rilevano prevalentemente da solfato di Calcio biidrato (gesso) cui si associano percentuali nettamente subordinate di calcite e poche frazioni silicatiche (non argillose).



Campione 3

Il campione è costituito da un frammento lapideo con patina superficiale prelevato in prossimità del ginocchio sinistro.

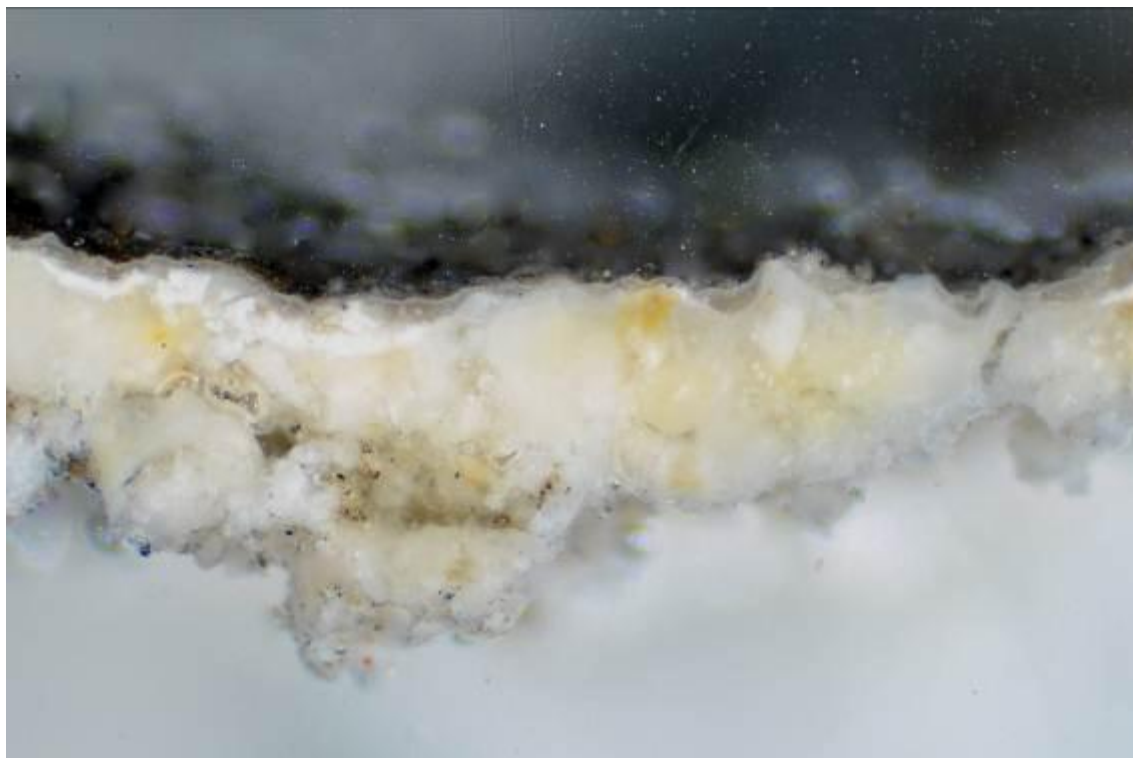


Campione 3. Visualizzazione punto di prelievo

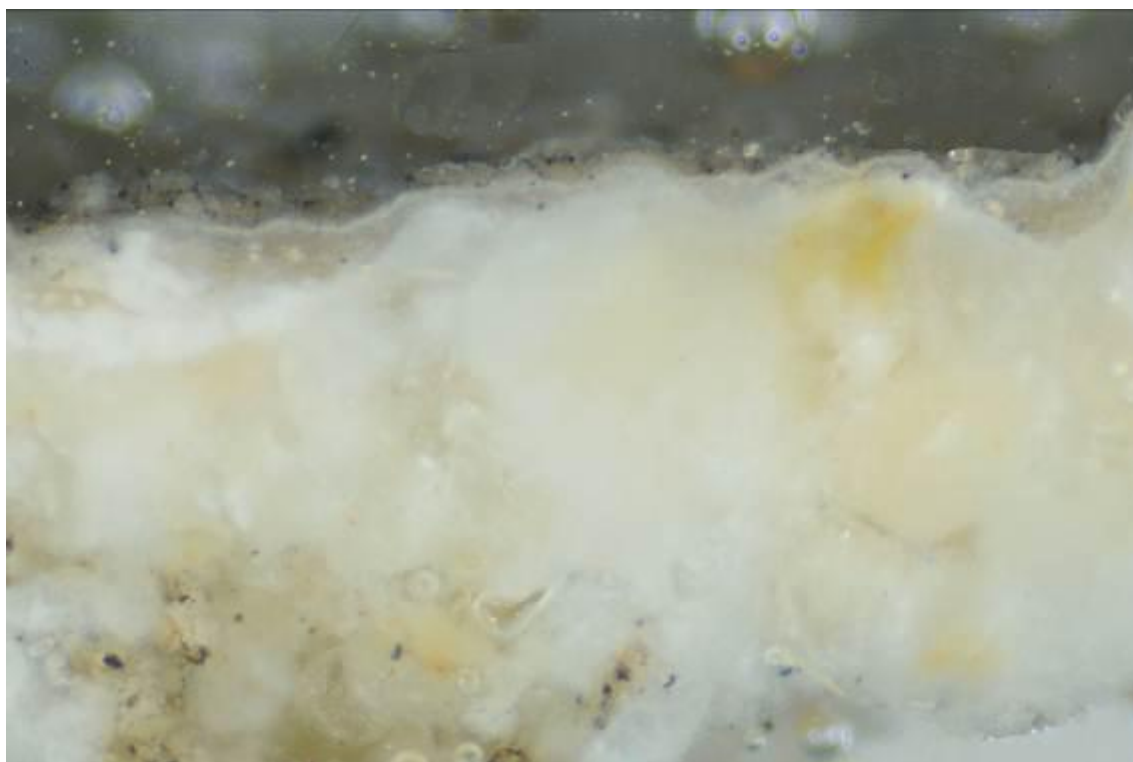
Il frammento di materiale lapideo naturale presenta una certa solfatazione superficiale, documentata sia in microanalisi EDS che in spettrofotometria infrarossa.

La sezione stratigrafica evidenzia una matrice lapidea nel complesso compatta al di sotto dei 300 μm più esterni, mentre in corrispondenza delle porzioni più superficiali risulta presente il succitato strato a gesso e una sottile stesura a biacca spessa da pochi μm fino ad un massimo di 100 μm .



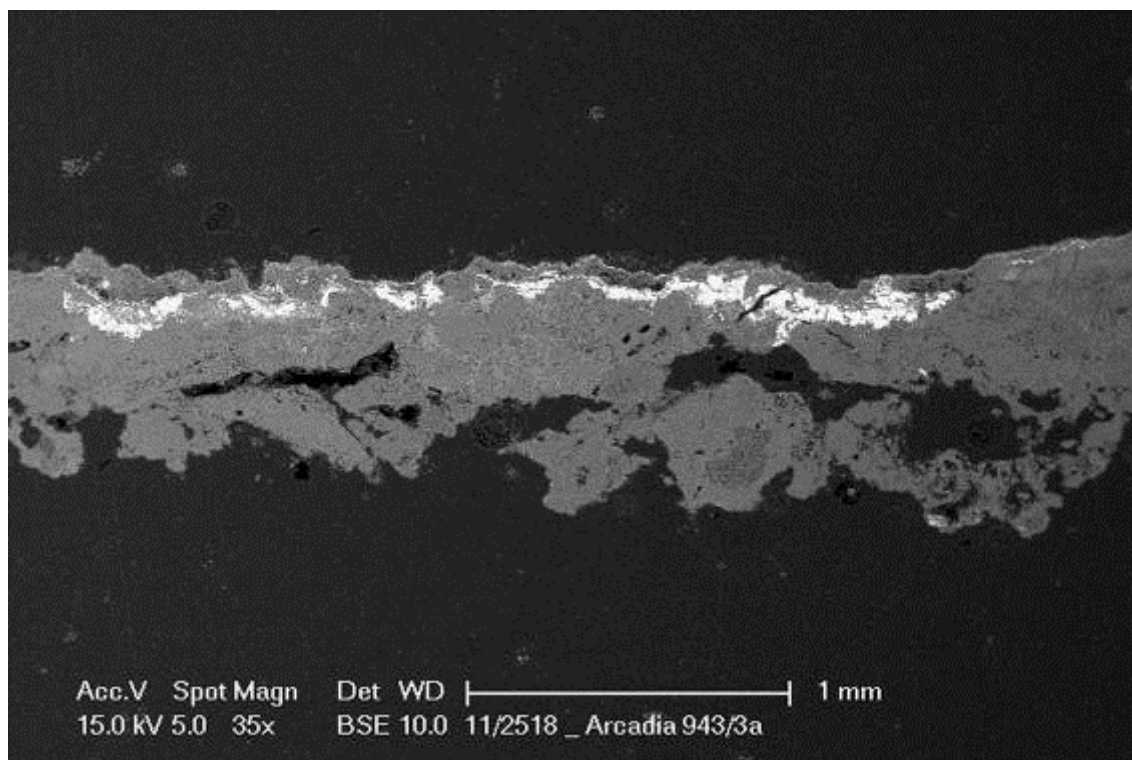


Campione 3. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 40.

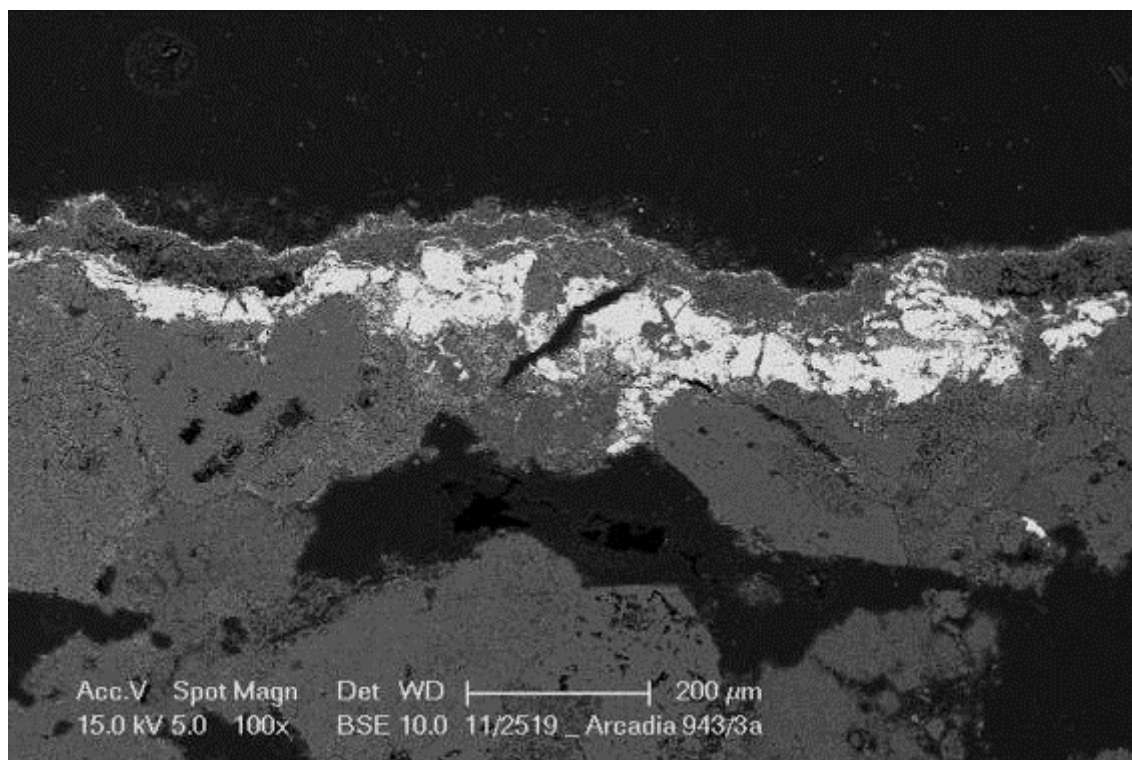


Campione 3. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 80.



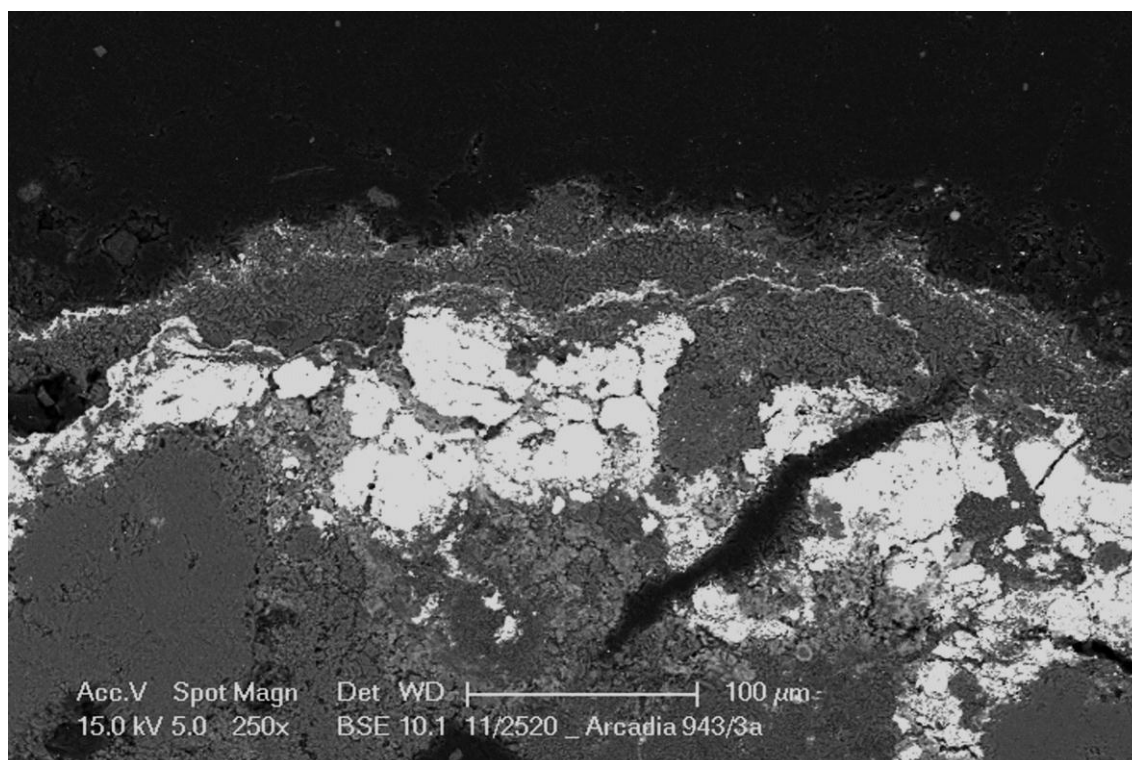


*Campione 3. Immagini al SEM a bassi ingrandimenti della sezione stratigrafica.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 35.*

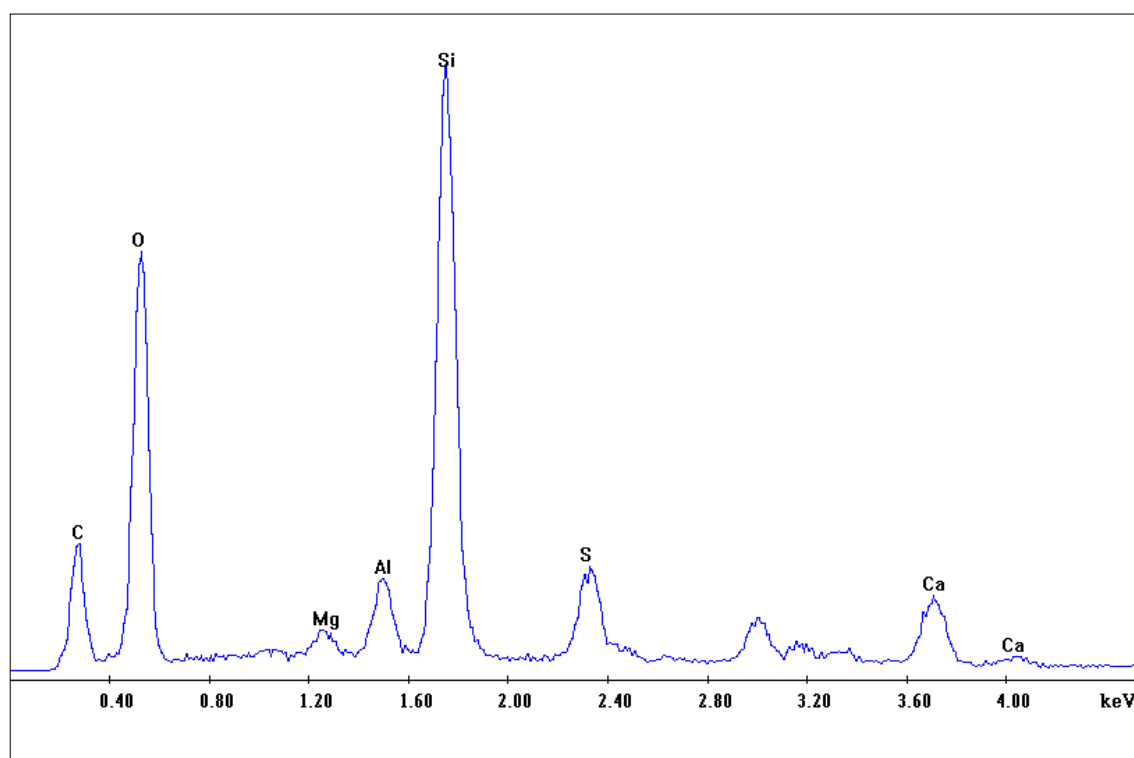


*Campione 3. Immagini al SEM della sezione stratigrafica in corrispondenza della porzione più esterna. Si nota lo strato pesante a biacca, al di sotto della crosta solfatica. A livelli stratigrafici più esterni si individuano inoltre sottilissime riprese della medesima applicazione a biacca.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 100.*



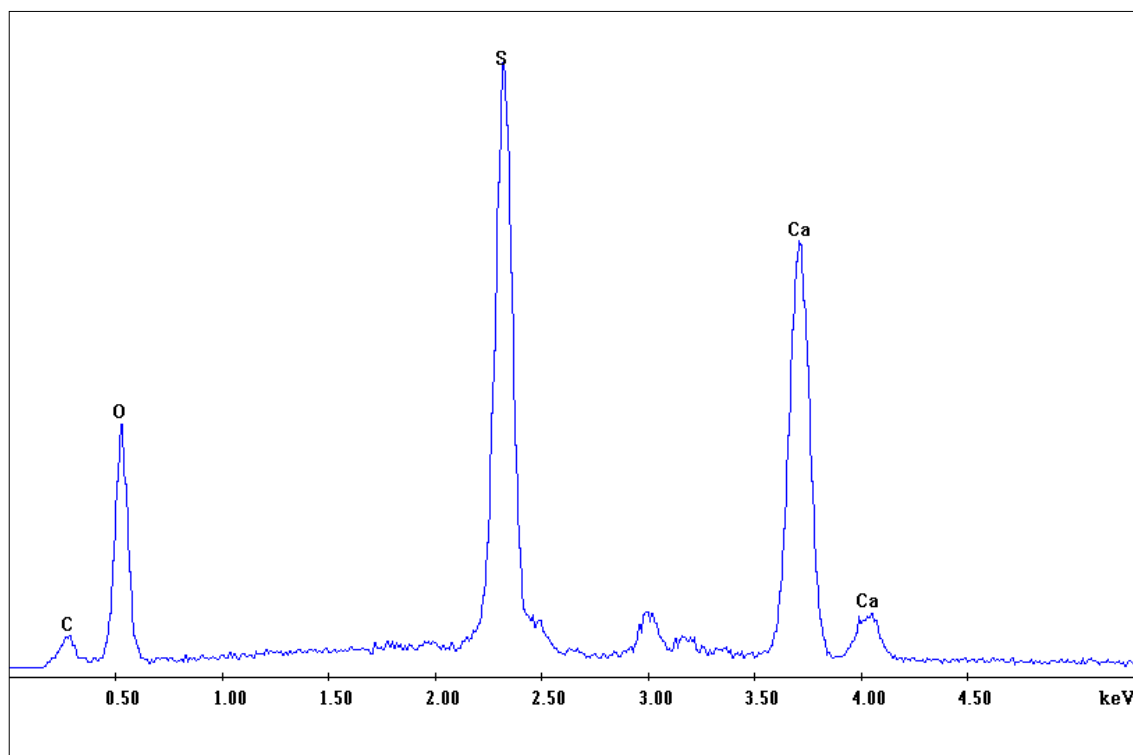


Campione 3. Particolare al SEM dello strato a biacca al di sotto della crosta solfatica. Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 250.

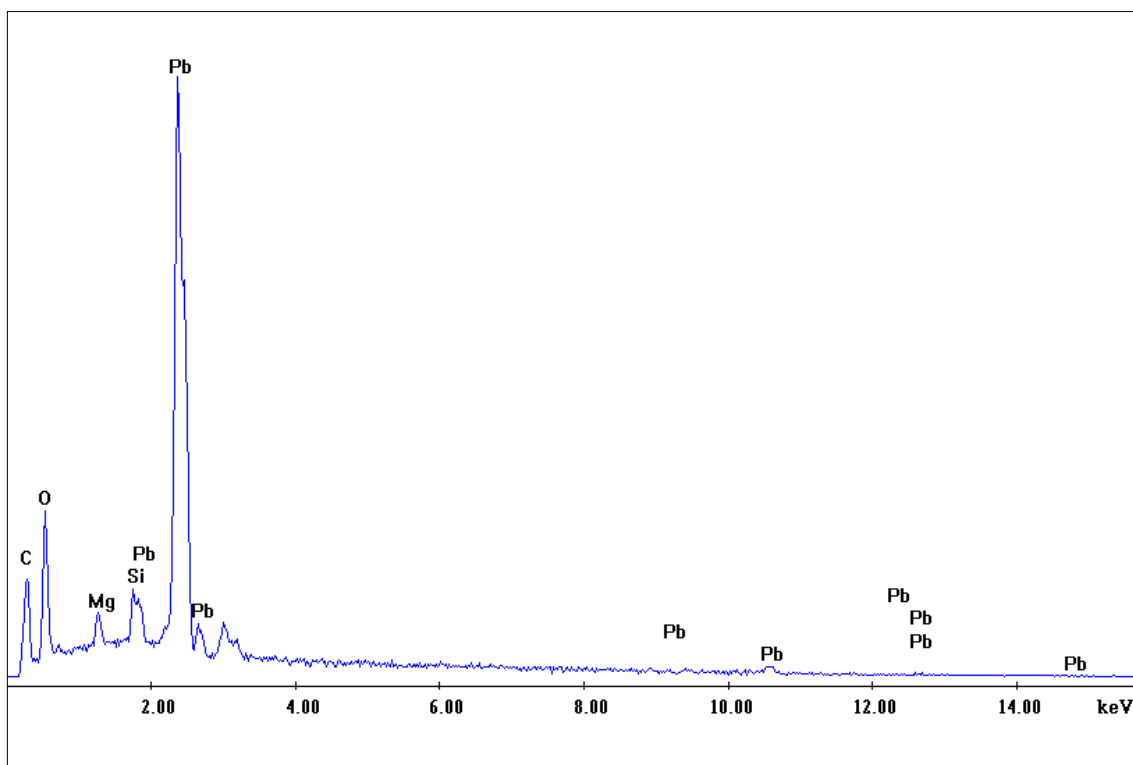


Campione 3. Microanalisi EDS dello strato più esterno, costituito essenzialmente da particellato di deposizione superficiale.



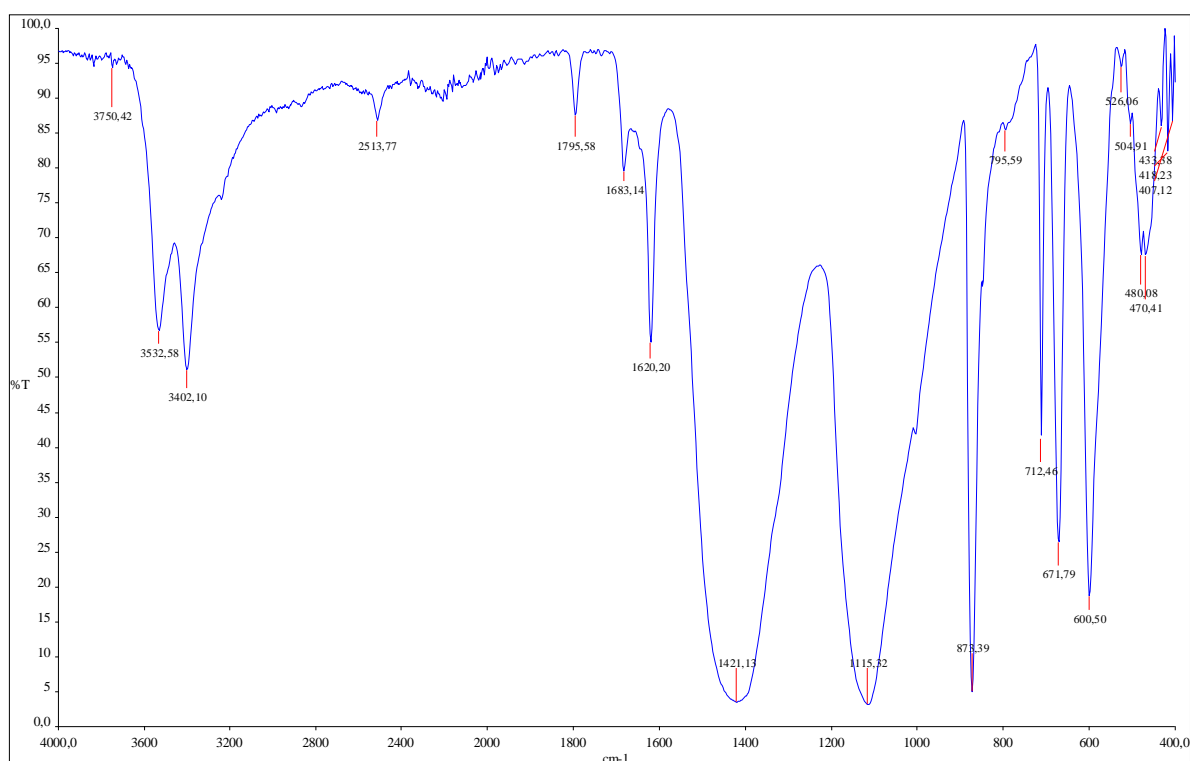


Campione 3. Microanalisi EDS della crosta solfatica costituita essenzialmente da gesso.



Campione 3. Microanalisi EDS dello strato a biacca al di sopra della matrice lapidea.



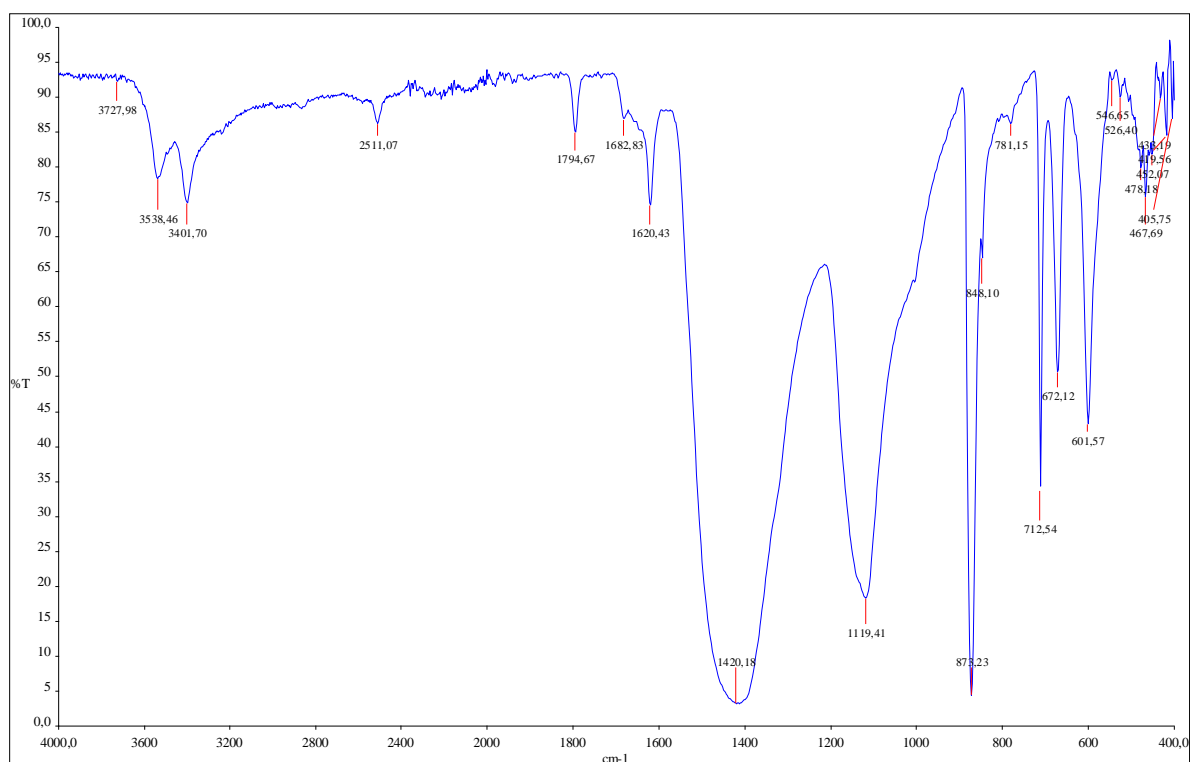
Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 3, frazione più esterna**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
++	+++	tr	+	-	-	-	-	-

Risultati. Nella frazione più esterna del prelievo sono presenti solfato di Calcio biidrato (gesso) e calcite, con prevalenza del gesso.

In percentuali nettamente inferiori si sono accertati contributi di specie silicatiche, raramente anche quarzose.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 3, frazione ~ 0,5 mm di profondità**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
++	+++	tr	+	-	-	-	-	-

Risultati. A circa 0,5 mm di profondità (al di sotto quindi dello strato a biacca) il campione risulta costituito principalmente da solfato di Calcio biidrato (gesso) e calcite, con leggera prevalenza del gesso. In percentuali nettamente inferiori si sono accertati contributi di specie silicatiche, raramente anche quarzose.



Campione 4

Il campione è costituito da un frammento di impasto di rifacimento prelevato dalla parte inferiore della gamba sinistra.



Campione 4. Visualizzazione punto di prelievo

Il materiale lapideo artificiale è stato caratterizzato mediante osservazioni in sezione sottile (scheda alla pagina seguente). L'indagine ha consentito di documentare la posa in opera di un impasto a matrice legante mista (calce aerea e poco cemento), caricata con sabbia a granulometria assai fine e a natura mineralogica prevalentemente carbonatica, ma con apprezzabili apporti anche di frazioni quarzoso-silicatiche.

Le spettrofotometrie infrarosse, realizzate tanto sulla porzione più superficiale quanto nel bulk interno, hanno sottolineato la sostanziale assenza di solfatazione delle matrici carbonatiche.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 4****Descrizione preliminare**

Impasto di colore grigio chiaro, mediamente tenace e coesivo, a granulometria arenacea-siltosa.

Analisi microscopica petrografica in sezione sottile

Gli aggregati sono rappresentati da frazione inerte costituita da:

- 64 %: polvere di rocce carbonatiche quali calcari micritici e sparitici, calcite policristallina;
- 36 %: frammenti di quarzo mono e policristallino.

Tipo di aggregato: sabbia finissima (silt) di frantoio di natura sia carbonatica che quarzosa.

Aggregato

<i>Granulometria</i>	Arenaceo molto fine (0.125-0,062 mm) – siltoso grossolano (0,062-0,032 mm).
<i>Granulometria prevalente</i>	Siltoso grossolano (0,062-0,032 mm).
<i>Classazione</i>	Ben classato.
<i>Forma</i>	Sfericità medio-elevata / frammenti spigolosi.
<i>Morfologia sup..</i>	Liscia.
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea.
<i>Addensamento</i>	Stima rapporto clasti-matrice: basso (25%).

Granulometria

<i>Distribuzione granulometrica</i>		
<i>Classe granulometrica</i>	<i>mm</i>	<i>%</i>
Microconglomeratica	4-2	
Arenacea molto grossolana	2-1	-
Arenacea grossolana	1-0.5	-
Arenacea media	0.5-0.25	-
Arenacea fine	0.25-0.125	-
Arenacea molto fine	0.125-0.062	30
Siltosa	< 0.062	70



Matrice

Struttura	Eterogenea con qualche fine calcinarolo e rari aggregati di belite e celite.
Tessitura	Massa di fondo da colloforme a sparitica.
Rapporti clasti/matrice	Non rilevati.
Composizione	Calce aerea carbonatata e poco cemento.

Porosità

Percentuale dei pori	Bassa (16 %).
Origine della porosità	Sia primaria che secondaria.
Forma dei pori	Bollosità e vacuità irregolari da legante, con qualche rara microfessura.

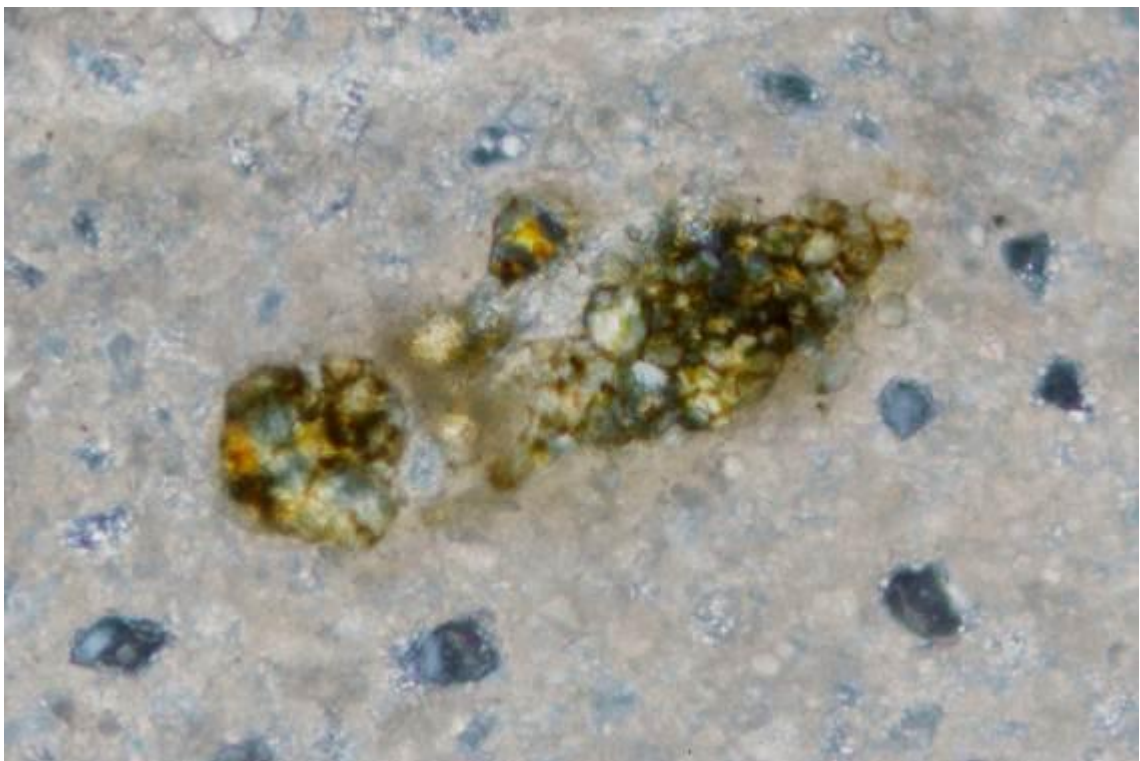
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	<p>Impasto di colore grigio chiaro ottenuto dalla mescola di calce aere, poco cemento e sabbia finissima di frantoio sia carbonatica che quarzosa costituita da frammenti carbonatici e quarzo. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 0,12 mm e 0,04 mm, con prevalenza della frazione siltoso grossolana.</p> <p>La stima visiva dell'addensamento suggerisce un rapporto legante/inerte di circa 1/1.</p> <p>L'impasto evidenzia una bassa porosità sia primaria che secondaria e nel complesso si presenta sufficientemente conservato.</p>
------------------------	--



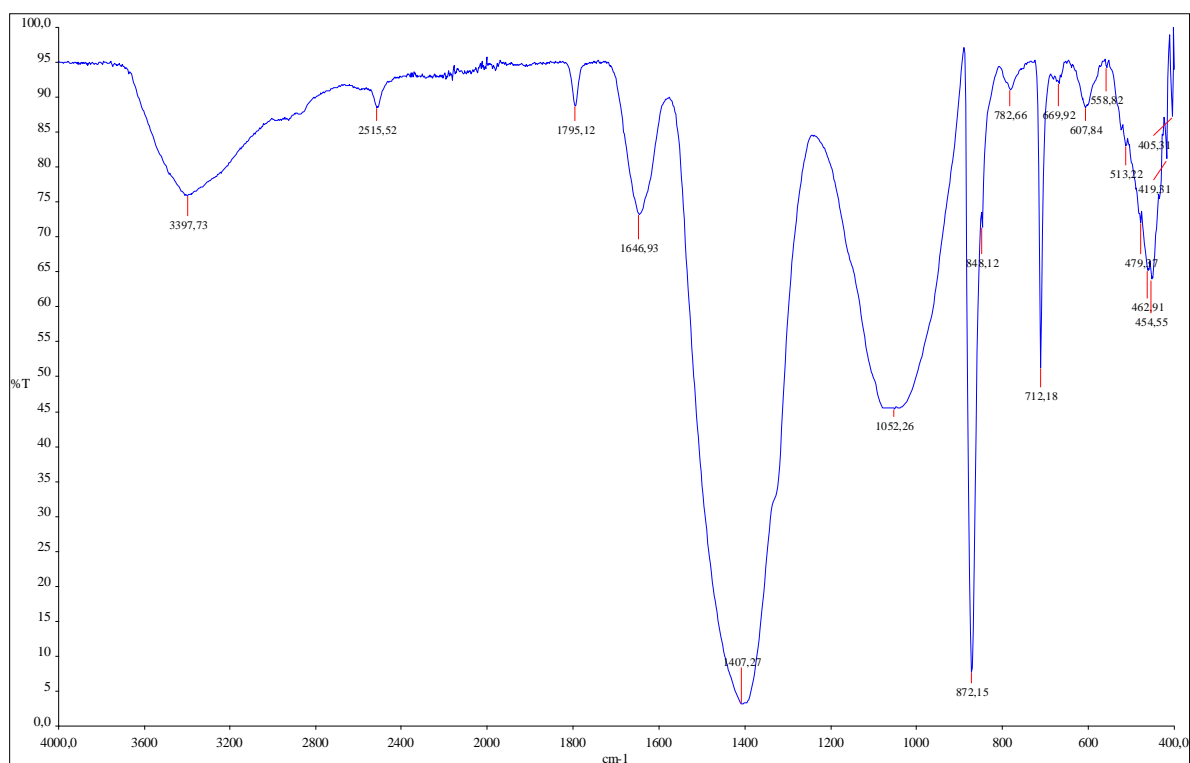


Campione 4. Malta a base di calce aerea, cemento e sabbia finissima di frantoio sia carbonatica che quarzosa. Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.



Campione 4. Particolare del medesimo prelievo dove si osserva una particella di clinker non idratato dovuta alle modeste percentuali di cemento.
Sezione sottile, luce trasmessa, 200 X, N+.

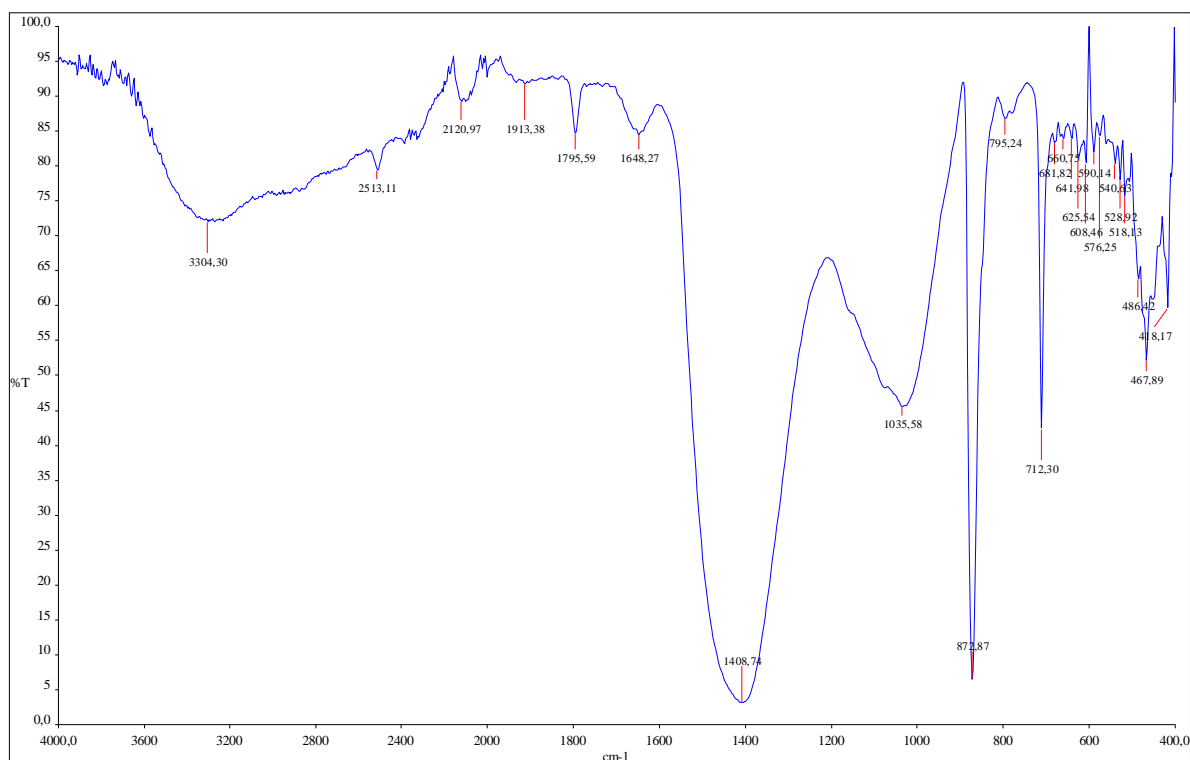


Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 4, frazione esterna**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+++	tr	tr	+	-	-	-	-	-

Risultati. Nel prelievo si è accertata prevalentemente e quasi esclusivamente la presenza di calcite, con piccoli apporti di composti silicatici, raramente quarzosi. Da segnalare minime e di fatto trascurabili percentuali di solfati di Calcio biidrato (gesso).



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 4, frazione interna**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+++	tr	tr	+	-	-	-	-	-

Risultati. La spettrofotometria infrarossa indica la presenza prevalentemente di calcite e di nettamente subordinate percentuali di composti silicatici, assai raramente quarzosi, e minime quantità di gesso.



Campione 12

Il campione è costituito da un frammento della malta di stilatura prelevata tra gli elementi lapidei del basamento.



Campione 12. Visualizzazione punto di prelievo

Il campione di impasto è stato innanzitutto caratterizzato mediante osservazioni in sezione sottile, accertando la natura esclusivamente aerea della matrice legante (calce) e l'utilizzo di una carica eminentemente silicatica a granulometria centrata nella classe arenacea media.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 12****Descrizione preliminare**

Impasto di colore nocciola chiaro, discretamente tenace e coesivo, a granulometria arenacea-siltosa.

Analisi microscopica petrografica in sezione sottile

Gli aggregati sono rappresentati da frazione inerte costituita da:

- 68 %: frammenti di quarzo monocristallino;
- 15 %: frammenti carbonatici quali calcari micritici e sparitici, calcari marnosi;
- 12 %: frammenti di feldspati;
- 3 %: frammenti di muscovite;
- 2 %: ossidi di Ferro.

Tipo di aggregato: sabbia fluvioalluvionale di natura quasi completamente silicatica e solo in minima parte carbonatica.

Aggregato

<i>Granulometria</i>	Arenaceo grossolano (1-0.5 mm) – siltoso grossolano (0,062-0,032 mm).
<i>Granulometria prevalente</i>	Arenaceo fine (0,25-0,125 mm).
<i>Classazione</i>	Molto ben classato.
<i>Forma</i>	Sfericità da media a molto bassa / frammenti da spigolosi a subarrotondati.
<i>Morfologia sup..</i>	Da liscia ad abrasa.
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea.
<i>Addensamento</i>	Stima rapporto clasti-matrice: medio (35-40%).

Granulometria

<i>Distribuzione granulometrica</i>		
<i>Classe granulometrica</i>	<i>mm</i>	<i>%</i>
Arenacea molto grossolana	2-1	8
Arenacea grossolana	1-0.5	18
Arenacea media	0.5-0.25	60
Arenacea fine	0.25-0.125	11
Arenacea molto fine	0.125-0.062	3
Siltosa	< 0.062	8



Matrice

Struttura	Non del tutto omogenea per la presenza di calcinaroli anche grossolani.
Tessitura	Massa di fondo micritica-sparitica.
Rapporti clasti/matrice	Non rilevati.
Composizione	Calce aerea carbonatata.

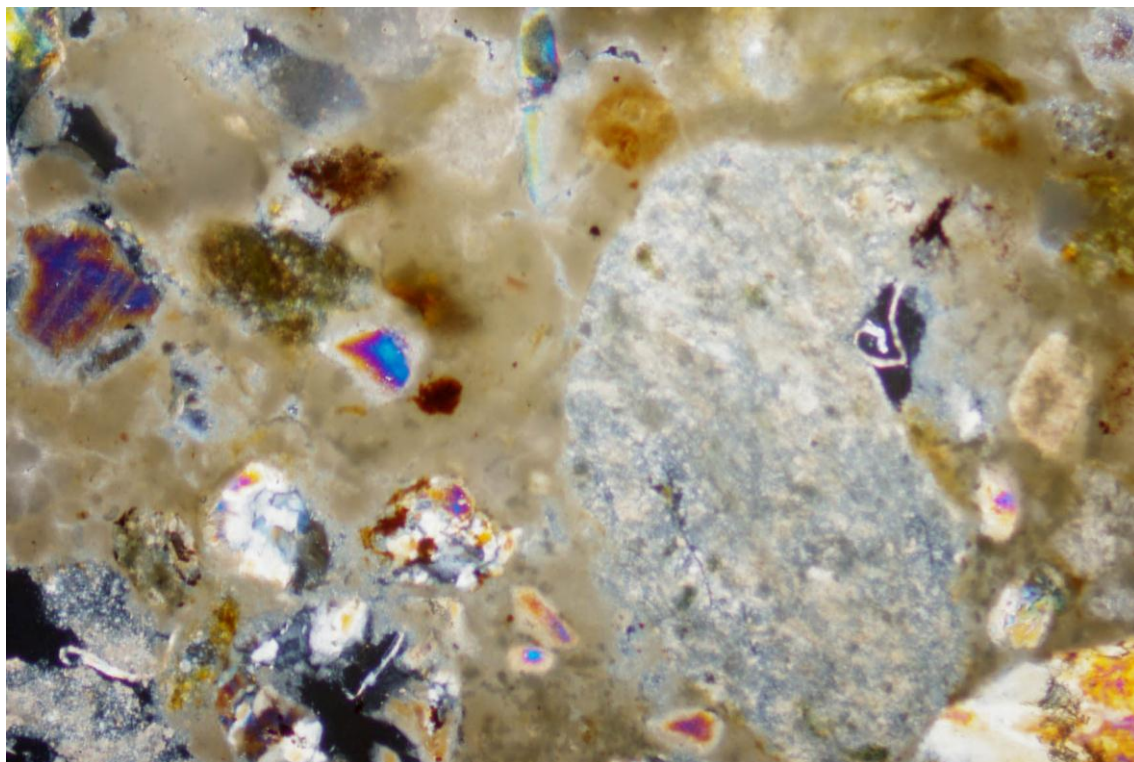
Porosità

Percentuale dei pori	Media (20 %).
Origine della porosità	Sia primaria che secondaria.
Forma dei pori	Bollosità e vacuità irregolari da legante, con qualche lunga microfessura.

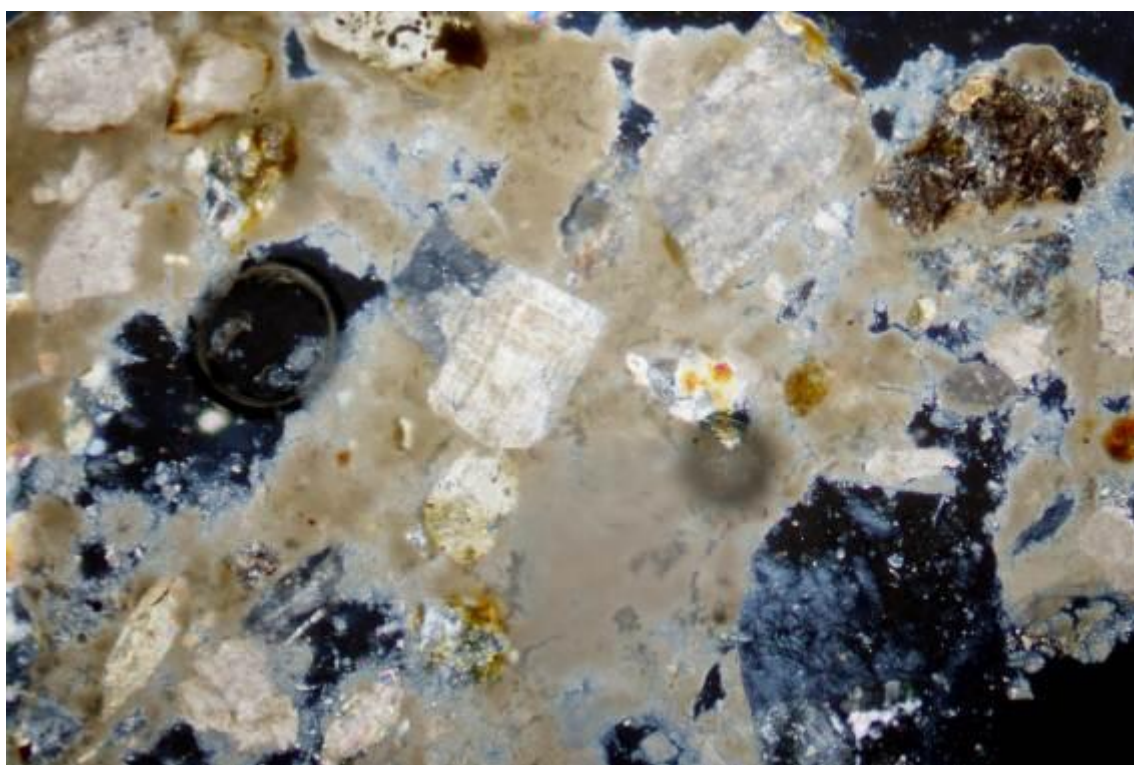
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	<p>Impasto di colore nocciola chiaro ottenuto dalla mescola di calce aerea e sabbia rappresentata da frammenti di quarzo, feldspati, pochi carbonati, tracce di ossidi di ferro e muscovite. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 0,85 mm e 0,04 mm, con prevalenza dei termini arenaceo fini.</p> <p>La stima visiva dell'addensamento suggerisce un rapporto legante/inerte compreso tra valori di 1/3 e ¼.</p> <p>L'impasto evidenzia una porosità alta, sia primaria che secondaria, ma nel complesso presenta discreto grado di conservazione.</p>
------------------------	--





Campione 12. Impasto ottenuto dalla mescola di calce aerea e sabbia costituita da frammenti quarzo, feldspati, pochi carbonati, tracce di ossidi di ferro e muscovite.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.



Campione 12. Ulteriore particolare del medesimo prelievo.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.



Successive osservazioni in microscopia sia ottica che elettronica della sezione stratigrafica hanno permesso di sottolineare un addensamento piuttosto elevato, nonché la presenza di una elevata porosità risultante da diffuse discontinuità intergranulari. La microanalisi in dispersione di energia suggerisce infine l'utilizzo di una calce a natura almeno parzialmente magnesiaca.

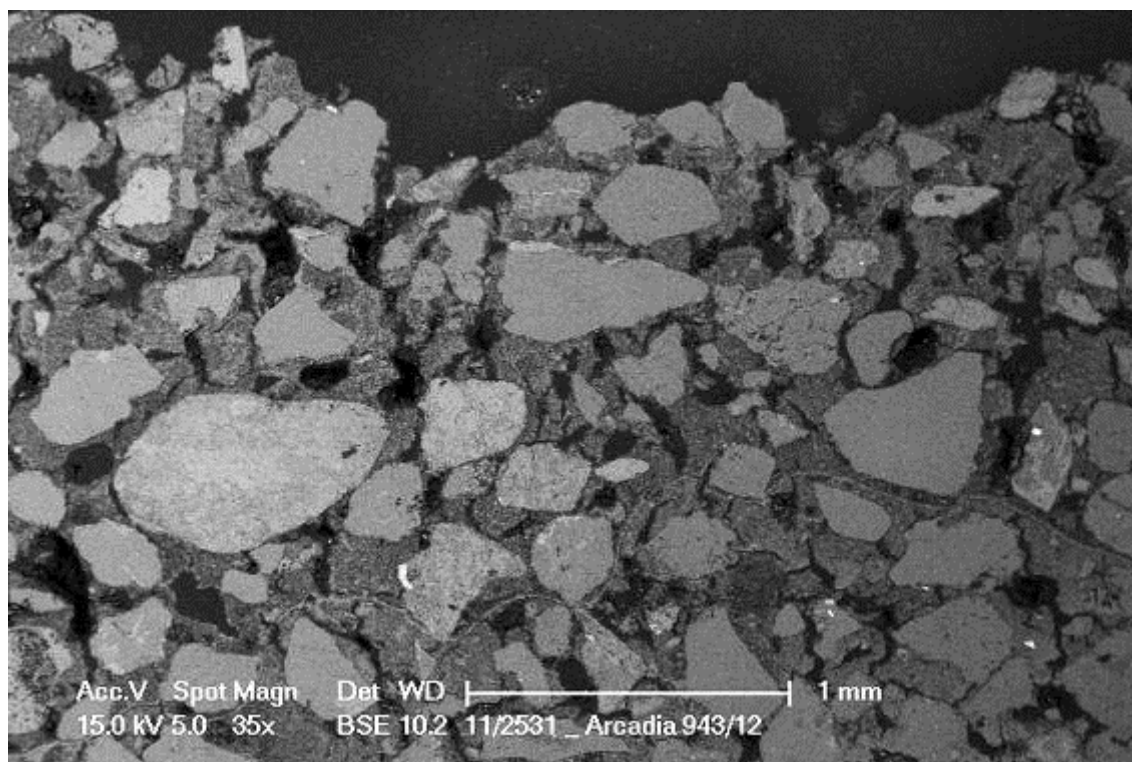


Campione 12. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 40.

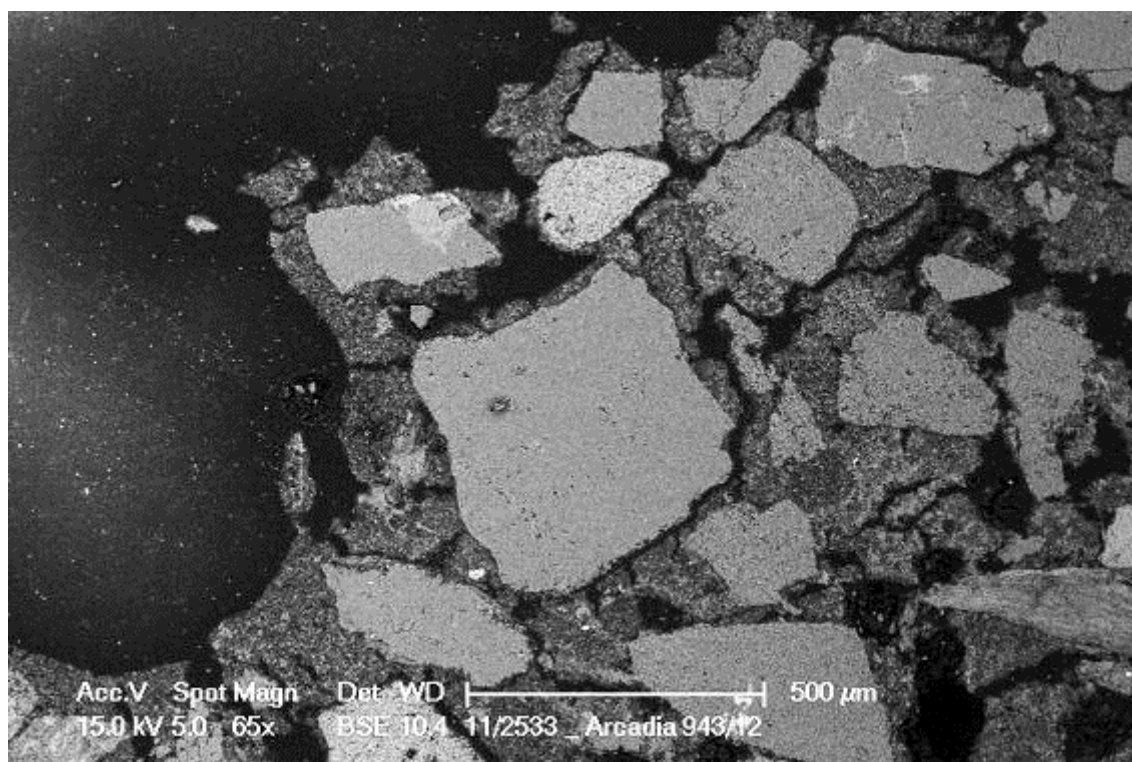


Campione 12. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 80.



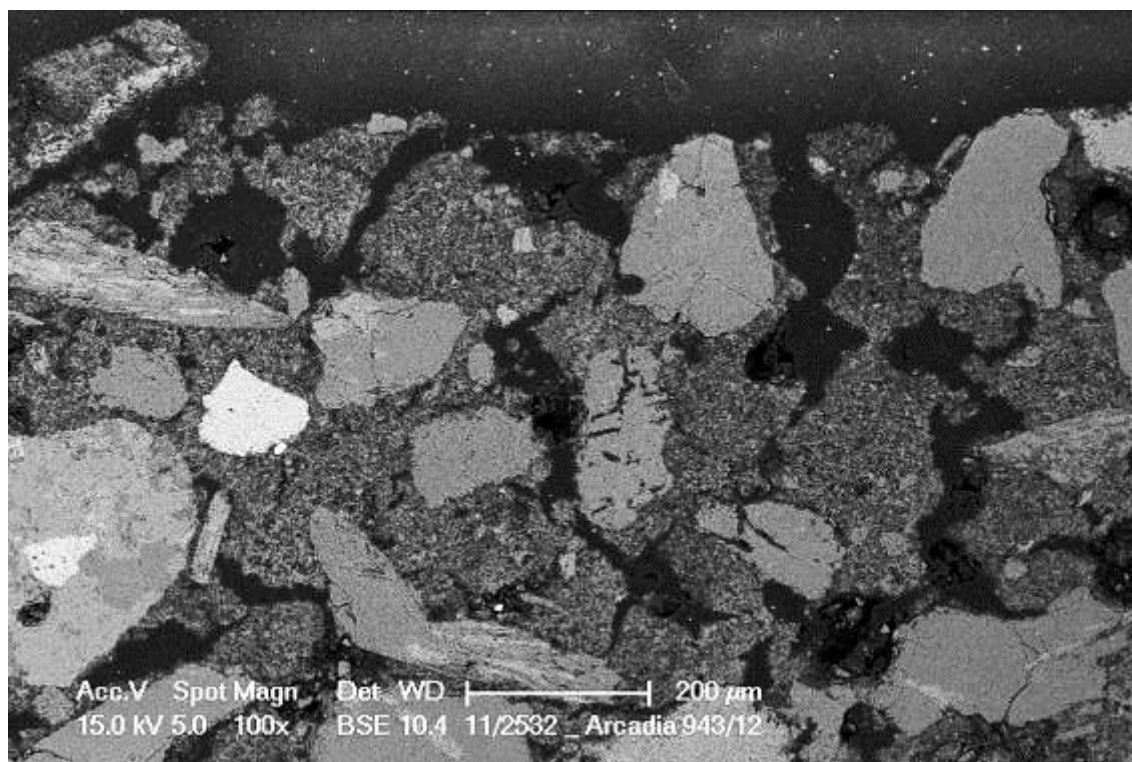


*Campione 12. Immagine al SEM a bassi ingrandimenti dell'impasto.
Si nota l'elevato addensamento della malta.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 35.*

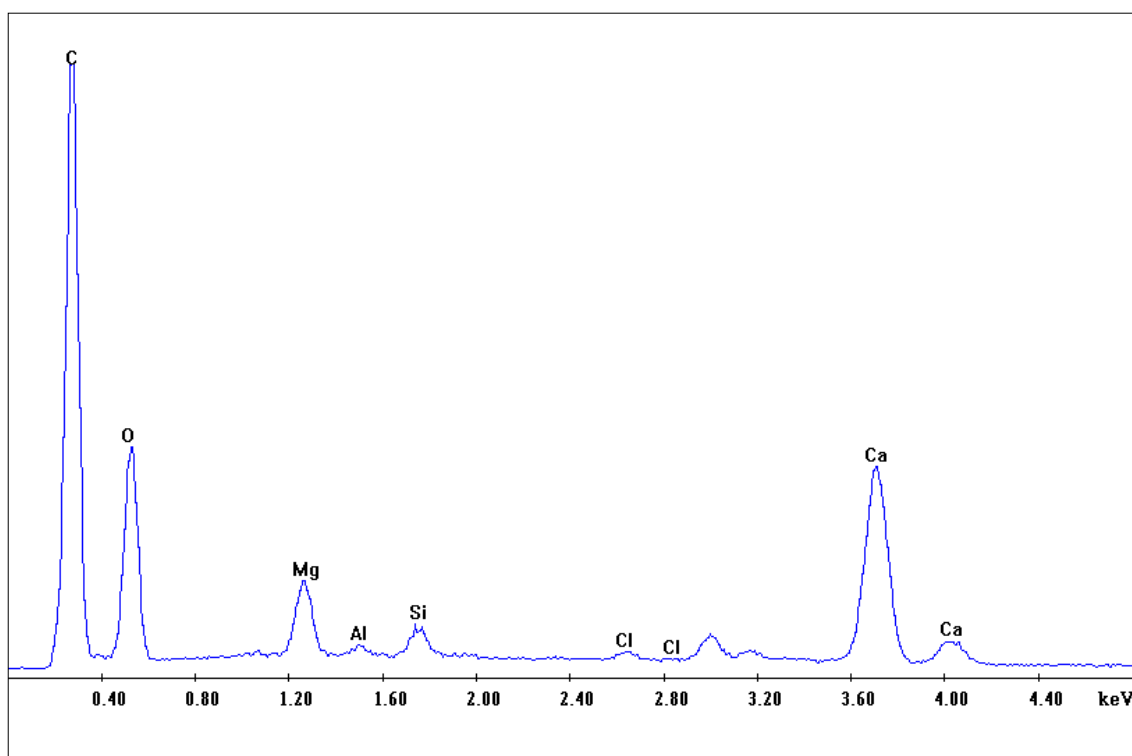


*Campione 12. Immagine al SEM dell'impasto in corrispondenza dell'interfaccia con l'esterno.
Sono apprezzabili le diffuse discontinuità intergranulari, Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 65.*



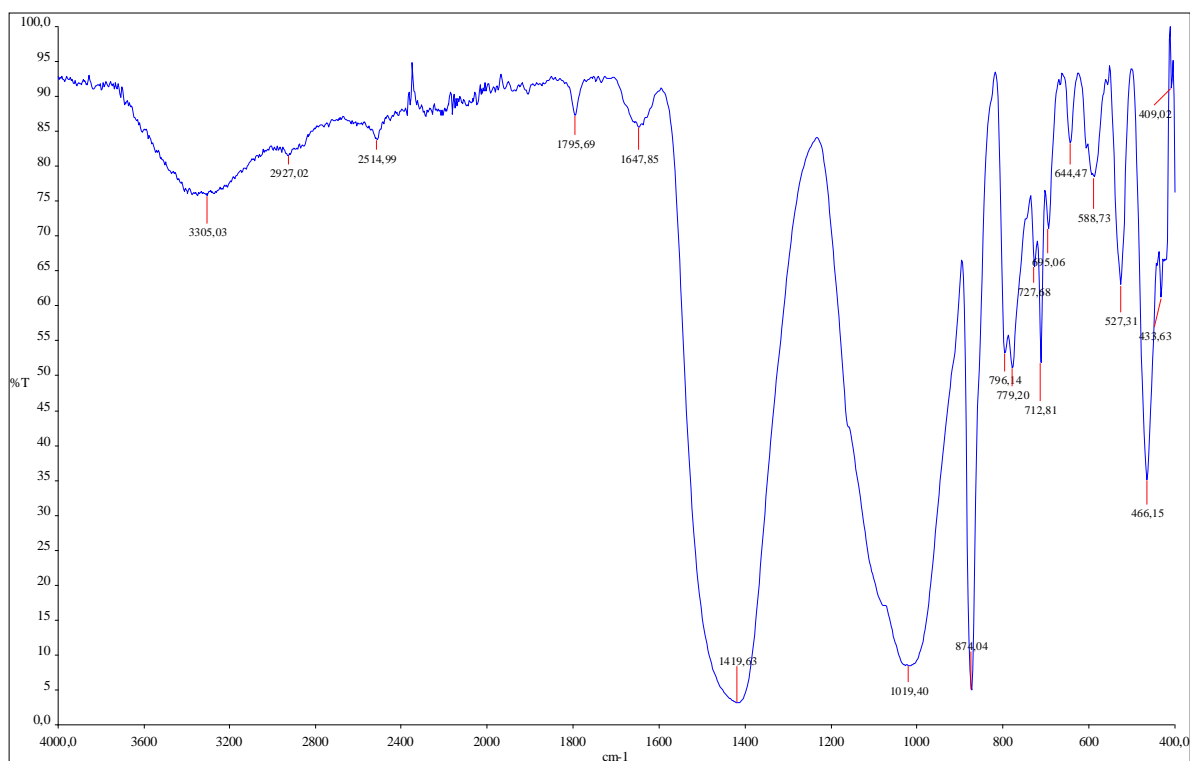


Campione 12. Ulteriore fotomicrografia al SEM dell'impasto in corrispondenza di una zona ad elevata porosità della malta per la presenza di microfessurazioni della matrice e discontinuità legante/inerte. Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 100.



Campione 12. Microanalisi EDS della matrice legante. È apprezzabile la natura parzialmente magnesiaca della calce utilizzata, confermata anche dalla spettrofotometria FT-IR (pagina seguente) in cui sono riconoscibili i picchi dolomitici.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 12**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+++	-	+	++	-	-	-	-	*

* Presenza di Dolomite

Risultati. Il campione è costituito da calcite e apprezzabili percentuali di composti silicatici, anche quarzosi e feldspatici. Tra le componenti carbonatiche vanno sottolineati anche apporti di tipo dolomitico.



Campione 13

Il campione è costituito da un frammento lapideo prelevato dal plinto del basamento.



Campione 13. Visualizzazione punto di prelievo

Il materiale lapideo naturale è stato sottoposto a caratterizzazioni mineralogico-petrografiche mediante osservazioni in sezione sottile.

Le indagini hanno sottolineato che il lapideo è rappresentato da una roccia a natura carbonatica, caratterizzata da abbondante presenza di frammenti fossili. Dal punto di vista petrografico essa è classificabile come Biocalcarenite.

Per quanto riguarda lo stato di conservazione il litoide presenta discrete caratteristiche meccaniche nonché sufficiente compattezza. Le determinazioni della porosità aperta realizzate con porosimetro a Mercurio sia in corrispondenza della porzione più superficiale che del bulk interno rivelano tuttavia percentuali di cavità aperte non trascurabili, e apprezzabilmente superiori per la porzione più esterna per la quale si nota anche una contestuale presenza di un modesto contributo di macropori. Nel complesso il quadro alterativo è da considerarsi non trascurabile.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 13****Descrizione macroscopica**

Frammento di pietra carbonatica di colore nocciola a grana grossolana.

Descrizione microscopica in sezione sottile

Composizione mineralogica, porosità e tessitura

Si tratta di un lapideo naturale a grana grossolana composto da una scarsa matrice di calcite finissima e da relativamente abbondante cemento calcareo sparitico.

Il materiale terrigeno silicatico presente è costituito da frammenti di quarzo e minerali argilloso-ocracei. Il lapideo non risulta dolomitizzato. Sono presenti numerosi fossili riconducibili a alghe, nummulitici, rari briozoi e gusci di lamellibranchi.

La porosità osservabile al microscopio è bassa ed è rappresentata da rare cavità primarie irregolari.

Il lapideo evidenzia una tessitura cemento-sostenuta.

Parametri tessiturali	Componenti	Analisi modale
<i>Granuli allochimici</i>	Frammenti fossili	73%
<i>Matrice</i>	Micrite finissima di natura calcarea	3%
<i>Cemento</i>	Calcite sparitica	21%
<i>Porosità</i>	Vacuità irregolari primarie e rare fessurazioni secondarie	3%

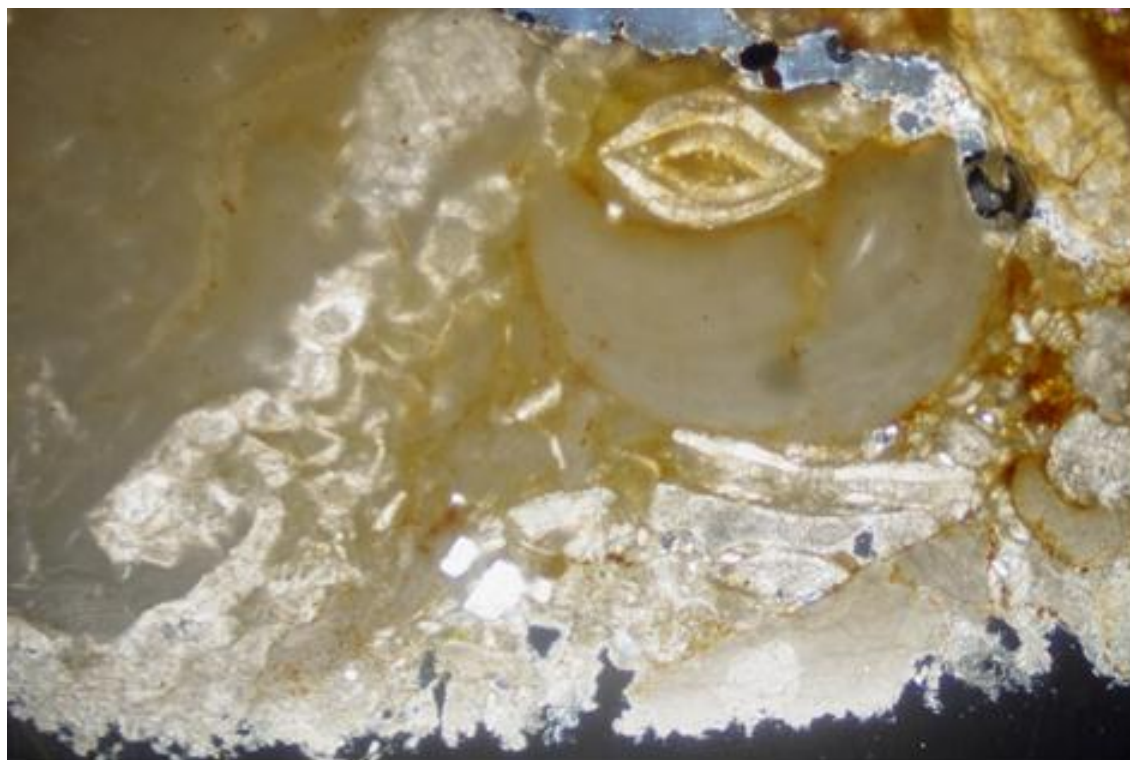
Classificazione

Si tratta di una roccia carbonatica classificabile come Biocalcarenite leggermente marnosa.

Geologica Folk (1959): **Biosparite**
 Dunham (1962) **Grainstone**

Petrografica: **Biocalcarenite**





Campione 13. – *Roccia carbonatica classificabile come biocalcarenite leggermente marnosa. Sezione sottile, luce trasmessa, 20 X, N+.*



Campione 13. – *Ulteriore fotomicrografia a maggiori ingrandimenti del medesimo prelievo. Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.*



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
20,00	19,68	3,90
12,00	12,00	5,80
10,00	9,99	6,50
9,00	9,02	6,90
8,00	8,13	7,20
5,00	5,06	8,70
4,50	4,56	9,00
4,00	4,07	9,40
3,00	3,07	10,10
2,50	2,56	10,60
2,00	2,02	11,20
1,60	1,63	11,90
1,10	1,11	13,10
1,00	1,02	13,40
0,90	0,92	13,80
0,82	0,83	14,10
0,80	0,81	14,20
0,75	0,74	14,50
0,70	0,71	14,60
0,62	0,61	15,20
0,60	0,58	15,40
0,55	0,56	15,60
0,50	0,51	16,00
0,40	0,40	16,90
0,38	0,38	17,20
0,30	0,30	18,30
0,22	0,22	20,00
0,20	0,20	20,40
0,18	0,18	21,00
0,11	0,11	23,30
0,10	0,11	23,50
0,08	0,08	24,60
0,06	0,06	25,80
0,04	0,04	27,20
0,02	0,02	29,30
0,01	0,01	32,50
0,006	0,006	35,40

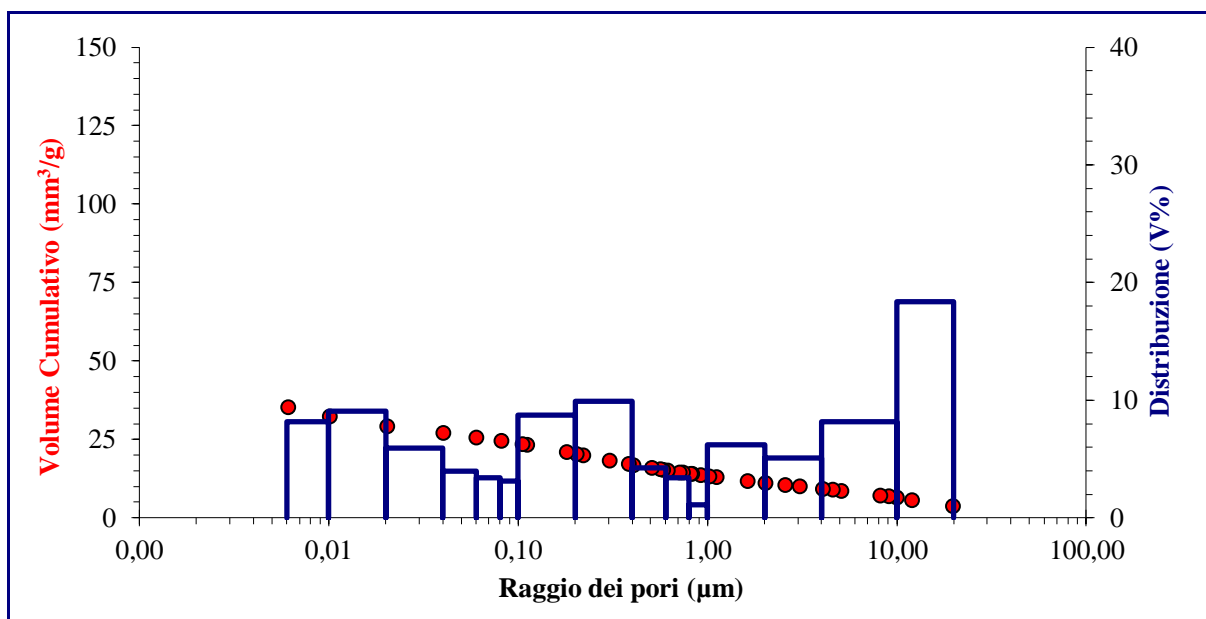
Determinazione porosimetrica

Campione 13 Frazione superficiale

Bulk density (g/cm³): 2,4

Porosità aperta totale stimata (%): 8,5

Volume cumulativo totale (mm³/g): 20,8



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
20,00	19,57	1,60
12,00	11,99	2,50
10,00	10,00	2,80
9,00	9,03	2,90
8,00	8,14	3,10
5,00	5,06	3,90
4,50	4,57	4,00
4,00	4,06	4,20
3,00	3,06	4,70
2,50	2,53	5,00
2,00	2,04	5,30
1,60	1,63	5,60
1,10	1,11	6,10
1,00	1,01	6,20
0,90	0,91	6,40
0,82	0,82	6,50
0,80	0,82	6,60
0,75	0,76	6,60
0,70	0,71	6,70
0,62	0,62	6,90
0,60	0,61	7,00
0,55	0,56	7,10
0,50	0,50	7,20
0,40	0,40	7,50
0,38	0,38	7,60
0,30	0,31	7,90
0,22	0,22	8,40
0,20	0,20	8,50
0,18	0,18	8,70
0,11	0,11	9,60
0,10	0,10	9,90
0,08	0,08	10,30
0,06	0,06	11,10
0,04	0,04	12,40
0,02	0,02	14,90
0,01	0,01	17,90
0,006	0,006	20,80

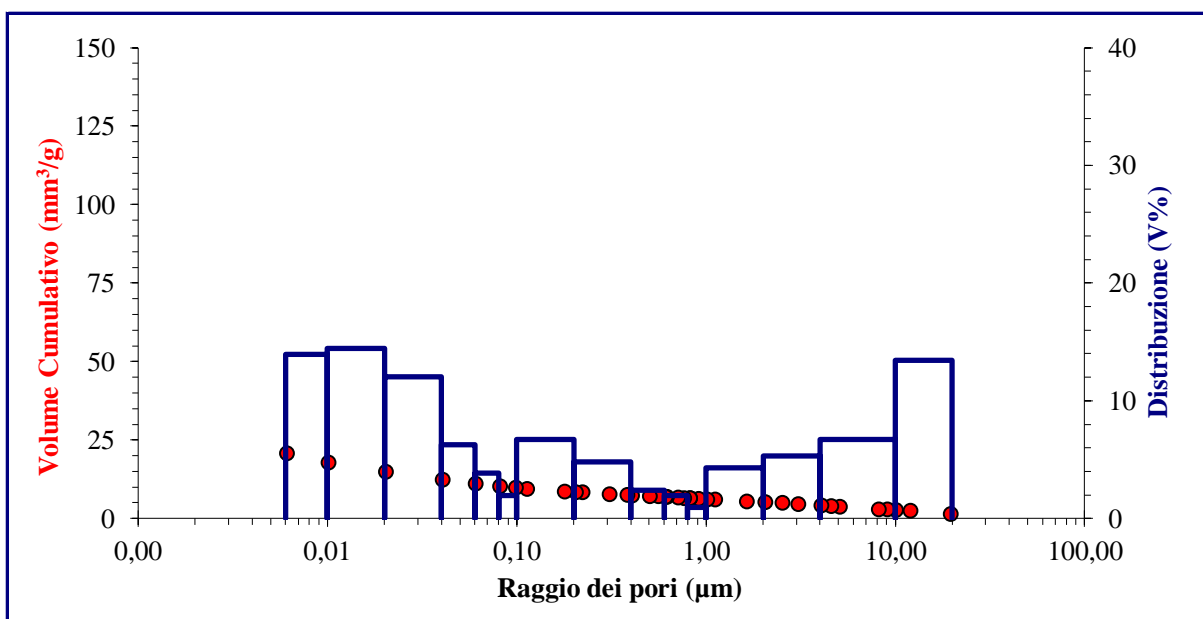
Determinazione porosimetrica

Campione 13
Bulk interno

Bulk density (g/cm³): 2,53

Porosità aperta totale stimata (%): 5,3

Volume cumulativo totale (mm³/g): 20,8



Campione 14

Il campione è costituito da un frammento della malta di sigillatura prelevata dal fianco sinistro del basamento.



Campione 14. Visualizzazione punto di prelievo

Il prelievo è stato caratterizzato in sezione sottile, mediante osservazioni in microscopia ottica. Si tratta di un impasto a base di legante cementizio, con una carica inerte a natura mineralogica mista (prevalentemente carbonatica, subordinatamente quarzoso-silicatica). La granulometria è eminentemente arenacea (da grossolana a fine), tuttavia sono presenti anche significative frazioni conglomeratiche.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 14****Descrizione preliminare**

Impasto di colore grigio chiaro, mediamente tenace e coesivo, a granulometria conglomeratico-arenacea-siltosa.

Analisi microscopica petrografica in sezione sottile

Gli aggregati sono rappresentati da frazione inerte costituita da:

- 62 %: frammenti di rocce carbonatiche quali calcari micritici e sparitici, calcite policristallina;
- 26 %: frammenti di quarzo mono e policristallino;
- 4 %: frammenti di feldspati;
- 3 %: frammenti di porfidi;
- 2 %: frammenti di selce;
- 2%: ossidi di Ferro;
- 1%: lamelle di muscovite.

Tipo di aggregato: sabbia di natura prevalentemente carbonatica, ma per circa 1/3 silicatica.

Aggregato

<i>Granulometria</i>	Microconglomeratico (4-2 mm) – siltoso grossolano (0,062-0,032 mm).
<i>Granulometria prevalente</i>	Arenaceo grossolano-medio (1-0,25 mm).
<i>Classazione</i>	Scarsamente classato.
<i>Forma</i>	Sfericità da media a bassa / frammenti da spigolosi a arrotondati.
<i>Morfologia sup..</i>	Da liscia ad abrasa.
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea.
<i>Addensamento</i>	Stima rapporto clasti-matrice: medio (35%).

Granulometria

<i>Distribuzione granulometrica</i>		
<i>Classe granulometrica</i>	<i>mm</i>	<i>%</i>
Micronglomeratica	4-2	11
Arenacea molto grossolana	2-1	-
Arenacea grossolana	1-0.5	21
Arenacea media	0.5-0.25	39
Arenacea fine	0.25-0.125	18
Arenacea molto fine	0.125-0.062	9
Siltosa	< 0.062	2



Matrice

Struttura	Eterogenea con numerosi aggregati di belite e celite.
Tessitura	Massa di fondo da colloforme a sparitica.
Rapporti clasti/matrice	Non rilevati.
Composizione	Cemento.

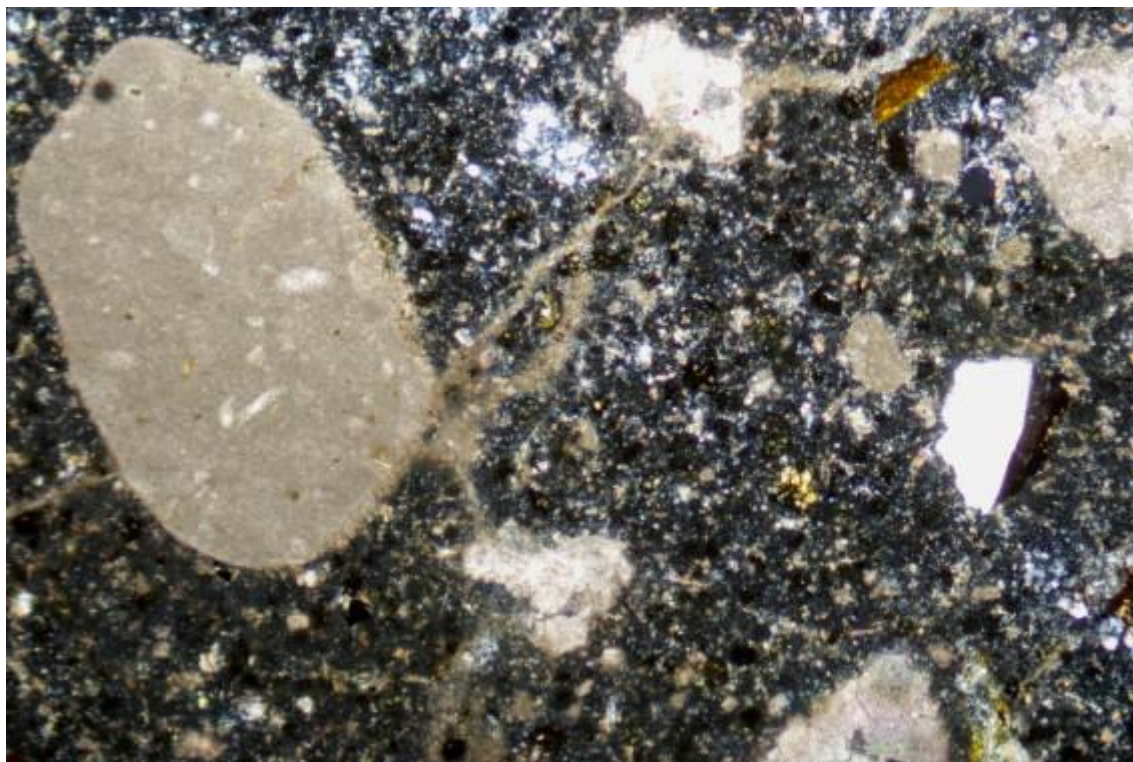
Porosità

Percentuale dei pori	Bassa (17 %).
Origine della porosità	Sia primaria che secondaria.
Forma dei pori	Bollosità e vacuità irregolari da legante, con qualche rara microfessura.

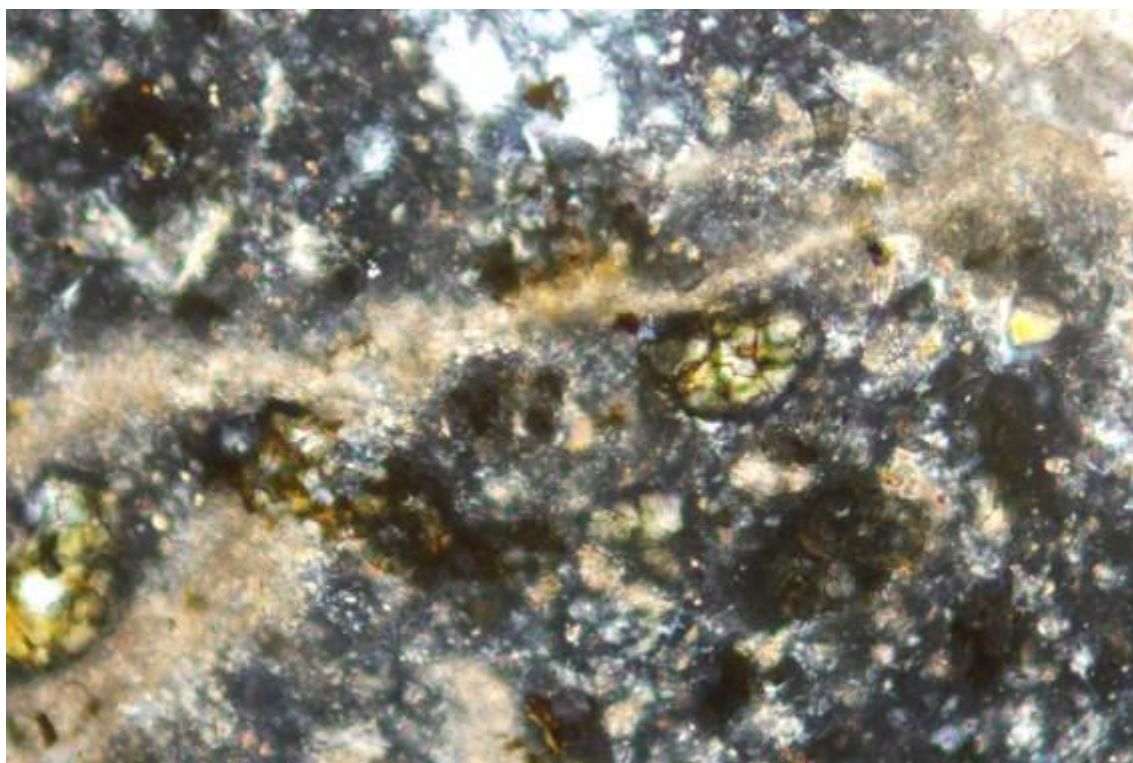
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	<p>Impasto di colore grigio chiaro a base di cemento e sabbia fluvioalluvionale prevalentemente carbonatica e per circa 1/3 silicatica costituita da frammenti carbonatici, quarzo, feldspato, porfidi, selce, ossidi di ferro, rara muscovite. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 2,4 mm e 0,04 mm, con prevalenza della frazione arenaceo grossolano-media.</p> <p>La stima visiva dell'addensamento suggerisce un rapporto legante/inerte di circa 1/2,5.</p> <p>L'impasto evidenzia una bassa porosità sia primaria che secondaria, e nel complesso si presenta sufficientemente conservato.</p>
------------------------	---





Campione 14. Malta a base di cemento e sabbia fluvioalluvionale prevalentemente carbonatica e per circa 1/3 silicatica.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.



Campione 14. Particolare del medesimo prelievo dove si osservano alcune particelle di clinker non idratato (al centro di colore brunastro).
Sezione sottile, luce trasmessa, 200 X, N+.



Determinazione del contenuto di specie ioniche idrosolubili

Le determinazioni conduttimetriche del contenuto totale di specie idrosolubili sono state realizzate a differenti quote (rispettivamente 60, 128 e 180 cm) e due profondità diverse (0-2 e 2-10 cm) per ciascuna quota.

Quasi tutte le soluzioni allo 0,1 % realizzate sono risultate caratterizzate da elevata conduttanza elettrica specifica, spesso superiore a 200 μS . Tale situazione è imputabile prevalentemente alle generali solfatazioni delle matrici carbonatiche, documentate per la maggior parte dei prelievi sia in spettrofotometria infrarossa che in microanalisi in dispersione di energia..

**Determinazione conduttimetrica del contenuto di sali solubili totali
STATUA 1**

Altezza/Profondità (cm)	Massa camp. (g)	Cond. H ₂ O (μS)	Cond. Soluz. (μS)	Cond. Spec. ($\mu\text{S/g}$)	Sali sol. % (stima)
180/0-2	0,1119	11,0	226,0	192,14	13,22
180/2-10	0,0978	11,0	123,0	114,52	7,88
128/0-2	0,0968	11,0	207,0	202,48	13,93
128/2-10	0,1044	11,0	294,0	271,07	18,65
60/0-2	0,1058	11,0	230,0	206,99	14,24
60/2-10	0,1025	11,0	299,0	280,98	19,33



Monitoraggio elementi metallici – Statua 1



fronte



retro

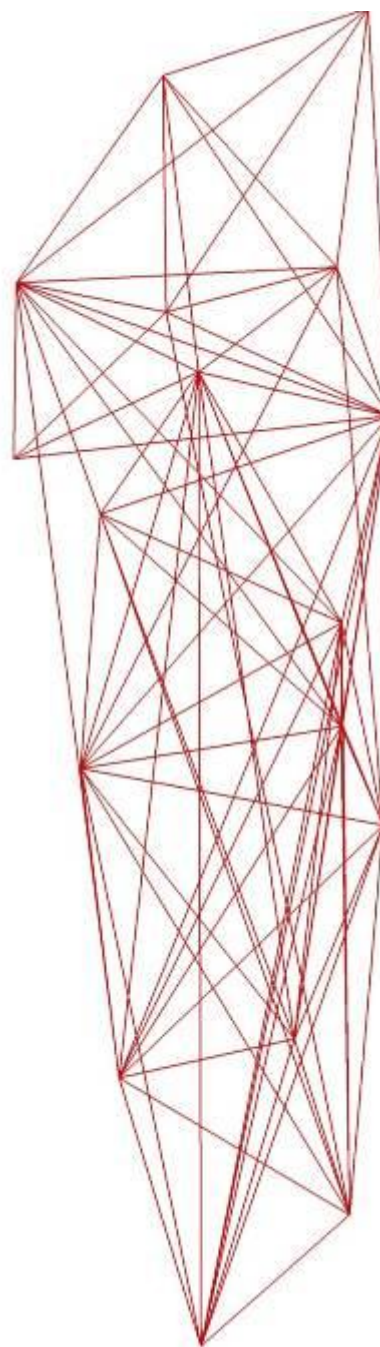
Legenda:

- segnale tipico di un elemento metallico di dimensione limitata o, se maggiori, disposto di testa
- imperniatura di dimensioni contenute
- - - perno interno di dimensioni maggiori



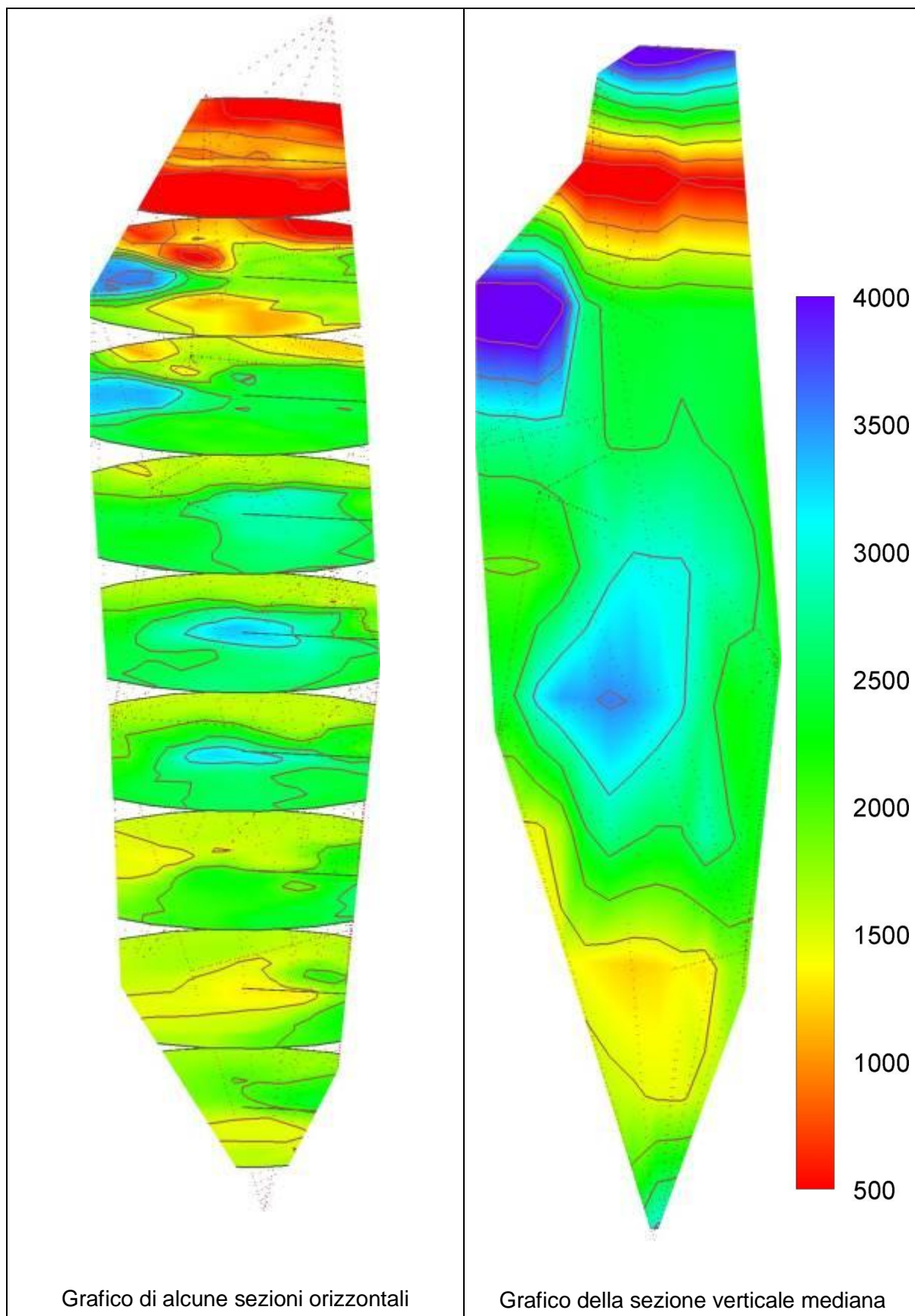
Misure Ultrasoniche in tomografia 3D – Statua 1

Foto della statua



Schema dei percorsi indagati





Osservazioni

Complessivamente i dati raccolti mostrano una condizione generale, in termini di continuità materica, sufficiente.

Nel grafico di distribuzione, relativo alle velocità ultrasonore misurate, si evidenzia come la maggior parte dei valori (quasi il 90 %) si attesti sopra i 1000 m/s.

I valori più critici (11 %) sono limitati ad un'area ben precisa, come si può notare dai grafici riportati alla pagina precedente. Si trovano infatti quasi tutti concentrati nell'area del collo della statua con vere e proprie interruzioni nel passaggio dell'onda ultrasonica.

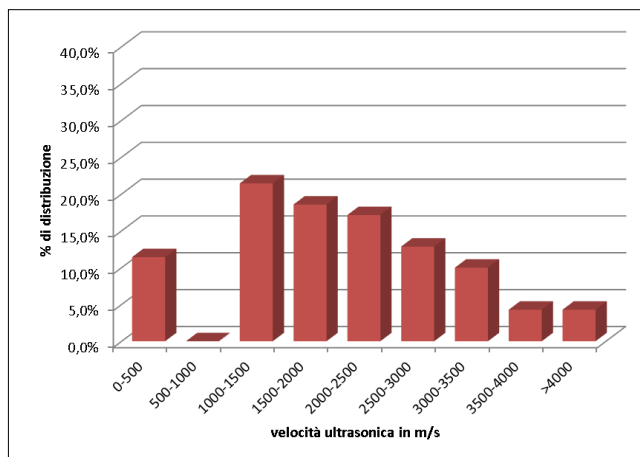


Figura 1: grafico di distribuzione dei valori di velocità ultrasonica



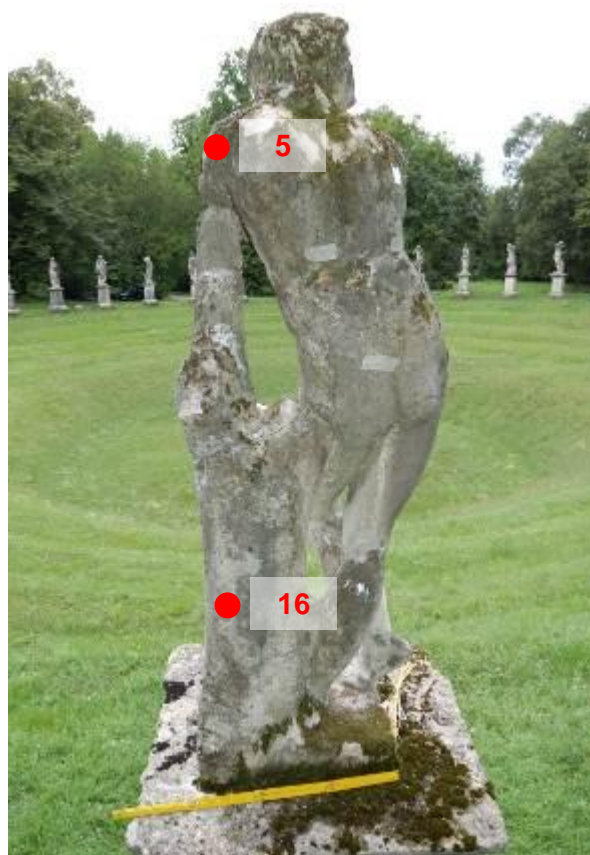
Diminuzioni della velocità sonora possono essere dovute ad una diminuzione consistente di coesione della pietra, come alla presenza di fessurazioni. In sede di restauro, quindi, l'area del collo dovrà essere oggetto di particolari attenzioni nel ridare continuità al complesso statuario.

Si registrano alcune diminuzioni localizzate, che comunque sono più frequenti nelle frazioni superficiali della pietra, aspetto del tutto normale. Si tenga infatti presente che la superficie della pietra, rappresentando l'interfaccia tra la statua e gli agenti aggressivi ambientali, riceve sicuramente un degrado con cinetiche maggiori.

Figura 2 zona critica dei valori ultrasonici







Statua 2 - ENDIMIONE

Statua 2 – ENDIMIONE**Campionamenti**

I prelievi hanno interessato il basamento in corrispondenza della superficie nella parte frontale, e il retro della scultura in corrispondenza della spalla sinistra e del tronco sulla quale la figura è appoggiata.



STATUA 2: ENDIMIONE		
Campione	Descrizione	Visualizzazione Area di prelievo
5	Frammento della stuccatura presente sull'avambraccio sinistro.	
15	Frammento lapideo prelevato dal plinto del basamento.	
16	Frammento lapideo prelevato dalla base della statua.	
C2	Area sul plinto (prospetto posteriore) dove sono state realizzate le misure di conducibilità per la determinazione del contenuto e della distribuzione salina.	



Campione 5

Il campione è costituito da un frammento della stuccatura presente sull'avambraccio sinistro.



Campione 5. Visualizzazione punto di prelievo

La stuccatura, esaminata in sezione sottile al microscopio ottico in luce polarizzata, risulta realizzata con una matrice legante mista, costituita prevalentemente da calce aerea, e da piccole, ma significative percentuali di cemento.

La frazione inerte è rappresentata da finissima sabbia a natura sia carbonatica che quarzoso-silicatica. La granulometria particolarmente fine ha portato alla posa in opera di un impasto piuttosto grasso, con un rapporto legante/inerte di circa 1/1.

Ulteriori accertamenti analitici sono inoltre stati realizzati con tecnica spettrofotometrica infrarossa, realizzando scansioni in riflettanza totale attenuata sia in corrispondenza della frazione più esterna che del bulk interno. I risultati indicano la presenza quasi esclusiva di calcite nella porzione più esterna, mentre nel bulk interno si sono accertati significativi contributi anche di composti silicatici e quarzosi, nonché di portlandite (idrossido di Calcio non carbonatato).



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 5****Descrizione preliminare**

Impasto di colore grigio chiaro, mediamente tenace e coesivo, a granulometria arenacea-siltosa.

Analisi microscopica petrografica in sezione sottile

Gli aggregati sono rappresentati da frazione inerte costituita da:

- 58 %: polvere di rocce carbonatiche quali calcari micritici e sparitici, calcite policristallina;
- 42 %: frammenti di quarzo mono e policristallino.

Tipo di aggregato: sabbia finissima (silt) di frantoio di natura sia carbonatica che quarzosa.

Aggregato

<i>Granulometria</i>	Arenaceo molto fine (0.125-0,062 mm) – siltoso grossolano (0,062-0,032 mm).
<i>Granulometria prevalente</i>	Siltoso grossolano (0,062-0,032 mm).
<i>Classazione</i>	Ben classato.
<i>Forma</i>	Sfericità medio-elevata / frammenti spigolosi.
<i>Morfologia sup..</i>	Liscia.
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea.
<i>Addensamento</i>	Stima rapporto clasti-matrice: basso (25%).

Granulometria

<i>Distribuzione granulometrica</i>		
<i>Classe granulometrica</i>	<i>mm</i>	<i>%</i>
Micronglomeratica	4-2	-
Arenacea molto grossolana	2-1	-
Arenacea grossolana	1-0.5	-
Arenacea media	0.5-0.25	-
Arenacea fine	0.25-0.125	-
Arenacea molto fine	0.125-0.062	24
Siltosa	< 0.062	76



Matrice

Struttura	Eterogenea con qualche fine calcinarolo e rari aggregati di belite e celite
Tessitura	Massa di fondo da colloforme a sparitica.
Rapporti clasti/matrice	Non rilevati.
Composizione	Calce aerea carbonatata e pochissimo cemento.

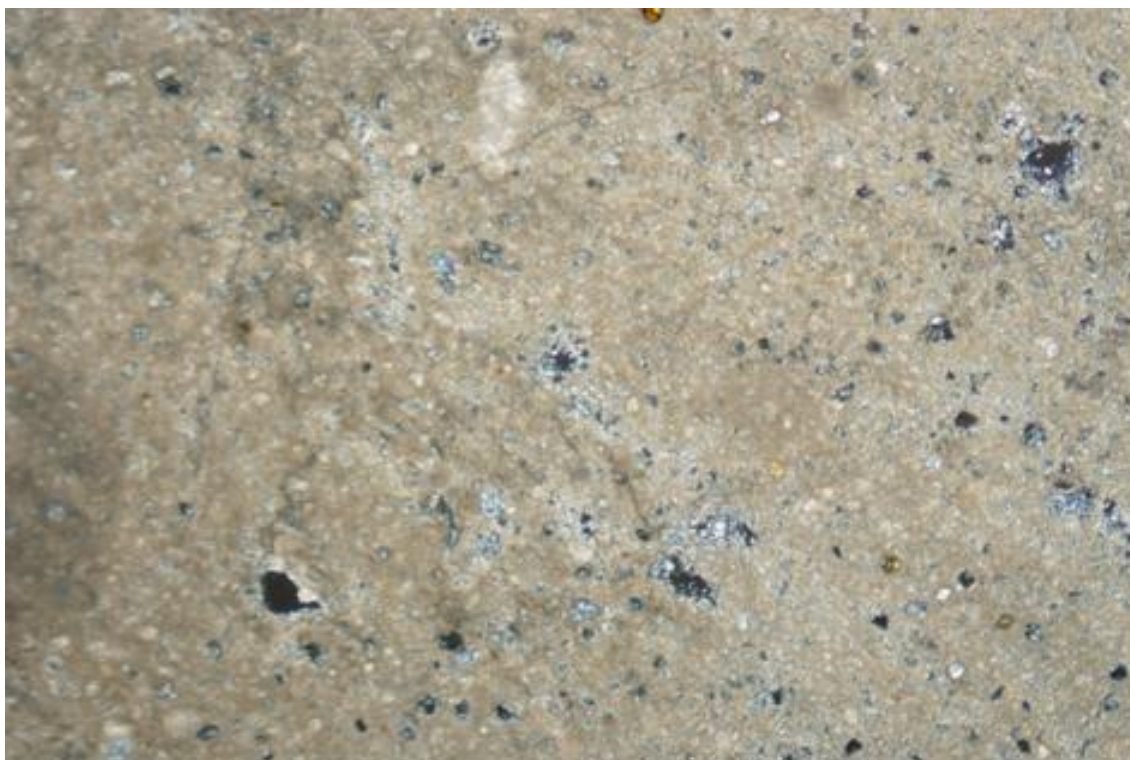
Porosità

Percentuale dei pori	Bassa (18 %).
Origine della porosità	Sia primaria che secondaria.
Forma dei pori	Bollosità e vacuità irregolari da legante, con qualche rara microfessura.

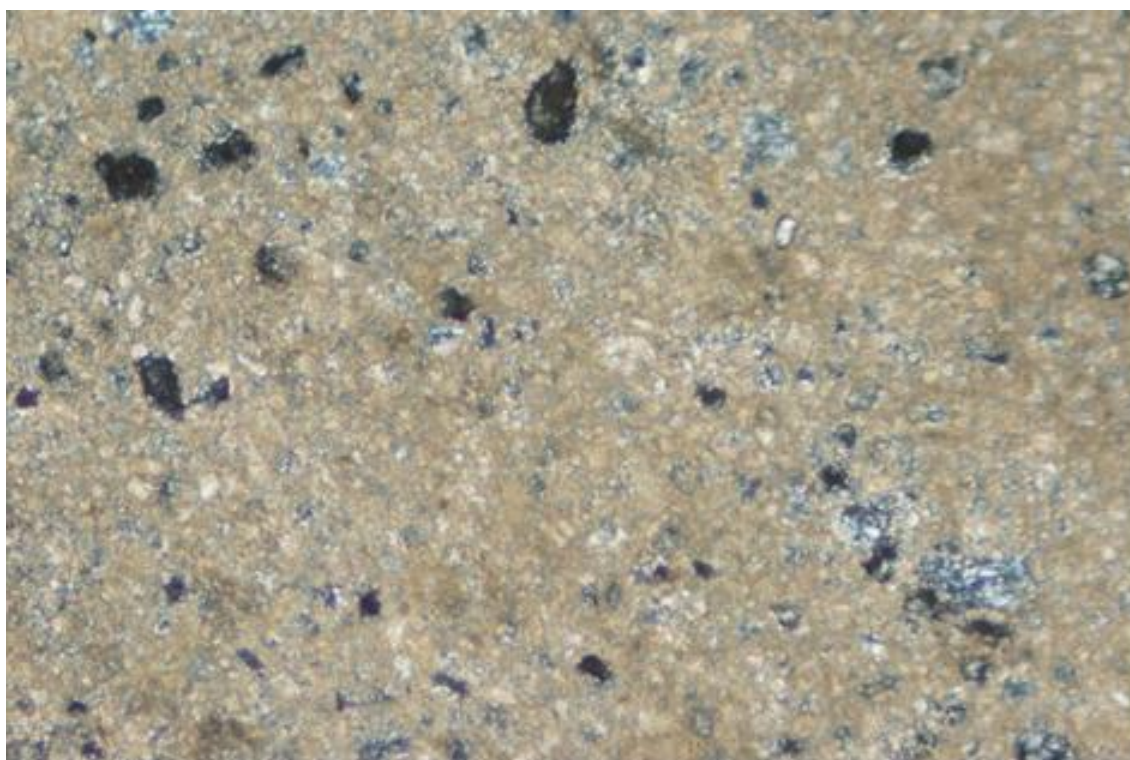
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	<p>Impasto di colore grigio chiaro a base di calce aerea, pochissimo cemento e sabbia finissima di frantoio sia carbonatica che quarzosa costituita da frammenti carbonatici e quarzo. Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 0,11 mm e 0,04 mm, con prevalenza della frazione siltoso grossolana.</p> <p>La stima visiva dell'addensamento suggerisce un rapporto legante/inerte rappresentativo di un impasto piuttosto grasso (1/1 circa).</p> <p>L'impasto evidenzia una bassa porosità sia primaria che secondaria e nel complesso appare caratterizzato da sufficiente stato di conservazione.</p>
------------------------	---





Campione 5. Malta a base di calce aerea, poco cemento e sabbia finissima di frantoio sia carbonatica che quarzosa. Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.



Campione 5. Fotomicrografia a maggiori ingrandimenti del medesimo prelievo.



Sezione sottile, luce trasmessa, 100 X, N+.

Spettrofotometria FT-IR

Campione: 5, frazione esterna

Metodologia

Strumentazione: Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100

Modalità di analisi: Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)

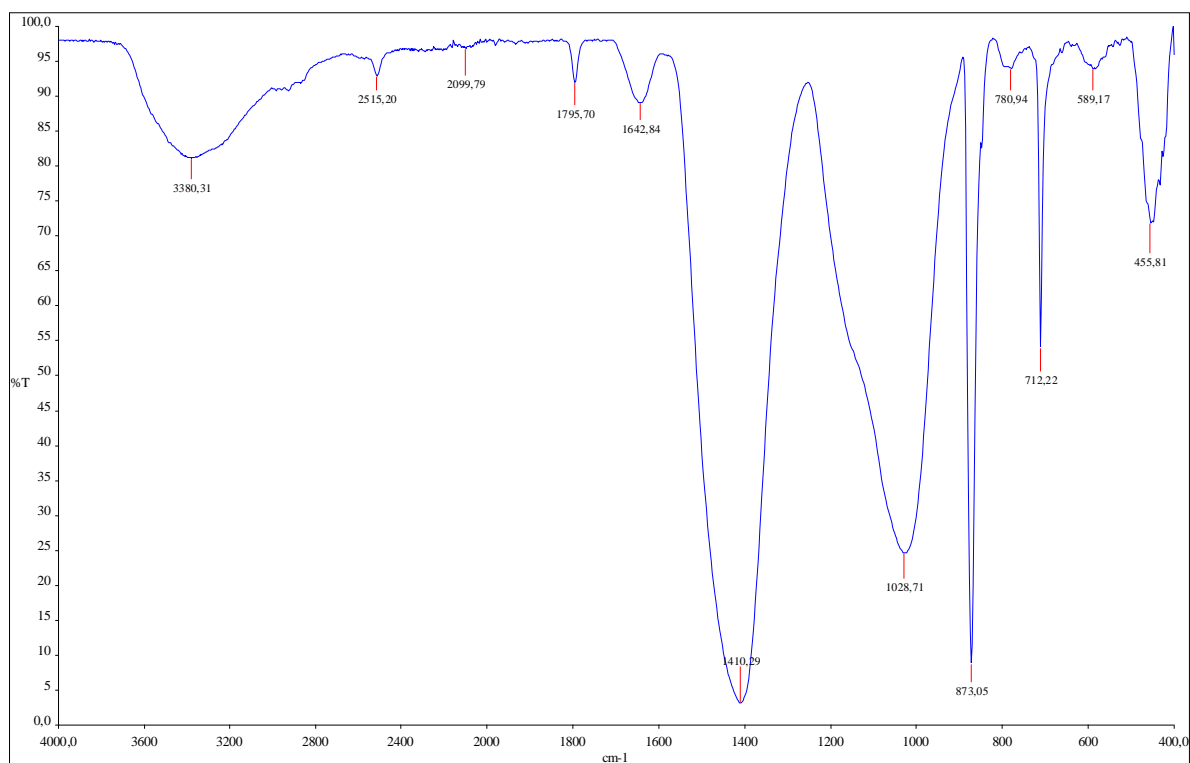
Campo spettrale: 4000 – 400 cm^{-1}

N° spettri acquisiti: 4

Risoluzione: 4 cm^{-1}

Apodizzazione: Media

Elaborazione: Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing

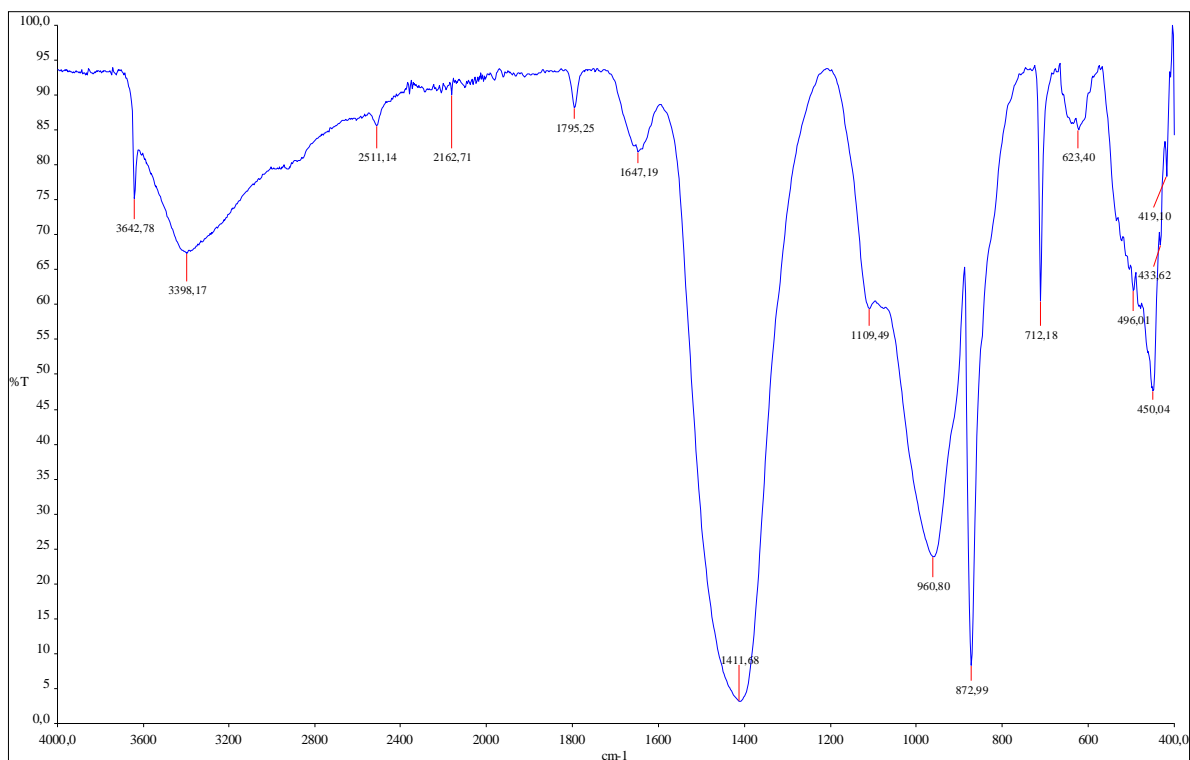


Spettrofotometria FT-IR

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+++	-	tr	+	-	-	-	-	-

Risultati. Il campione è costituito essenzialmente da calcite. In termini del tutto minoritari si rilevano piccole percentuali di composti silicatici, in piccola parte anche quarzosi.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 5, frazione interna**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+++	-	tr	+	-	-	-	+	-

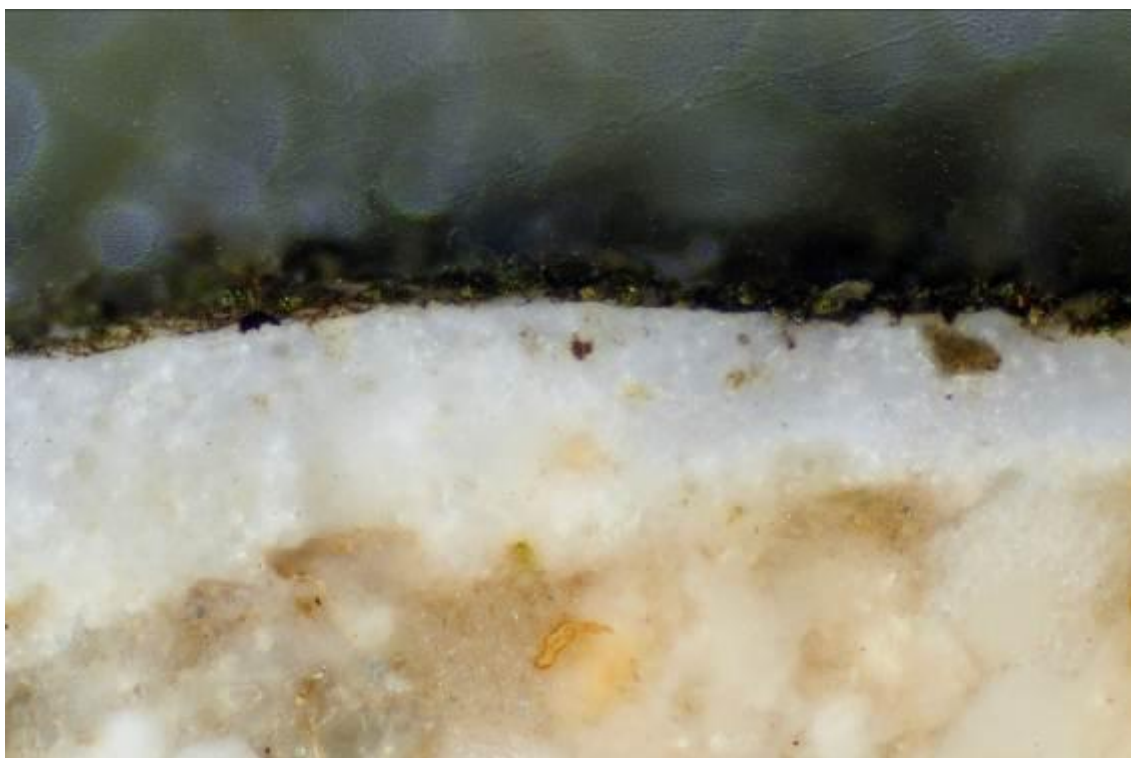
Risultati. Nel prelievo si rileva la presenza prevalentemente di calcite. In percentuali inferiori vanno segnalati composti silicatici non quarzosi e discrete quantità di idrossido di Calcio.



In corrispondenza della superficie esterna le osservazioni in sezione lucida trasversale evidenziano l'attecchimento di colonie biologiche che formano uno strato piuttosto continuo e coerente.



Campione 5. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 40.



Campione 5. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 80.



Campione 15

Il campione è costituito da un frammento lapideo prelevato dal plinto del basamento.



Campione 15. Visualizzazione punto di prelievo

Il frammento lapideo è stato sottoposto ad osservazioni in sezione sottile al fine della caratterizzazione petrografica della roccia.

Dalle osservazioni è stato possibile accertare una natura esclusivamente carbonatica del litoide, che dal punto di vista petrografico è inquadrabile -anche a motivo delle elevate percentuali di frammenti fossili- come Biocalcarenite.

Le analisi porosimetriche indicano uno stato di conservazione parzialmente alterato, con volumi di cavità totali aperte leggermente superiori a quelle di un corrispondente litotipo sano. Non si osserva sostanziale differenza (né in termini di porosità totale né di distribuzione in funzione del raggio dei pori) tra la frazione esterna e quella rappresentata dal bulk interno. Per entrambe le porzioni materiche si sono infatti accertate percentuali di pori aperti di circa il 6 % (volume cumulativo di poco inferiore al 25 mm³/g) e una campana di distribuzione piuttosto piatta.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 15****Descrizione macroscopica**

Frammento di pietra carbonatica di colore nocciola chiaro a grana grossolana.

Descrizione microscopica in sezione sottile

Composizione mineralogica, porosità e tessitura

Si tratta di un lapideo naturale a grana grossolana composto da una scarsa matrice calcitica finissima e da relativamente abbondante cemento calcareo sparitico.

Il materiale terrigeno silicatico è assente. Il lapideo non risulta dolomitizzato. Sono presenti numerosi fossili riconducibili a alghe, operculina, frammenti di rudiste, rari briozoi.

La porosità osservabile al microscopio è bassa ed è rappresentata da rare cavità primarie irregolari.

Il lapideo manifesta una tessitura cemento-sostenuta.

Parametri tessiturali	Componenti	Analisi modale
<i>Granuli allochimici</i>	Frammenti fossili	78%
<i>Matrice</i>	Micrite finissima di natura calcarea	3%
<i>Cemento</i>	Calcite sparitica	16%
<i>Porosità</i>	Vacuità irregolari primarie e rare fessurazioni secondarie	3%

Classificazione

Si tratta di una roccia carbonatica classificabile come Biocalcarenite.

Geologica Folk (1959):
Dunham (1962)

Biosparite
Grainstone

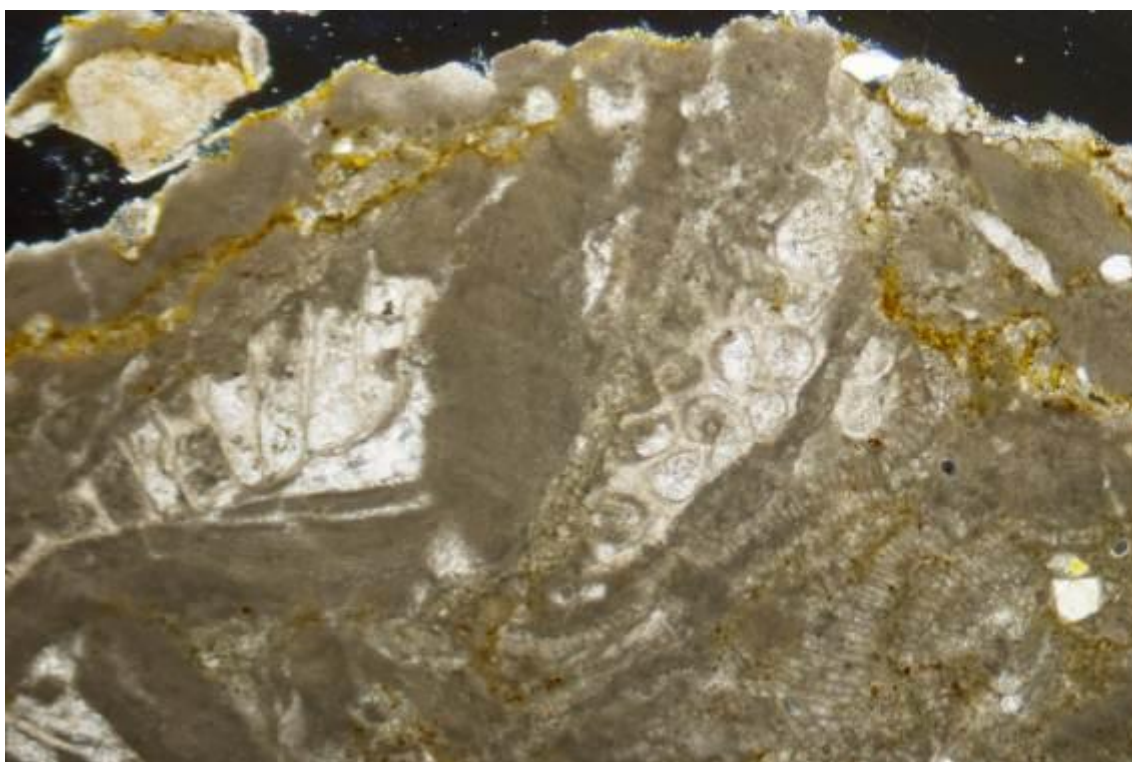
Petrografica:

Biocalcarenite





Campione 15. – *Roccia carbonatica classificabile come biocalcarene.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.*



Campione 15. – *Ulteriore fotomicrografia a del medesimo prelievo in altra zona.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.*



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
----------------	---------------------	-----------------------------------

20,00	19,67	0,80
12,00	11,96	1,20
10,00	10,00	1,50
9,00	9,01	1,60
8,00	8,11	1,70
5,00	5,06	2,50
4,50	4,57	2,70
4,00	4,06	2,90
3,00	3,03	3,30
2,50	2,52	3,50
2,00	2,04	3,90
1,60	1,62	4,20
1,10	1,11	4,80
1,00	1,01	4,90
0,90	0,91	5,10
0,82	0,82	5,30
0,80	0,79	5,20
0,75	0,76	5,30
0,70	0,72	5,40
0,62	0,62	5,60
0,60	0,61	5,70
0,55	0,56	5,80
0,50	0,51	6,00
0,40	0,40	6,60
0,38	0,39	6,70
0,30	0,30	7,20
0,22	0,22	7,90
0,20	0,20	8,20
0,18	0,18	8,40
0,11	0,11	9,60
0,10	0,10	9,80
0,08	0,08	10,40
0,06	0,06	11,10
0,04	0,04	12,30
0,02	0,02	15,30
0,01	0,01	19,90
0,006	0,006	24,70

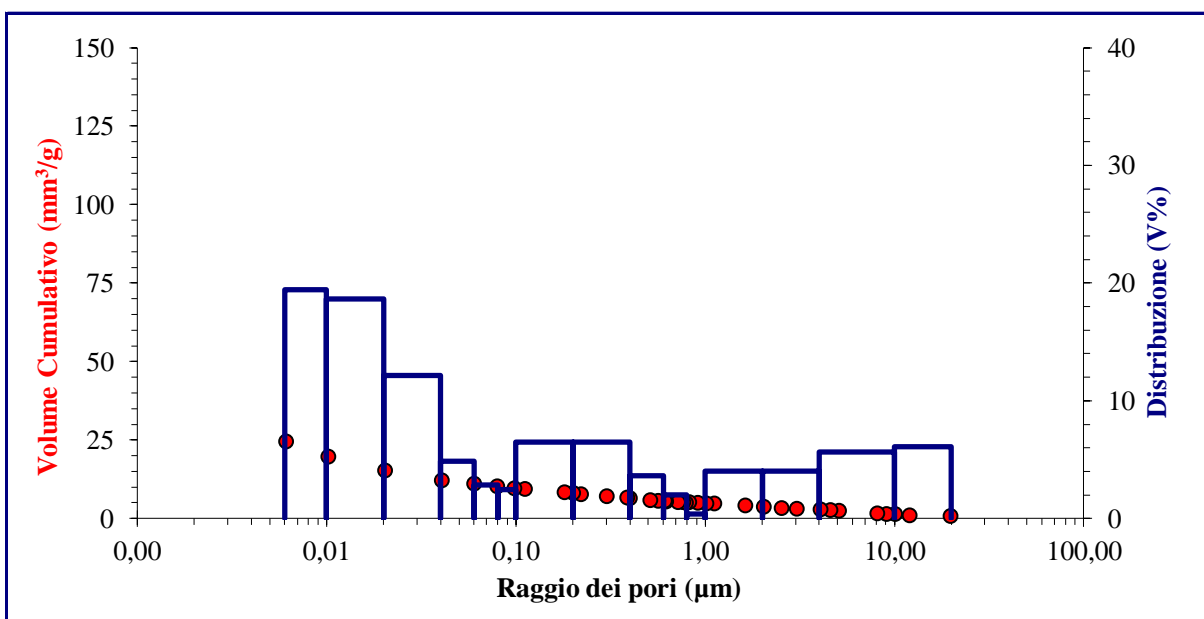
Determinazione porosimetrica

Campione 15 **Frazione superficiale**

Bulk density (g/cm³): 2,52

Porosità aperta totale stimata (%): 6,2

Volume cumulativo totale (mm³/g): 24,7



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
----------------	---------------------	-----------------------------------

20,00	19,64	0,80
12,00	12,01	1,40
10,00	10,00	1,60
9,00	9,03	1,80
8,00	8,13	1,90
5,00	5,06	2,60
4,50	4,57	2,80
4,00	4,06	3,00
3,00	3,07	3,30
2,50	2,51	3,40
2,00	2,03	3,70
1,60	1,60	3,90
1,10	1,10	4,40
1,00	1,01	4,50
0,90	0,92	4,60
0,82	0,82	4,70
0,80	0,79	4,80
0,75	0,76	4,80
0,70	0,72	4,80
0,62	0,62	5,10
0,60	0,59	5,20
0,55	0,53	5,30
0,50	0,51	5,40
0,40	0,40	5,90
0,38	0,39	5,90
0,30	0,30	6,40
0,22	0,22	7,10
0,20	0,20	7,40
0,18	0,18	7,60
0,11	0,11	8,90
0,10	0,11	9,00
0,08	0,08	9,80
0,06	0,06	10,60
0,04	0,04	11,80
0,02	0,02	15,00
0,01	0,01	19,60
0,006	0,01	24,50

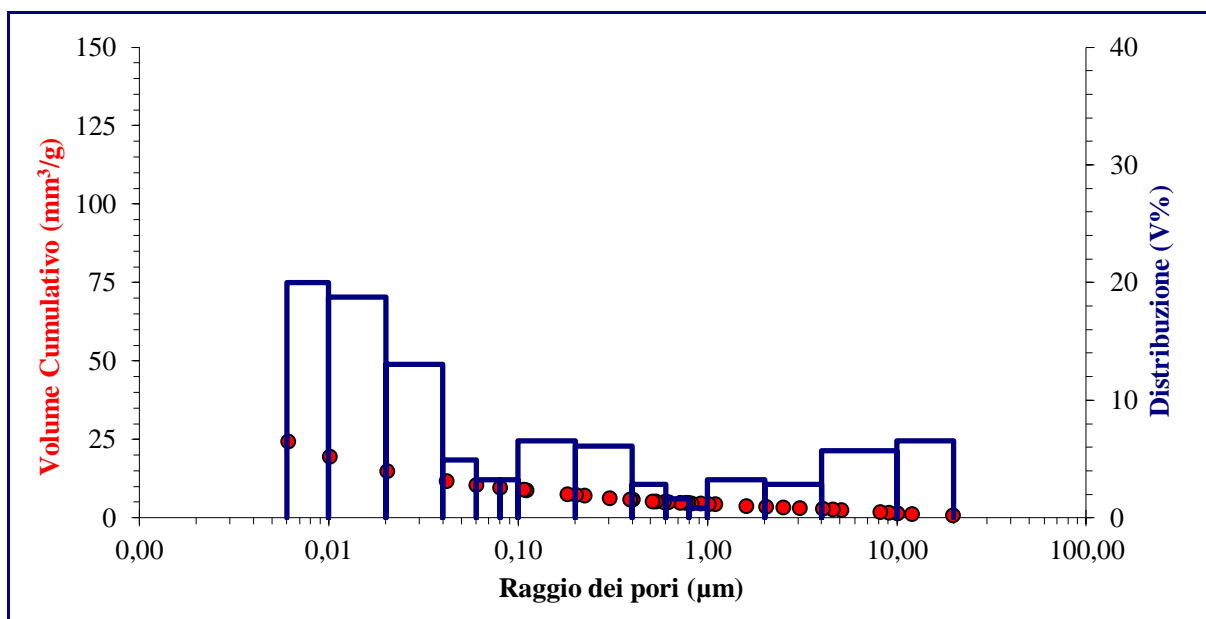
Determinazione porosimetrica

Campione 15
Bulk interno

Bulk density (g/cm³): 2,53

Porosità aperta totale stimata (%): 6,2

Volume cumulativo totale (mm³/g): 24,5



Campione 16

Il campione è costituito da un frammento lapideo prelevato dalla base della statua.



Campione 16. Visualizzazione punto di prelievo

Le prime caratterizzazioni del materiale lapideo naturale si sono concentrate sulla definizione delle peculiarità petrografiche mediante osservazioni in sezione sottile. Esse hanno sottolineato una natura esclusivamente carbonatica della roccia, inquadrabile come Biocalcarenite fine.

Il frammento è stato inoltre sottoposto a determinazione porosimetrica, accertando una percentuale di cavità aperte e una distribuzione indicative di uno stato alterativo tutt'altro che trascurabile. La porosità totale è infatti superiore al 20 %, associata ad un volume cumulativo di oltre 100 mm³/g, I macropori (con raggio compreso tra 10 e 20 µm) sono inoltre quasi il 25 %, ai quali si associano quasi il 30 % di pori a raggio compreso tra 4 e 10 µm.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 16****Descrizione macroscopica**

Frammento di pietra carbonatica di colore biancastro a grana fine.

Descrizione microscopica in sezione sottile

Composizione mineralogica, porosità e tessitura

Si tratta di un lapideo naturale a grana fine composto da grumi tondeggianti, più o meno fini, di matrice finissima calcitica e da cemento calcareo sparitico.

Il materiale terrigeno silicatico è assente. Il lapideo non risulta dolomitizzato. Sono presenti numerosi microfossili riconducibili a alghe, miliolidi, briozoi, rari gusci di lamellibranchi.

La porosità osservabile al microscopio è elevata ed è rappresentata da cavità primarie irregolari.

Il lapideo manifesta una tessitura micritico-grumosa, cemento-sostenuta.

Parametri tessiturali	Componenti	Analisi modale
<i>Granuli allochimici</i>	Frammenti fossili	46 %
<i>Matrice</i>	Micrite finissima di natura calcarea	26 %
<i>Cemento</i>	Calcite sparitica	14 %
<i>Porosità</i>	Vacuità irregolari primarie e rare fessurazioni secondarie	14 %

Classificazione

Si tratta di una roccia carbonatica classificabile come Biocalcarenite fine.

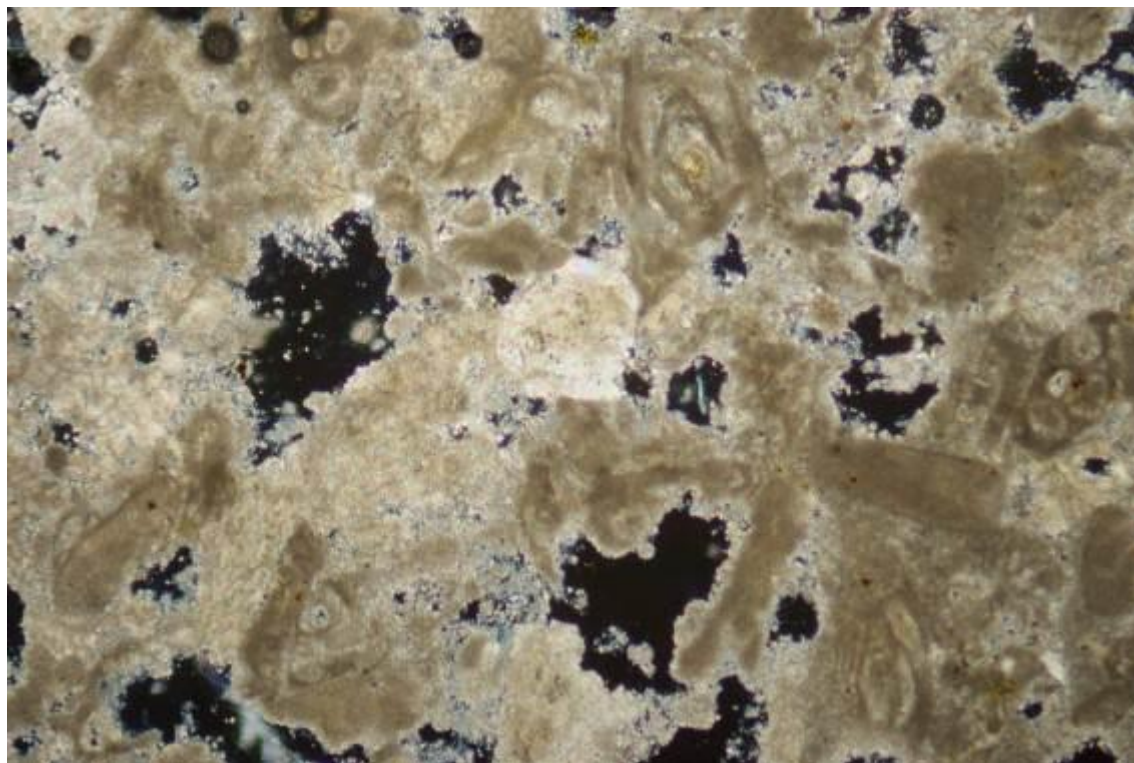
Geologica Folk (1959):
Dunham (1962)

Biosparite
Grainstone

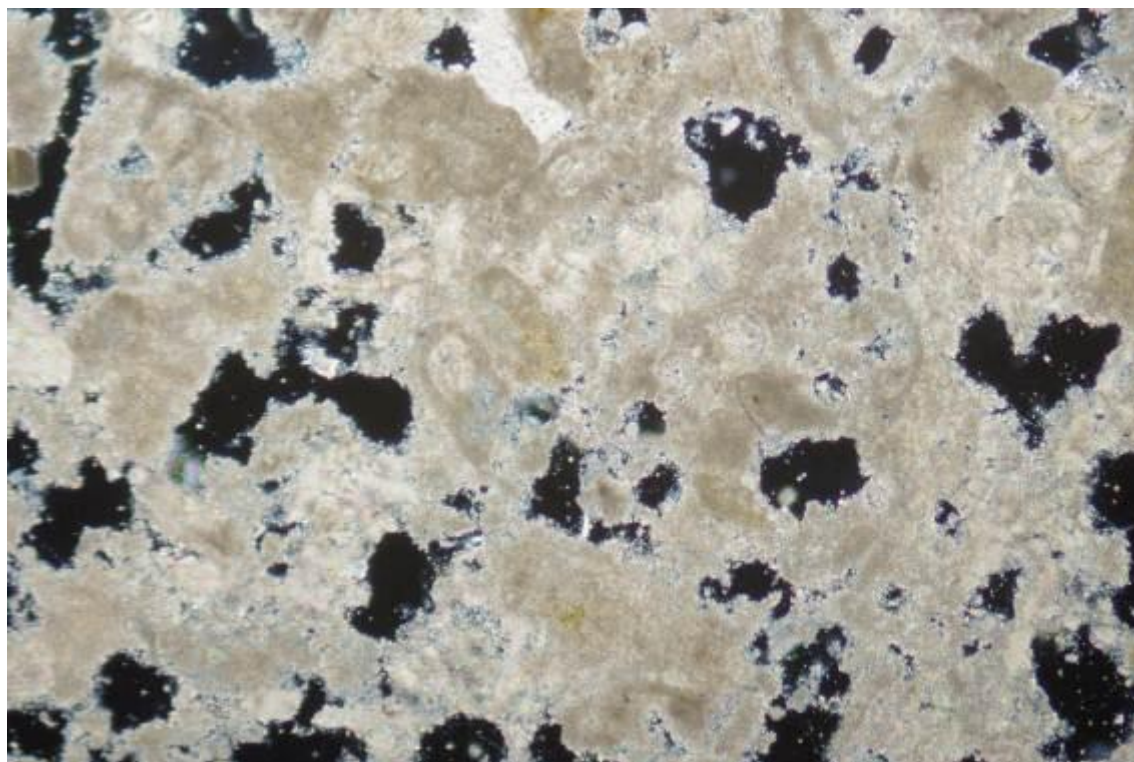
Petrografica:

Biocalcarenite fine.





Campione 16. – *Roccia carbonatica classificabile come biocalcarene fine.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.*



Campione 16. – *Particolare dell'elevata porosità del materiale lapideo.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.*



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
20,00	19,61	4,20
12,00	11,97	17,90
10,00	10,03	26,20
9,00	9,05	31,80
8,00	8,13	35,70
5,00	5,06	51,30
4,50	4,57	53,70
4,00	4,06	56,30
3,00	3,05	59,50
2,50	2,54	60,70
2,00	2,04	62,20
1,60	1,61	64,00
1,10	1,11	67,30
1,00	1,02	68,00
0,90	0,91	68,90
0,82	0,82	69,60
0,80	0,81	69,80
0,75	0,74	70,40
0,70	0,71	70,80
0,62	0,62	71,70
0,60	0,61	71,80
0,55	0,56	72,40
0,50	0,51	73,10
0,40	0,40	74,80
0,38	0,38	75,30
0,30	0,30	77,40
0,22	0,22	80,60
0,20	0,20	81,50
0,18	0,18	82,70
0,11	0,11	87,70
0,10	0,11	88,30
0,08	0,08	90,50
0,06	0,06	92,50
0,04	0,04	94,80
0,02	0,02	98,90
0,01	0,01	103,10
0,006	0,006	107,00

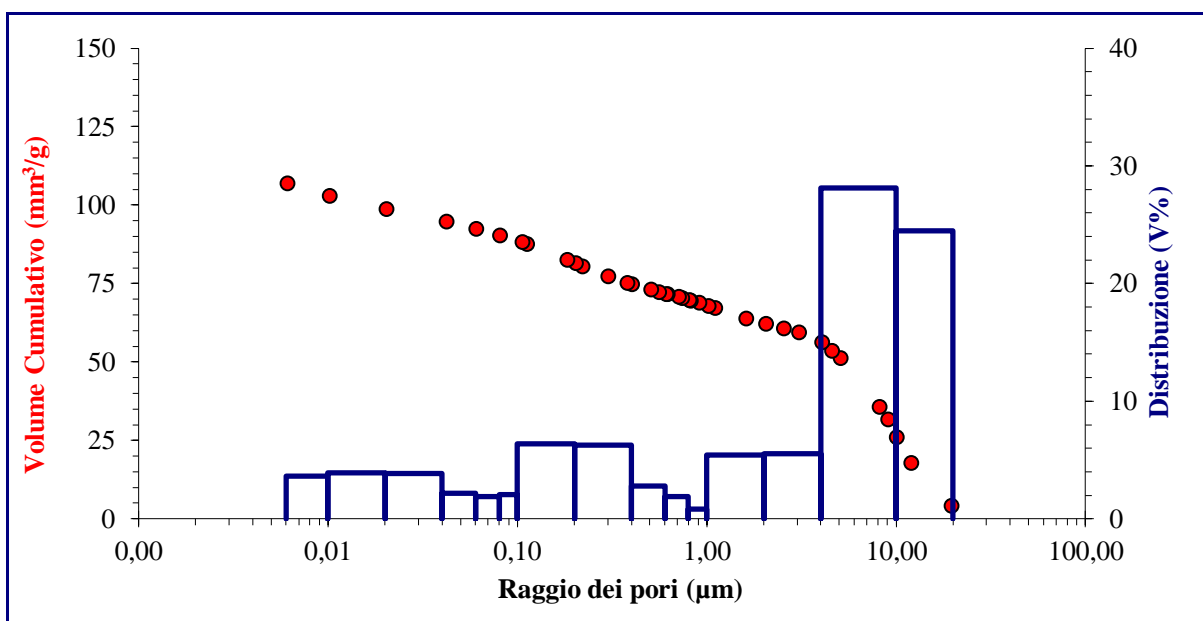
Determinazione porosimetrica

Campione 16

Bulk density (g/cm³): 2,02

Porosità aperta totale stimata (%): 21,6

Volume cumulativo totale (mm³/g): 107,0



Determinazione del contenuto di specie ioniche idrosolubili

Anche per il manufatto scultoreo raffigurante Endimione sono state operati campionamenti finalizzati alla determinazione della distribuzione di sali solubili in funzione dell'altezza e della profondità (quota 60, 128 e 180 cm, e 0-2 e 2-10 cm di profondità).

Le indagini, operate per via conduttimetrica su soluzioni allo 0,1 % hanno consentito di accertare conduttanze elettriche specifiche in linea con la statua raffigurante Giunone, con valori mai inferiori a 200 μS . Si tratta di conducibilità elevate in senso assoluto, giustificabili nella generale solfatazione delle matrici, che non di rado interessa anche le porzioni più interne dei conci.

Determinazione conduttimetrica del contenuto di sali solubili totali
STATUA 2

Altezza/Profondità (cm)	Massa camp. (g)	Cond. H ₂ O (μS)	Cond. Soluz. (μS)	Cond. Spec. ($\mu\text{S/g}$)	Sali sol. % (stima)
180/0-2	0,1048	11,0	286,0	262,40	18,05
180/2-10	0,1044	11,0	243,0	222,22	15,29
128/0-2	0,1056	11,0	261,0	236,74	16,29
128/2-10	0,1006	11,0	215,0	202,78	13,95
60/0-2	0,1023	11,0	229,0	213,10	14,66
60/2-10	0,1106	11,0	286,0	248,64	17,11



Monitoraggio elementi metallici – Statua 2

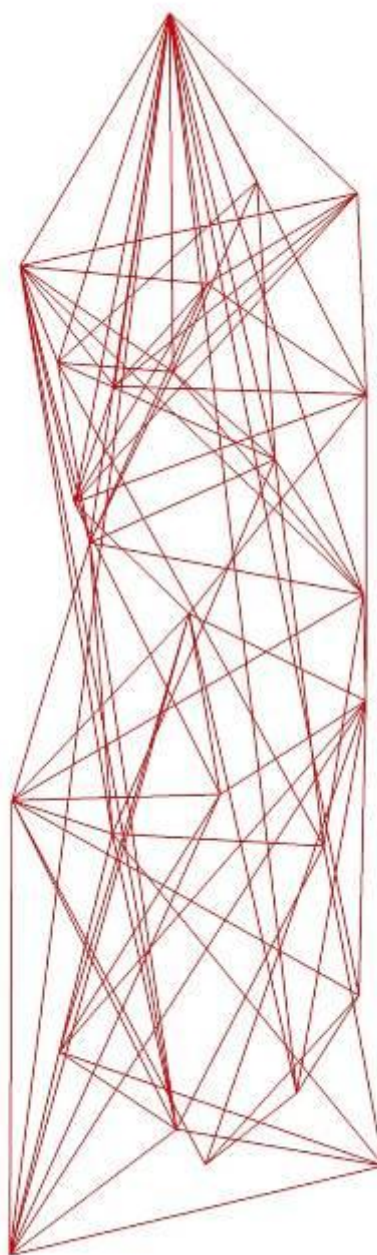


Legenda:	<div><div>●</div> segnale tipico di un elemento metallico di dimensione limitate o, se maggiori, disposto di testa</div>
	<div><div>.....</div> imperniatura di dimensioni contenute</div>
	<div><div>- -</div> perno interno di dimensioni maggiori</div>



Misure Ultrasoniche in tomografia 3D – Statua 2

Foto della statua



Schema dei percorsi indagati



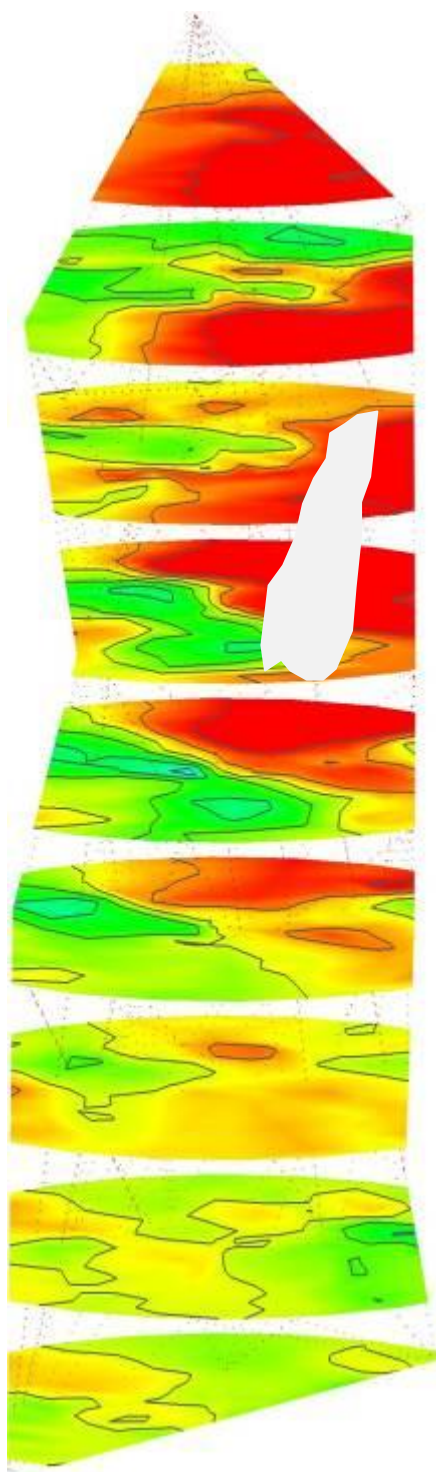


Grafico di alcune sezioni orizzontali

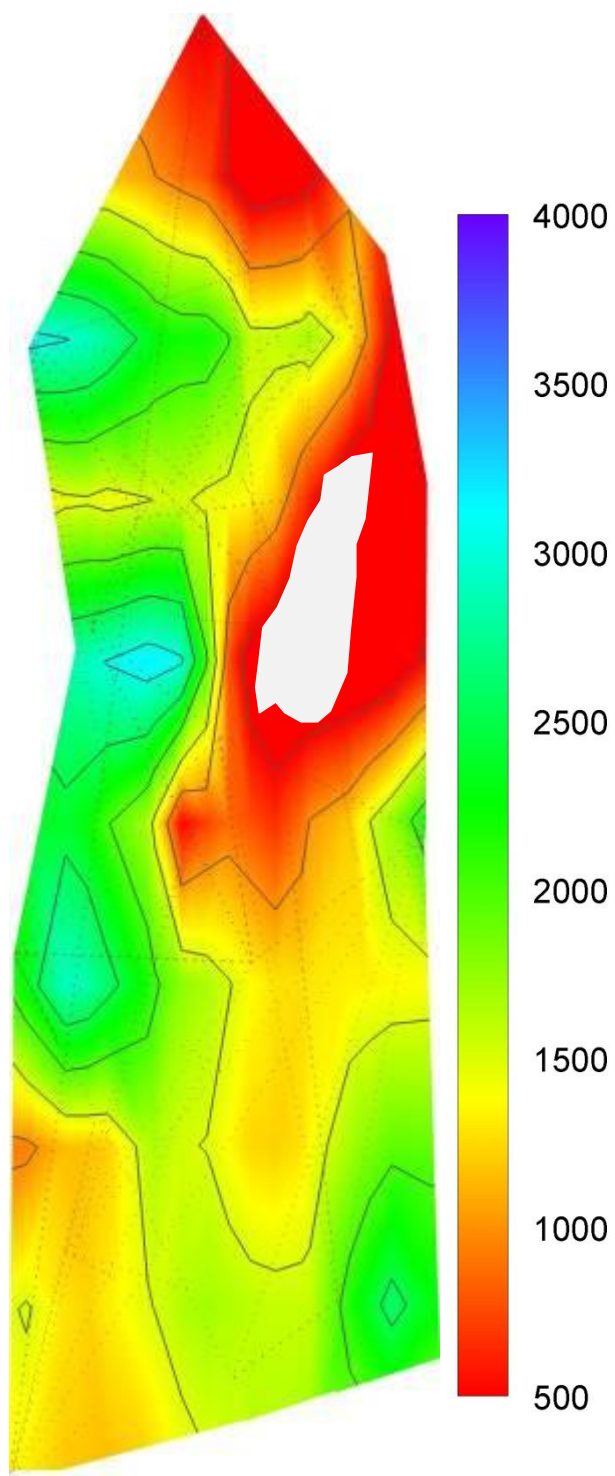


Grafico della sezione verticale mediana



Osservazioni

Complessivamente i dati raccolti mostrano una condizione generale, in termini di continuità materica, debole.

Nel caso di questa statua la situazione risulta essere sicuramente più critica rispetto alla statua precedente.

Le aree nelle quali il valore ultrasonico risulta basso o addirittura si interrompe sono diverse. Alcune di queste si trovano in corrispondenza di vecchie fessurazioni nelle quali il precedente intervento sembra non avere più efficacia.

Nelle foto sottostanti vengono evidenziate le diverse aree critiche: area del collo, avambraccio sinistro, polso sinistro, addome, polpaccio destro, zona alta del tronco sul quale la figura si appoggia.

Si tratta di aree nelle quali i valori di velocità ultrasonica diminuiscono notevolmente e nei casi più gravi si interrompono.

La statua presenta inoltre un complesso quadro di elementi metallici, che sono la prova dell'esistenza di precedenti interventi che per certi versi hanno almeno in parte preso la loro funzionalità.

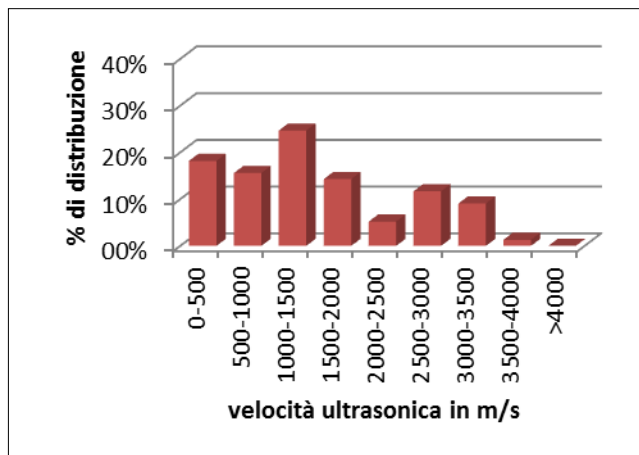


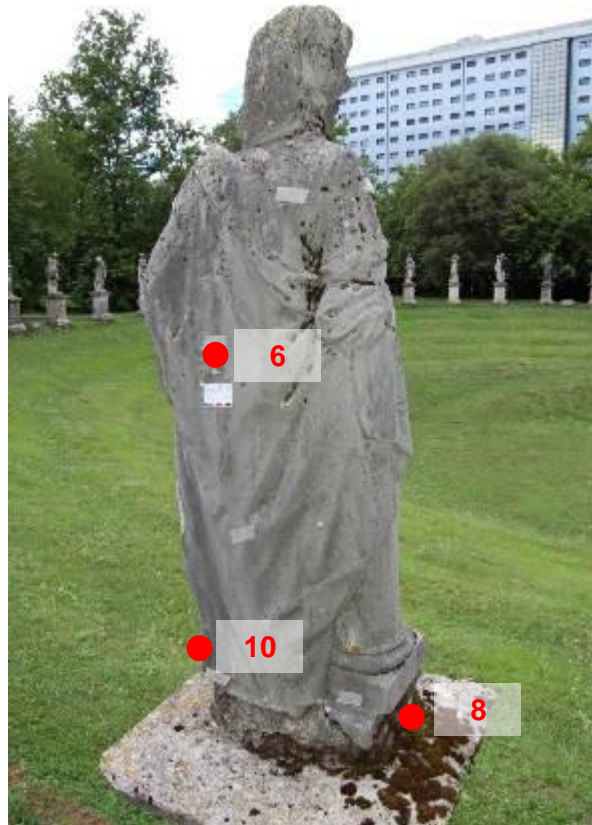
Figura 1. Grafico di distribuzione della velocità ultrasoniche



Figura 2. Aree critiche









Statua 3

Statua 3**Campionamenti**

I campionamenti hanno riguardato principalmente le superfici alle quote mediane e inferiori del manufatto scultorei, con un unico prelievo relativo al basamento.



STATUA 3		
Campione	Descrizione	Visualizzazione Area di prelievo
6	Frammento lapideo prelevato dalla parte posteriore della veste.	
7	Frammento con patina prelevato dalla parte anteriore della veste.	
8	Frammento della malta di allettamento del basamento.	
9	Frammento di materiale lapideo naturale prelevato dal basamento.	
10	Frammento con patina superficiale prelevato alla base della veste sul fianco sinistro.	
11	Polvere superficiale asportata mediante incisione con bisturi.	



Campione 6

Il campione è costituito da un frammento lapideo prelevato dalla parte posteriore della veste.



Campione 6. Visualizzazione punto di prelievo

Le differenti caratteristiche petrografiche della Statua 3- apprezzabili anche macroscopicamente rispetto alle Statue 1 e 2- sono state confermate dalle osservazioni in sezione sottile. In questo caso non si tratta di Biocalcarenite, ma di Calcare micritico. Le peculiarità tessiturali sono di fatto assimilabili alla Pietra d'Istria.

La porosità è sufficientemente contenuta (3,3 %) con un contributo di macropori nel complesso modesto, a testimonianza di uno stato di conservazione tutto sommato buono.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 6****Descrizione macroscopica**

Frammento di pietra carbonatica di colore beige a grana micritica.

Descrizione microscopica in sezione sottile*Composizione mineralogica, porosità e tessitura*

Si tratta di un lapideo naturale a grana fine composto da grumi, più o meno fini, di matrice calcitica finissima e da raro cemento calcareo sparitico.

Il materiale terrigeno silicatico è assente. Il lapideo non risulta dolomitizzato. Non si rileva la presenza di fossili.

La porosità osservabile al microscopio è bassa ed è rappresentata da rare cavità primarie irregolari.

Il lapideo manifesta una tessitura micritico-grumosa.

Parametri tessiturali	Componenti	Analisi modale
<i>Granuli allochimici</i>	Assenti	-
<i>Matrice</i>	Micrite finissima di natura calcarea	92 %
<i>Cemento</i>	Calcite sparitica	7 %
<i>Porosità</i>	Vacuità irregolari primarie e rare fessurazioni secondarie	1 %

Classificazione

Si tratta di una roccia carbonatica classificabile come Biocalcarenite fine.

Geologica Folk (1959):
Dunham (1962)

Calcare micritico
Mudstone

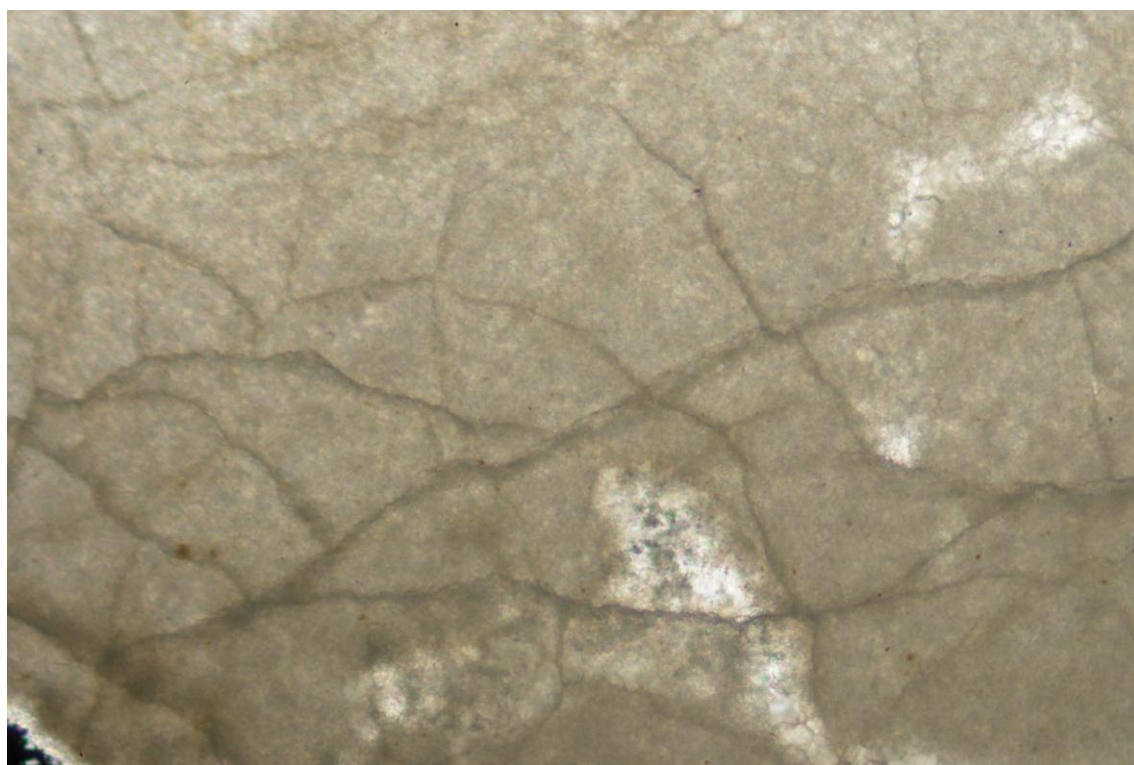
Petrografica:

Calcare micritico.





Campione 6. – *Roccia carbonatica classificabile come calcare micritico.*
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.



Campione 6. – *Ulteriore fotomicrografia a maggiori ingrandimenti.*
Sezione sottile, luce trasmessa, 100 X, N+.



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
20,00	19,59	0,40
12,00	11,99	0,70
10,00	10,01	0,80
9,00	9,03	0,90
8,00	8,11	0,90
5,00	5,06	1,20
4,50	4,56	1,20
4,00	4,06	1,30
3,00	3,05	1,00
2,50	2,52	1,00
2,00	2,04	1,00
1,60	1,64	1,00
1,10	1,11	1,00
1,00	1,01	1,00
0,90	0,92	1,10
0,82	0,83	1,20
0,80	0,81	1,20
0,75	0,73	1,30
0,70	0,71	1,30
0,62	0,62	1,40
0,60	0,61	1,40
0,55	0,53	1,60
0,50	0,51	1,70
0,40	0,41	2,20
0,38	0,38	2,40
0,30	0,30	3,00
0,22	0,22	3,70
0,20	0,20	4,00
0,18	0,18	4,10
0,11	0,11	5,00
0,10	0,10	5,20
0,08	0,08	5,60
0,06	0,06	6,00
0,04	0,04	6,80
0,02	0,02	8,00
0,01	0,01	10,40
0,006	0,006	13,00

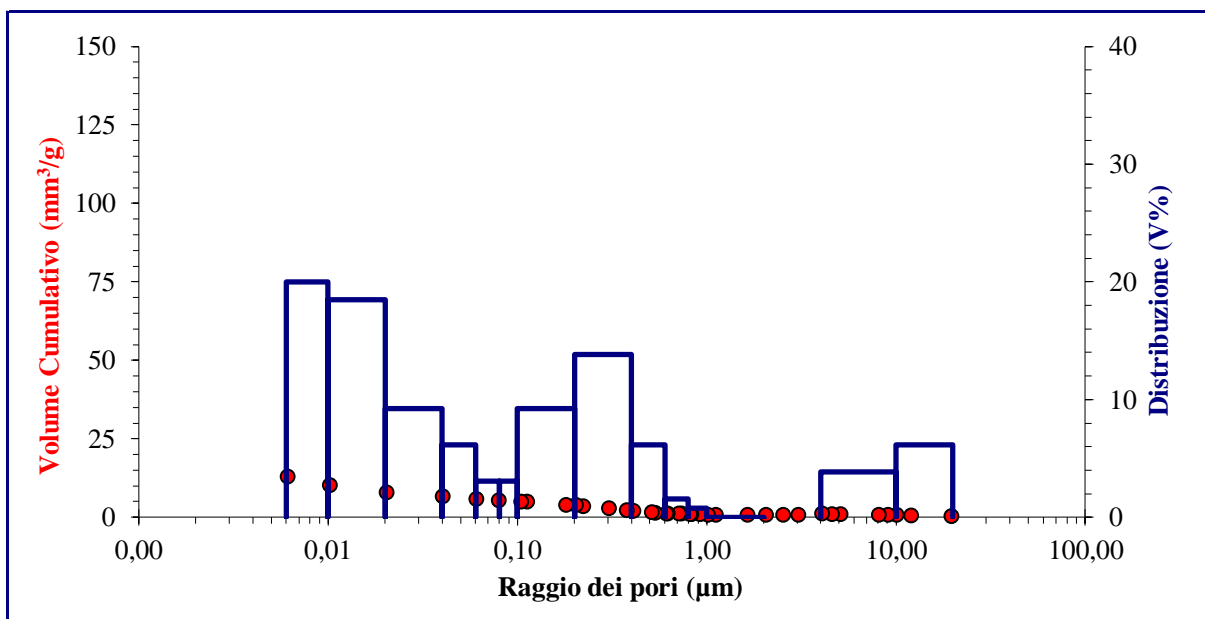
Determinazione porosimetrica

Campione 6

Bulk density (g/cm³): 2,61

Porosità aperta totale stimata (%): 3,3

Volume cumulativo totale (mm³/g): 13,0



Campione 7

Il campione è costituito da un frammento della malta di allettamento del basamento.



Campione 7. Visualizzazione punto di prelievo

Le osservazioni stratigrafiche in microscopia ottica ed elettronica sottolineano una buona compattezza delle matrici lapidea, che tuttavia presenta una modesta perdita di compattezza nei 100 μm più superficiali, dove la tessitura appare leggermente disgregata con un aumento della porosità. L'alterazione è comunque esclusivamente di tipo fisico, in quanto la solfatazione è di fatto assente.

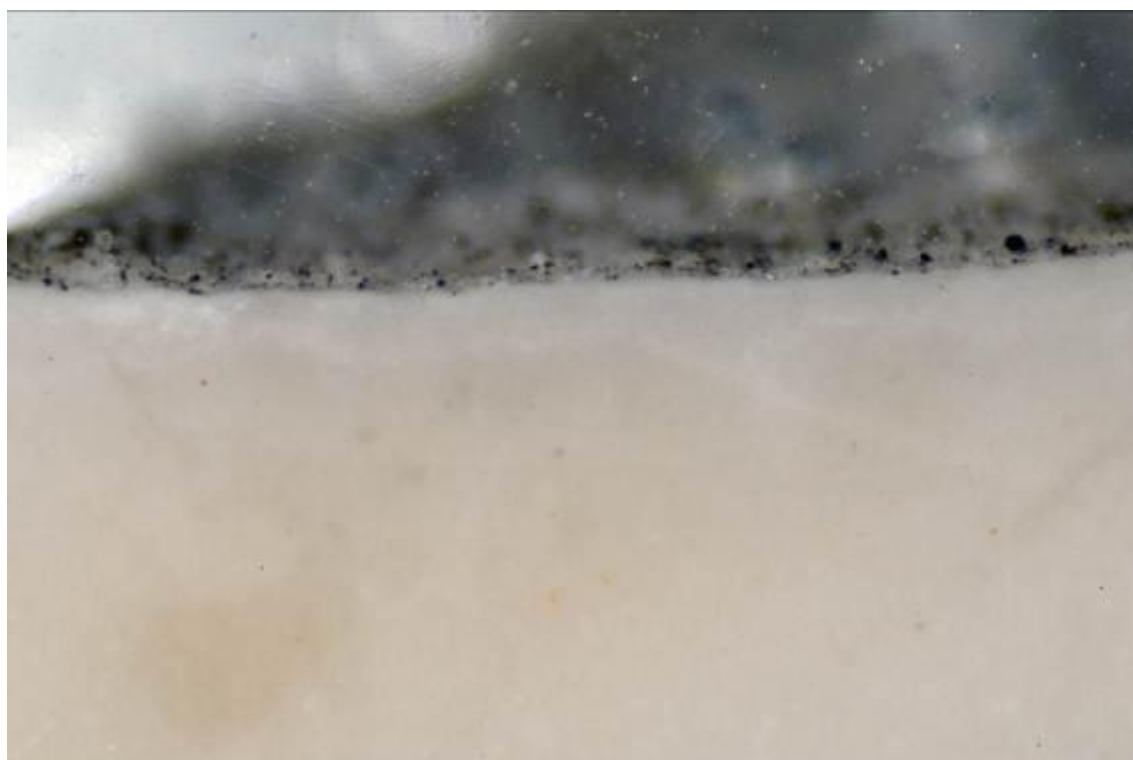
Solo in corrispondenza della superficie risulta presente una fine deposizione di gesso, frazioni silicatiche e rari globuli carboniosi, e al di sotto di tale sottile strato nerastro è riconoscibile una sottile e regolare stesura di colore bianco, caratterizzata dalla presenza di elementi pesanti, e costituita da biacca. Lo spessore è molto esiguo, risultato di un probabile depauperamento dello strato originario, attualmente di soli 10 μm .

L'analisi spettrofotometrica infrarossa conferma la natura solfatica della frazione stratigrafica più esterna. Sono comunque significativi i segnali attribuibili ad ossalato di Calcio idrato (Whewellite), a testimonianza che l'area di campionamento è in effetti stata interessata a trattamenti in epoche passate, successivamente degradatisi in patine ad ossalato.



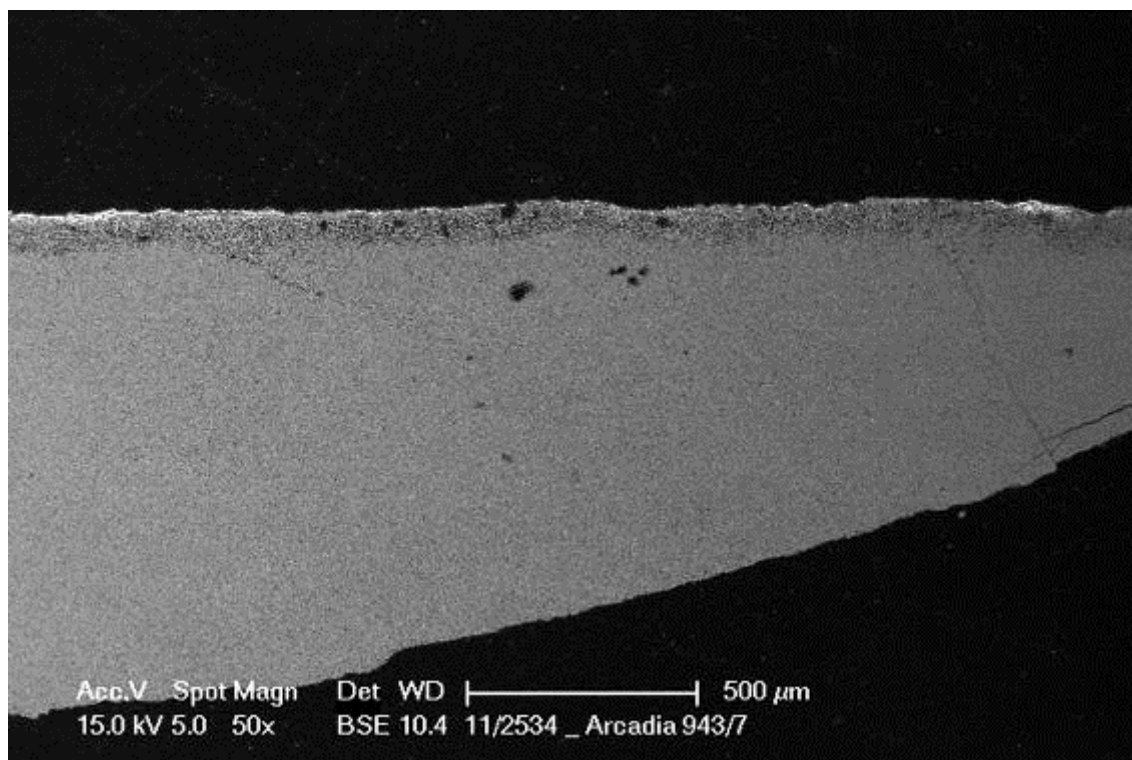


Campione 7. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 40.

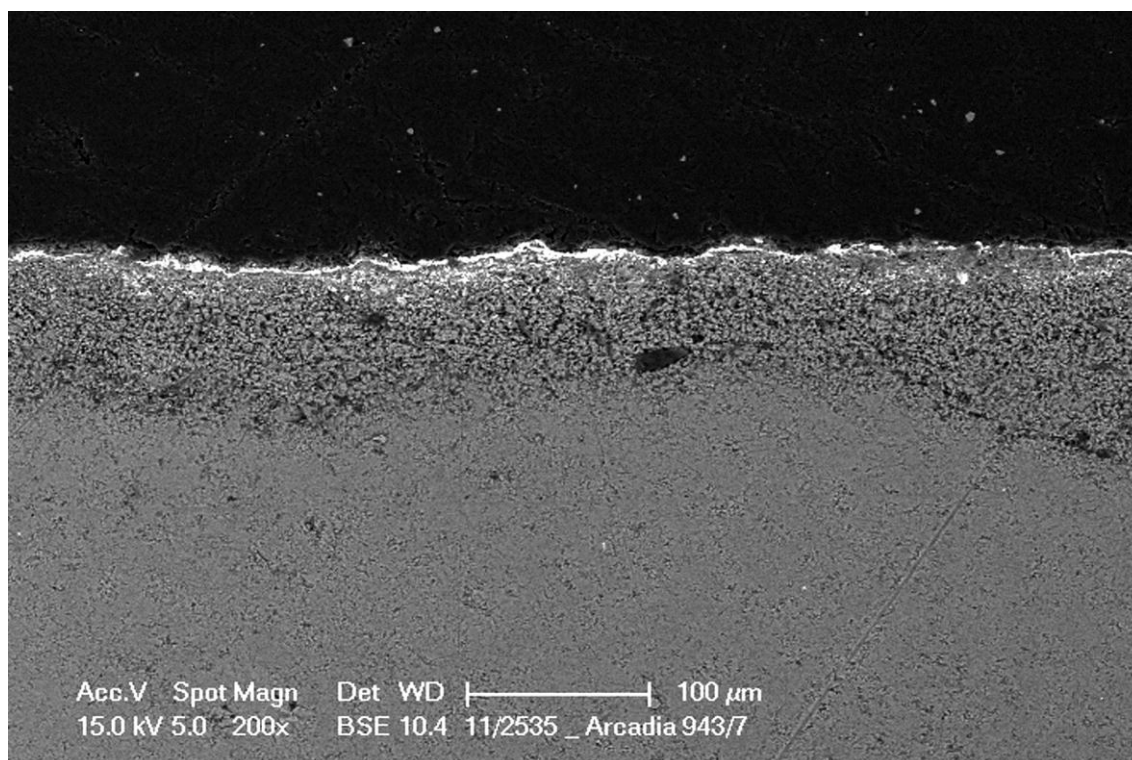


Campione 7. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 80.



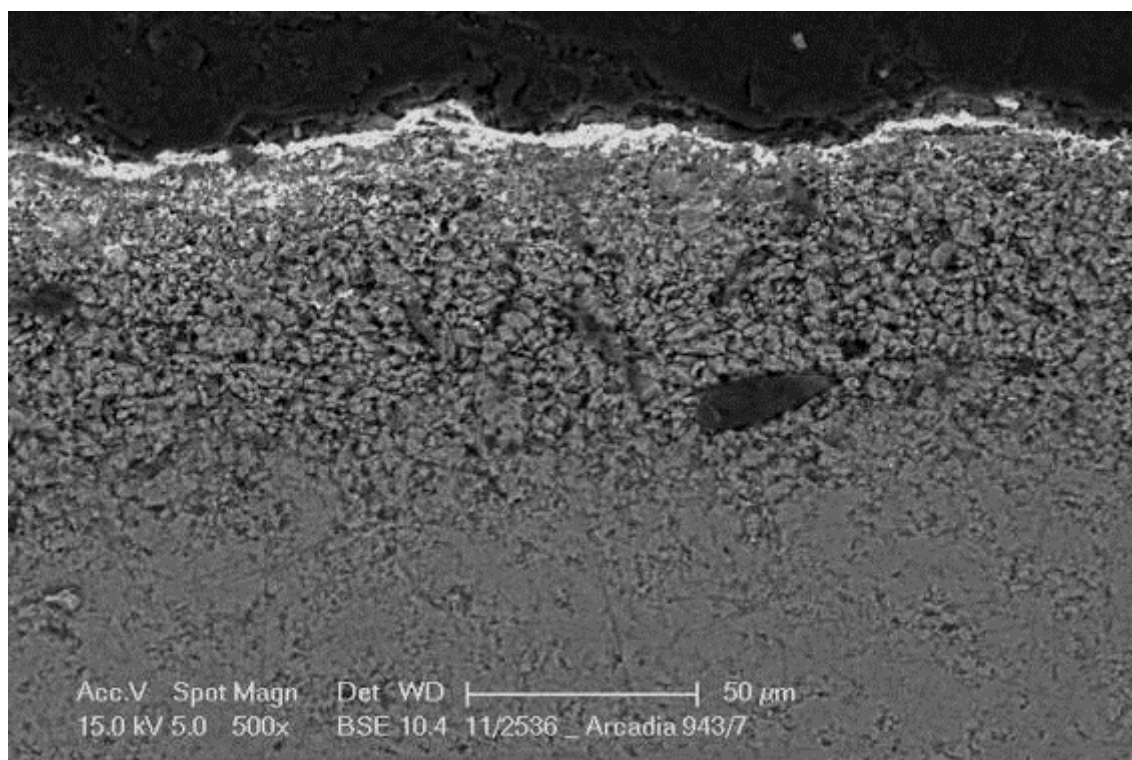


*Campione 7. Immagine al SEM a bassi ingrandimenti della sezione stratigrafica.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 50.*

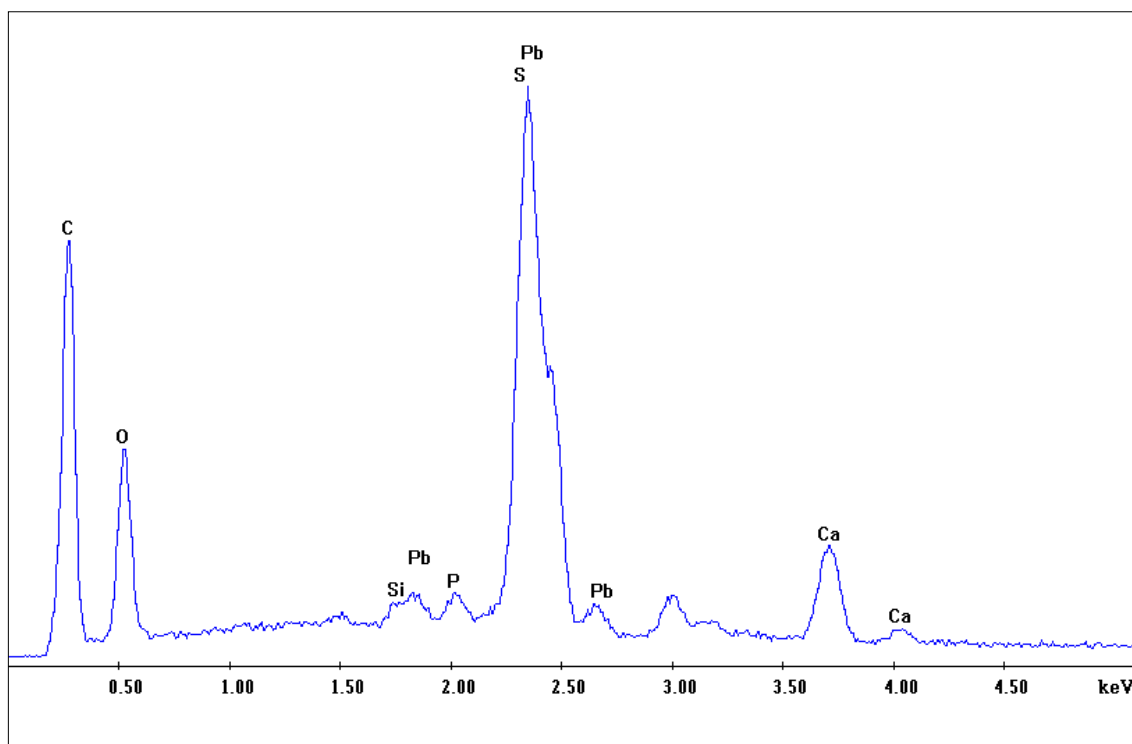


*Campione 7. Immagine al SEM della porzione più superficiale del frammento stratigrafico.
Si nota la parziale alterazione fisica dei 100 μ m più esterni della pietra.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 200.*



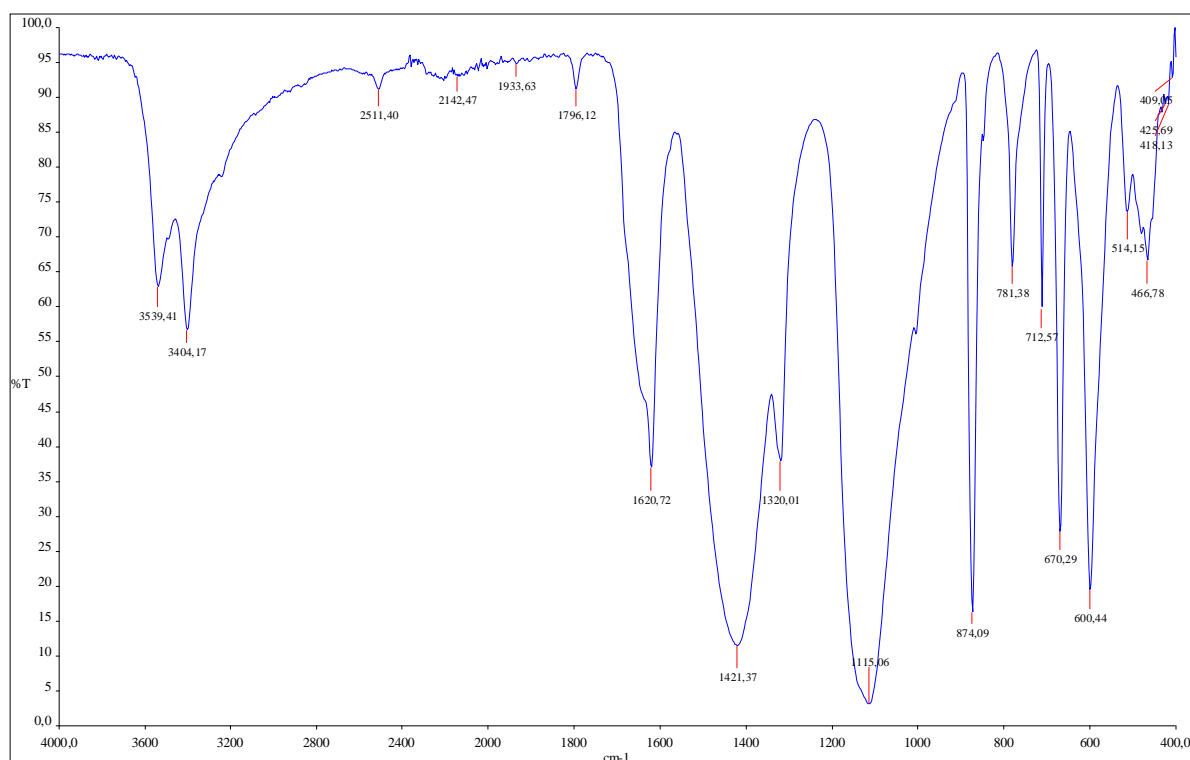


Campione 7. Particolare al SEM della sottile stesura di biacca, caratterizzata da elevata luminosità e contrasto per la presenza dell'elemento a elevato peso atomico (Piombo). Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 500.



Campione 7. Microanalisi EDS dello strato a biacca.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 7, patina**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
++	+++	-	+	-	+	-	-	-

Risultati. Nel prelievo si sono accertati, in ordine di abbondanza decrescente, gesso, calcite, ossalato di Calcio idrato (Whewellite) e composti silicatici.



Campione 8

Il campione è costituito da un frammento della malta di allettamento del basamento.



Campione 8. Visualizzazione punto di prelievo

Da un punto di vista tecnologico l'impasto è risultato essere stato realizzato con una matrice legante rappresentata da cemento, con una frazione inerte costituita da sabbia fluvioalluvionale e natura mineralogica mista (carbonatica e quarzoso-silicatica in rapporto di circa 1/1). La granulometria è centrata nella classe arenacea, in particolare media e grossolana.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 8****Descrizione preliminare**

Impasto di colore grigio, piuttosto tenace e coesivo, a granulometria arenacea-siltosa.

Analisi microscopica petrografica in sezione sottile

Gli aggregati sono rappresentati da frazione inerte costituita da:

- 45 % frammenti di calcari sparitici, micritici, cristallini e calcari marnosi;
- 35%: frammenti di quarzo mono e policristallino;
- 12%: frammenti di feldspati;
- 6% frammenti di rocce silicatiche porfiriche;
- 2 %:ossidi di Ferro

Tipo di carica: sabbia fluvioalluvionale di natura sia silicatiche che carbonatica

Aggregato

<i>Granulometria</i>	Arenaceo molto grossolano (2-1 mm) – siltoso grossolano (0,062-0,032 mm).
<i>Granulometria prevalente</i>	Arenaceo grossolano-medio (1-0,25 mm).
<i>Classazione</i>	Scarsamente classato.
<i>Forma</i>	Sfericità da medio a bassa / frammenti spigolosi.
<i>Morfologia sup..</i>	Liscia.
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea.
<i>Addensamento</i>	Stima rapporto clasti-matrice: medio-elevato (45%).

Granulometria

<i>Distribuzione granulometrica</i>		
<i>Classe granulometrica</i>	<i>mm</i>	<i>%</i>
Micronglomeratica	4-2	-
Arenacea molto grossolana	2-1	10
Arenacea grossolana	1-0.5	32
Arenacea media	0.5-0.25	30
Arenacea fine	0.25-0.125	16
Arenacea molto fine	0.125-0.062	9
Siltosa	< 0.062	3



Matrice

Struttura	Eterogenea con numerosi aggregati di belite e celite
Tessitura	Massa di fondo da colloforme a sparitica.
Rapporti clasti/matrice	Non rilevati.
Composizione	Cemento.

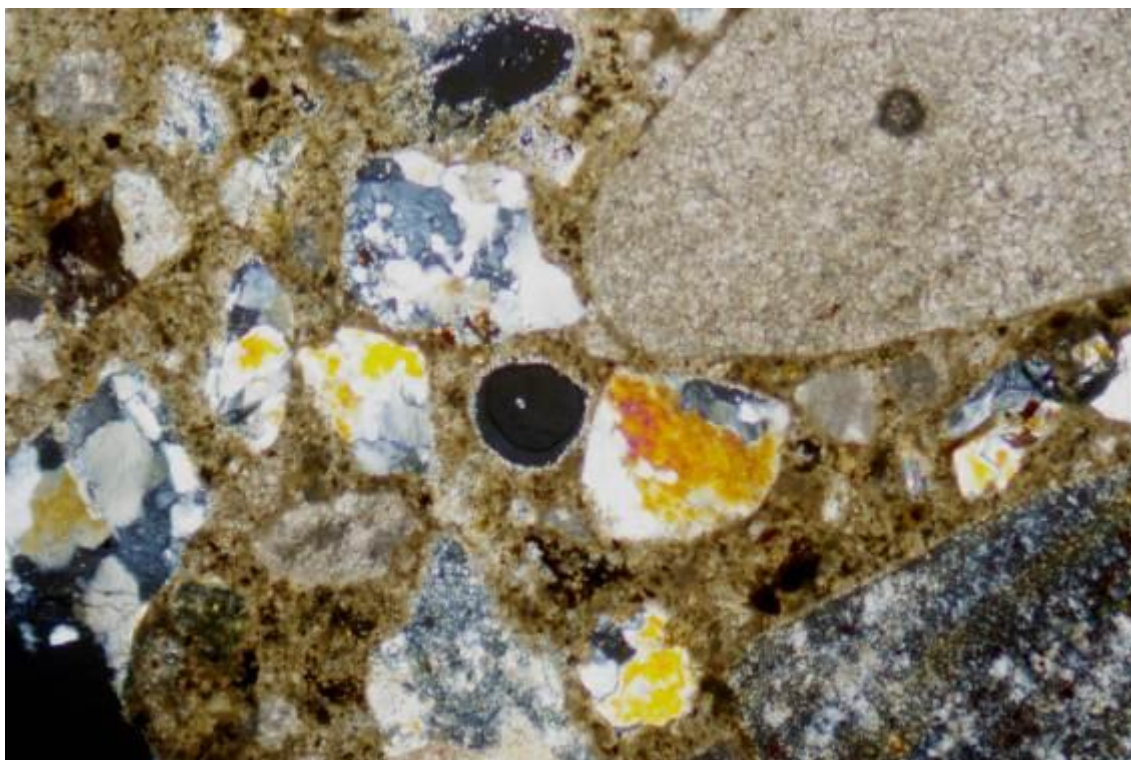
Porosità

Percentuale dei pori	Media (18 %).
Origine della porosità	Prettamente primaria.
Forma dei pori	Bollosità e vacuità irregolari da legante.

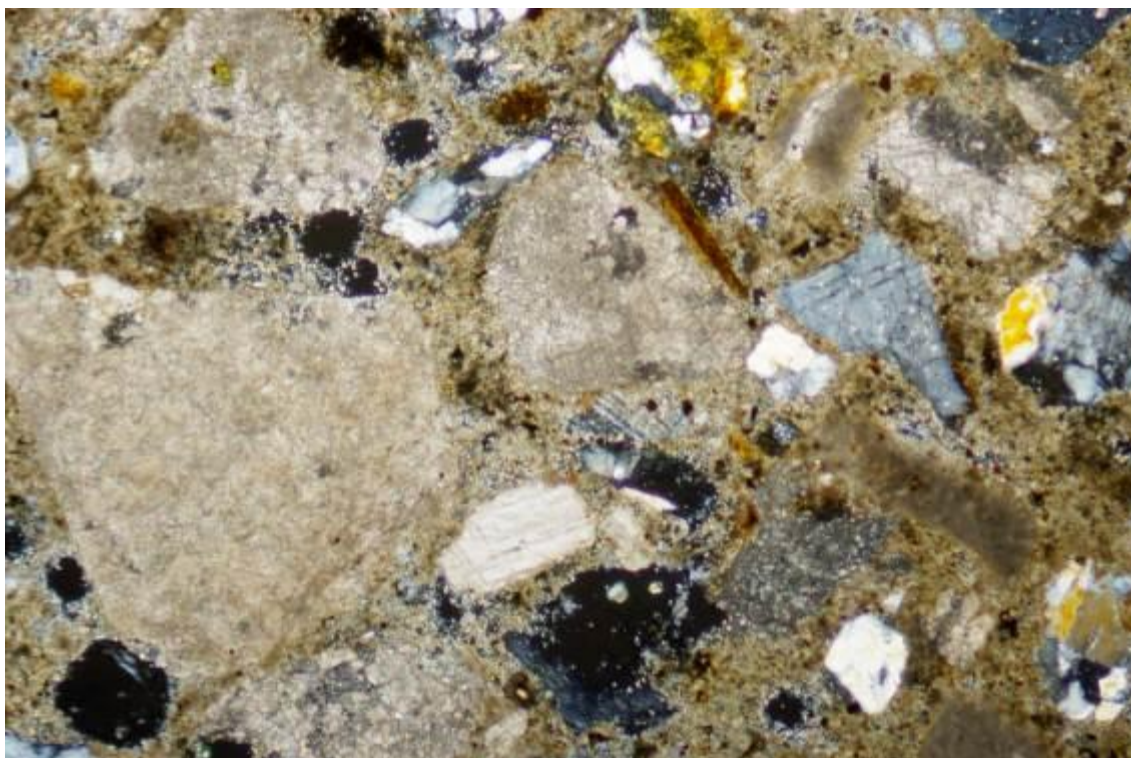
Considerazioni sull'impasto

<i>Tipo di impasto</i>	<p>Impasto di fondo di colore grigio ottenuto dalla miscela di cemento e sabbia scarsamente classata di natura sia silicatica che carbonatica.</p> <p>Le dimensioni degli aggregati sono comprese tra 1,8 mm e 0,05 mm, con prevalenza della frazione da arenaceo grossolana-media.</p> <p>La stima visiva dell'addensamento suggerisce un rapporto legante/inerte compreso in valori tra 1/3 e 1/3,5.</p> <p>L'impasto presenta una porosità media e nel complesso si presenta sufficientemente conservato.</p>
------------------------	--





Campione 8. – Impasto di colore grigio a base di cemento e sabbia di fiume costituita da frammenti sia silicatici che carbonatici.
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.



Campione 8. Fotomicrografia in area diversa.
Sezione sottile, luce trasmessa, 100 X, N+.



Campione 9

Il campione è costituito da un frammento di materiale lapideo naturale prelevato dal basamento.



Campione 9. Visualizzazione punto di prelievo

Sottoposta a caratterizzazione petrografica in sezione sottile, la roccia presenta natura chimica quasi completamente carbonatica, ed è classificabile come Biocalcarenite (leggermente marnosa).

Le misure porosimetriche, che hanno interessato sia la frazione superficiale che il bulk interno, hanno evidenziato percentuali di cavità aperte totali accessibili al Mercurio abbastanza contenute, anche se comunque indicative di una modesta alterazione, almeno delle frazioni più superficiali, per le quali si assiste ad un modesto, ma significativo aumento del contributo dei macropori.

In termini assoluti le porosità della porzione esterna e di quella più interna sono rispettivamente del 7,1 e del 5,7 %, con volumi cumulativi di 28,6 e 22,8 mm³/g.



Osservazioni mineralogico-petrografiche in sezione sottile**Campione 9****Descrizione macroscopica**

Frammento di pietra carbonatica di colore nocciola a grana grossolana.

Descrizione microscopica in sezione sottile

Composizione mineralogica, porosità e tessitura

Si tratta di un lapideo naturale a grana grossolana composto da una scarsa e finissima matrice calcitica e da abbondante cemento calcareo sparitico.

Il materiale terrigeno silicatico è rappresentato da frammenti di quarzo e minerali argilloso-ocracei. Il lapideo non risulta dolomitizzato. Sono presenti assai numerosi fossili riconducibili a alghe, nummulitici, rari briozoi e gusci di lamellibranchi.

La porosità osservabile al microscopio è bassa ed è rappresentata da rare cavità primarie irregolari.

Il lapideo manifesta una tessitura cemento-sostenuta.

Parametri tessiturali	Componenti	Analisi modale
<i>Granuli allochimici</i>	Frammenti fossili	75 %
<i>Matrice</i>	Micrite finissima di natura calcarea	2 %
<i>Cemento</i>	Calcite sparitica	19 %
<i>Porosità</i>	Vacuità irregolari primarie e rare fessurazioni secondarie	4 %

Classificazione

Si tratta di una roccia carbonatica classificabile come Biocalcarenite leggermente marnosa.

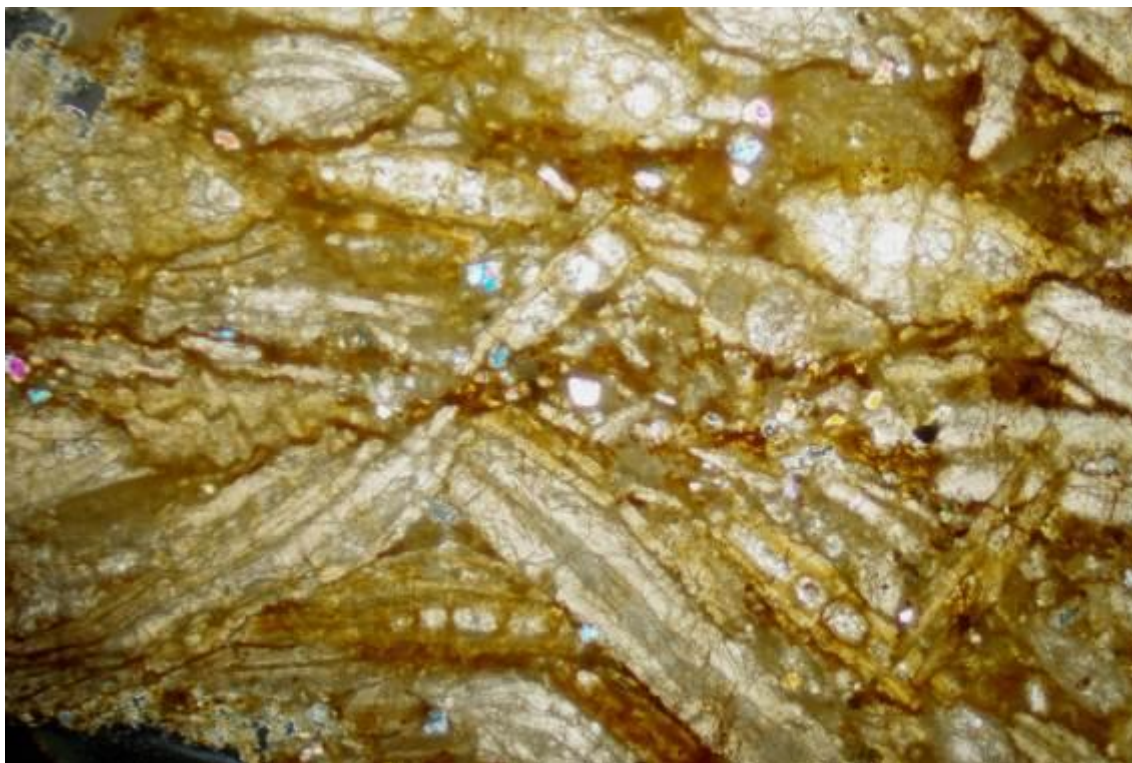
Geologica Folk (1959):
Dunham (1962)

Biosparite
Grainstone

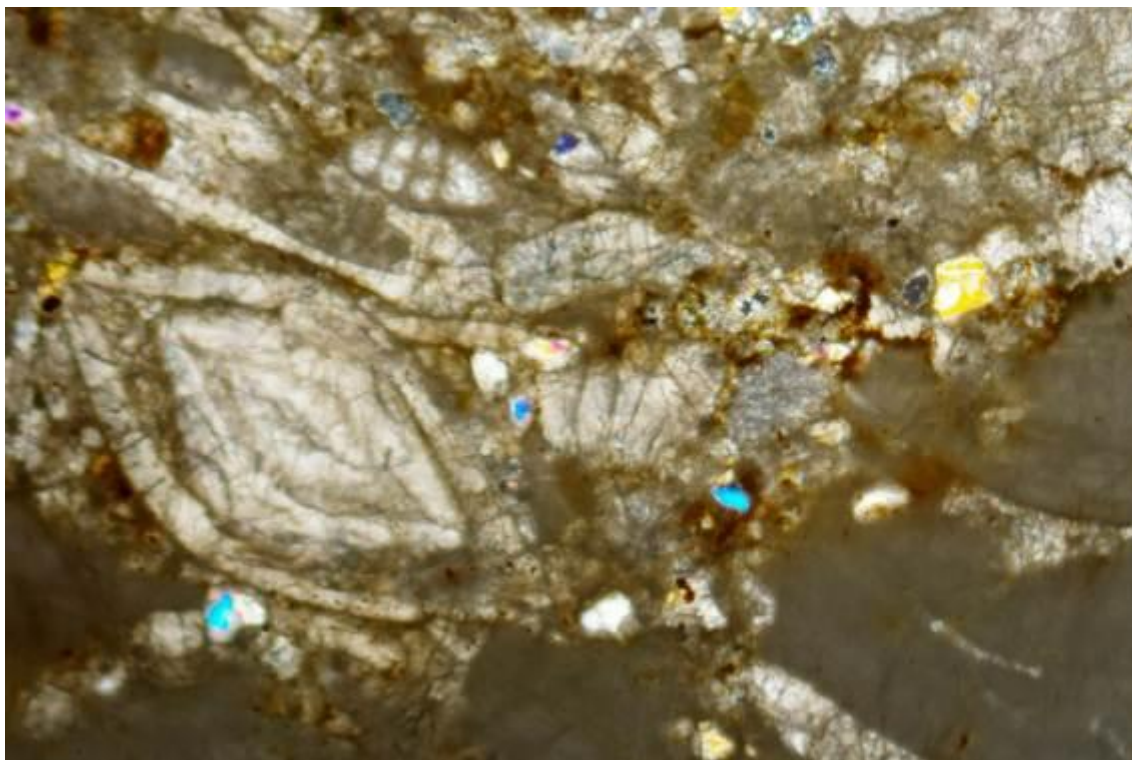
Petrografica:

Biocalcarenite





Campione 9. – *Roccia carbonatica classificabile come biocalcarenite leggermente marnosa.*
Sezione sottile, luce trasmessa, 20 X, N+.



Campione 9. – *Ulteriore fotomicrografia del medesimo prelievo.*
Sezione sottile, luce trasmessa, 40 X, N+.



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
20,00	19,70	0,90
12,00	11,99	1,30
10,00	10,45	1,50
9,00	9,05	1,60
8,00	8,15	1,70
5,00	5,06	2,10
4,50	4,57	2,20
4,00	4,06	2,30
3,00	3,03	2,60
2,50	2,54	2,80
2,00	2,04	3,10
1,60	1,63	3,50
1,10	1,12	4,20
1,00	1,01	4,60
0,90	0,92	5,00
0,82	0,83	5,50
0,80	0,81	5,60
0,75	0,74	6,10
0,70	0,71	6,40
0,62	0,62	7,30
0,60	0,61	7,40
0,55	0,56	8,00
0,50	0,50	8,70
0,40	0,40	10,30
0,38	0,39	10,50
0,30	0,31	12,10
0,22	0,22	14,00
0,20	0,20	14,70
0,18	0,18	15,30
0,11	0,11	17,70
0,10	0,10	18,20
0,08	0,08	19,10
0,06	0,06	20,10
0,04	0,04	21,60
0,02	0,02	23,70
0,01	0,01	26,20
0,006	0,006	28,60

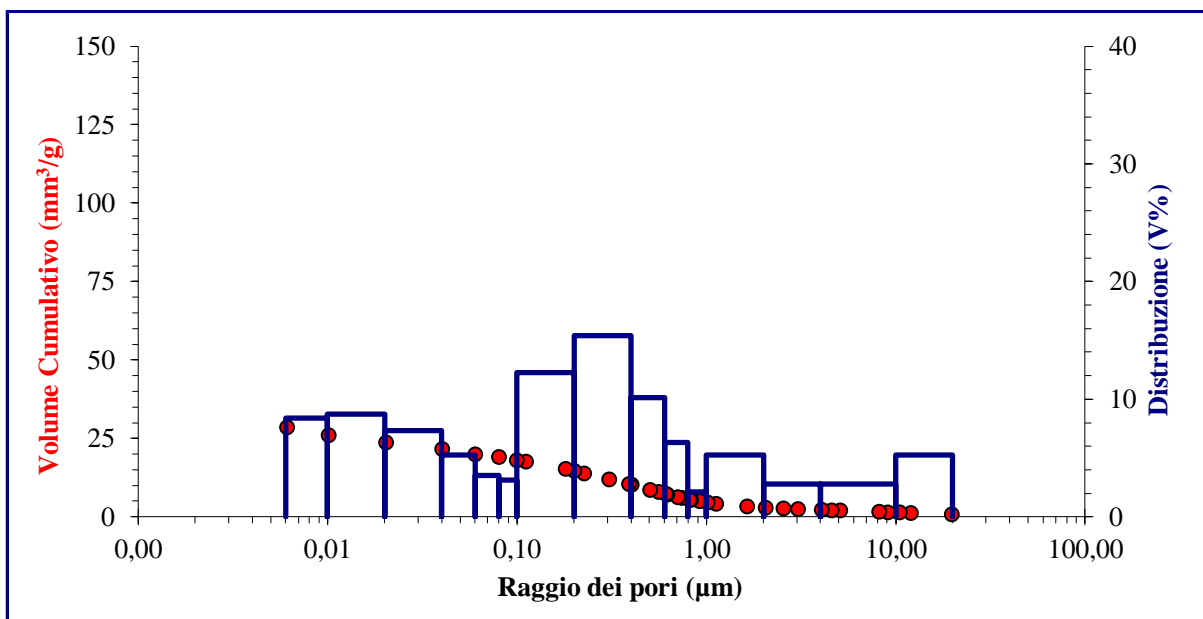
Determinazione porosimetrica

Campione 9 Frazione superficiale

Bulk density (g/cm³): 2,46

Porosità aperta totale stimata (%): 7,1

Volume cumulativo totale (mm³/g): 28,6



Raggio (mm)	Raggio det. (mm)	Vol. cum. (mm ³ /g)
20,00	19,60	0,20
12,00	11,99	0,20
10,00	10,00	0,20
9,00	9,06	0,20
8,00	8,15	0,30
5,00	5,06	0,50
4,50	4,57	0,50
4,00	4,07	0,60
3,00	3,03	0,70
2,50	2,53	0,90
2,00	2,05	1,00
1,60	1,62	1,10
1,10	1,12	1,80
1,00	1,02	2,10
0,90	0,90	2,70
0,82	0,82	3,30
0,80	0,78	3,50
0,75	0,76	3,70
0,70	0,71	4,10
0,62	0,62	4,70
0,60	0,59	5,10
0,55	0,56	5,30
0,50	0,51	5,70
0,40	0,40	6,60
0,38	0,38	6,90
0,30	0,30	7,60
0,22	0,22	8,50
0,20	0,20	8,90
0,18	0,18	9,10
0,11	0,11	10,50
0,10	0,11	10,70
0,08	0,08	11,40
0,06	0,06	12,30
0,04	0,04	13,50
0,02	0,02	15,80
0,01	0,01	19,20
0,006	0,006	22,80

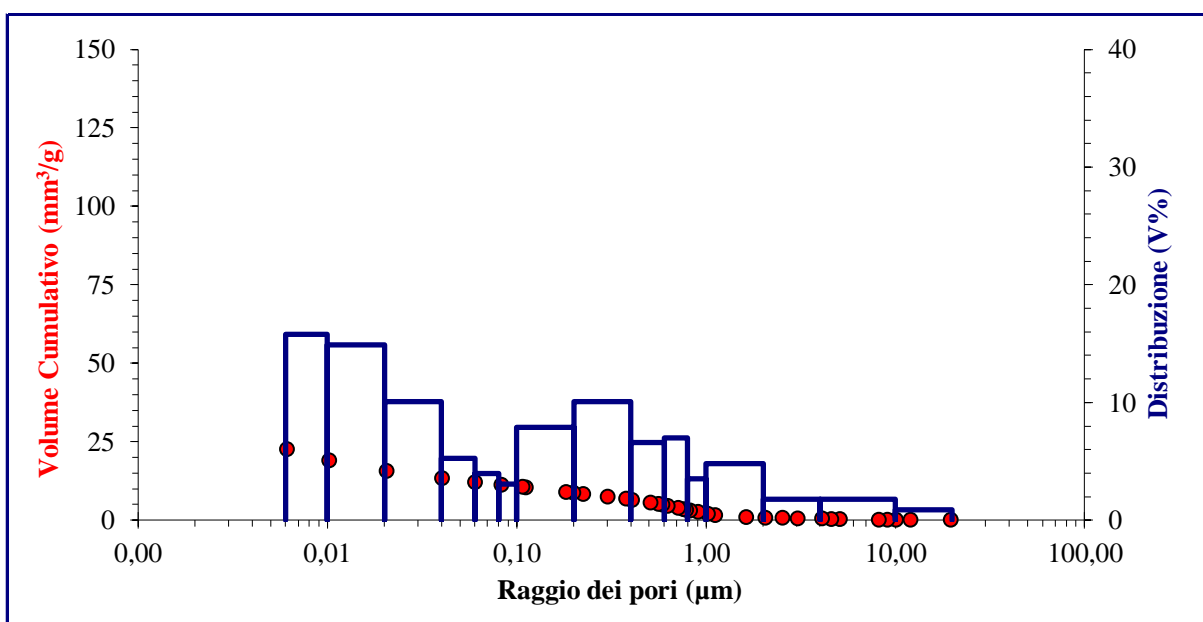
Determinazione porosimetrica

Campione 9
Bulk interno

Bulk density (g/cm³): 2,49

Porosità aperta totale stimata (%): 5,7

Volume cumulativo totale (mm³/g): 22,8



Campione 10

Il campione è costituito da un frammento con patina superficiale prelevato alla base della veste sul fianco sinistro.

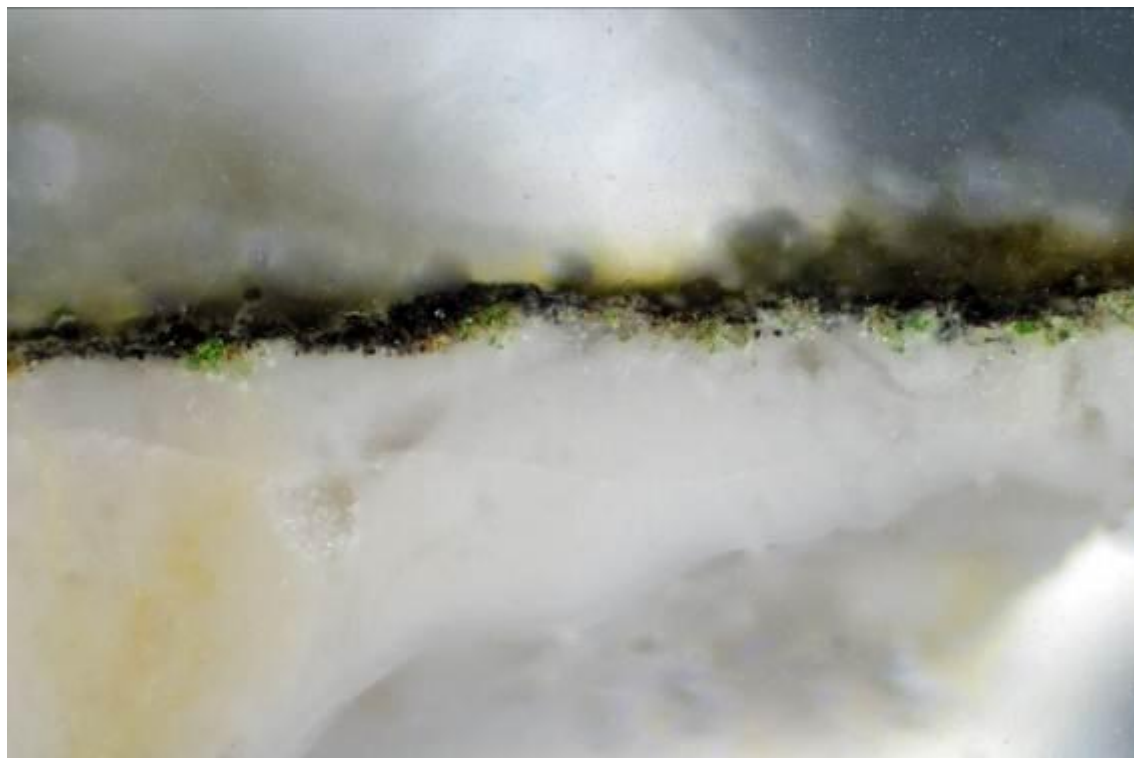


Campione 10. Visualizzazione punto di prelievo

Le osservazioni in microscopia ottica ed elettronica del frammento evidenziano una discreta compattezza della matrice lapidea, che tuttavia presenta (a) una alveolizzazione in corrispondenza della superficie dove hanno attecchito colonie di biodeteriogeni, e (b) occasionali discontinuità e microfratture ad andamento prevalentemente parallelo alla superficie.

Diversamente da quanto accertato per il Campione 7, in questo caso non si sono accertati composti diversi dal carbonato di Calcio e da poche frazioni silicatiche. Risultano in particolare assenti anche patine ad ossalato o sostanze a natura organiche riconducibili a vecchi trattamenti o interventi manutentivi.



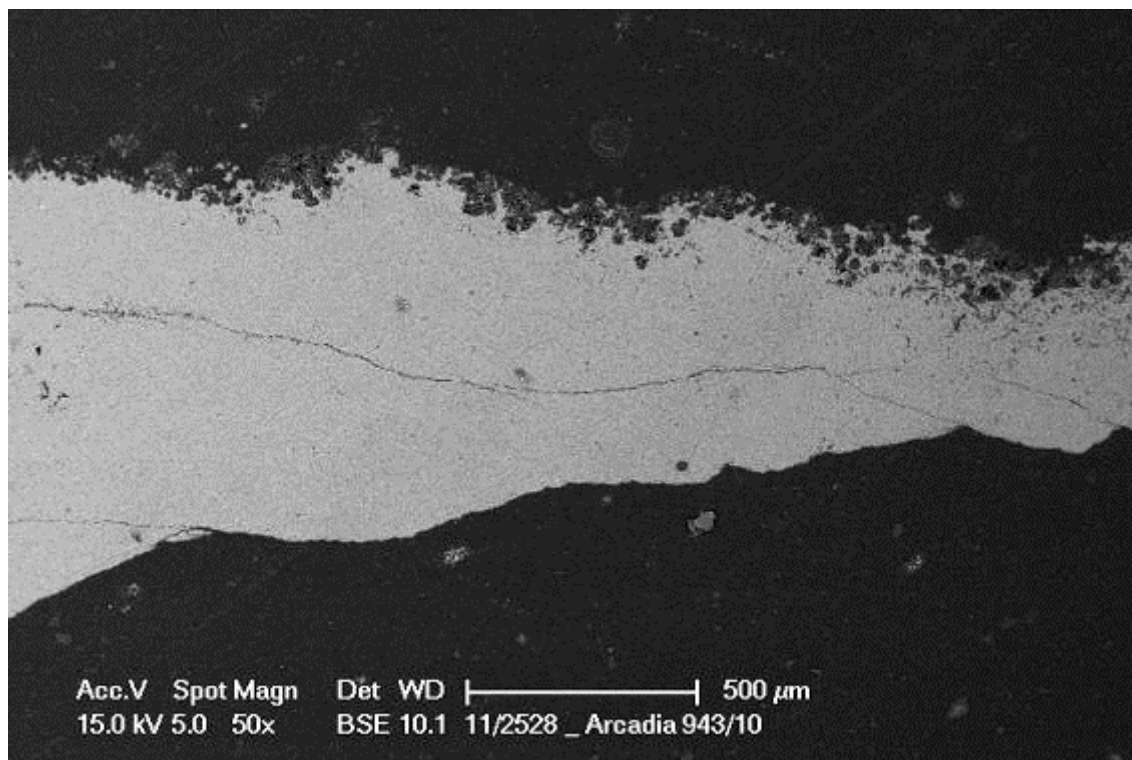


Campione 7. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 40.

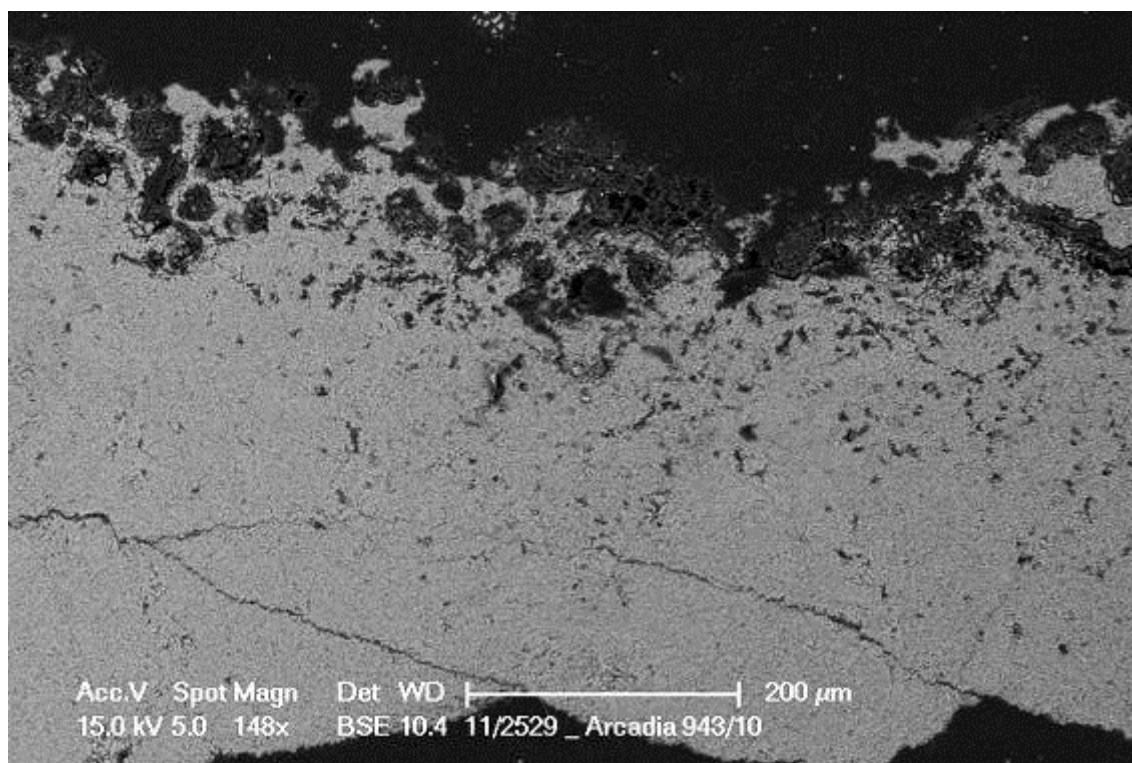


Campione 7. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 80.



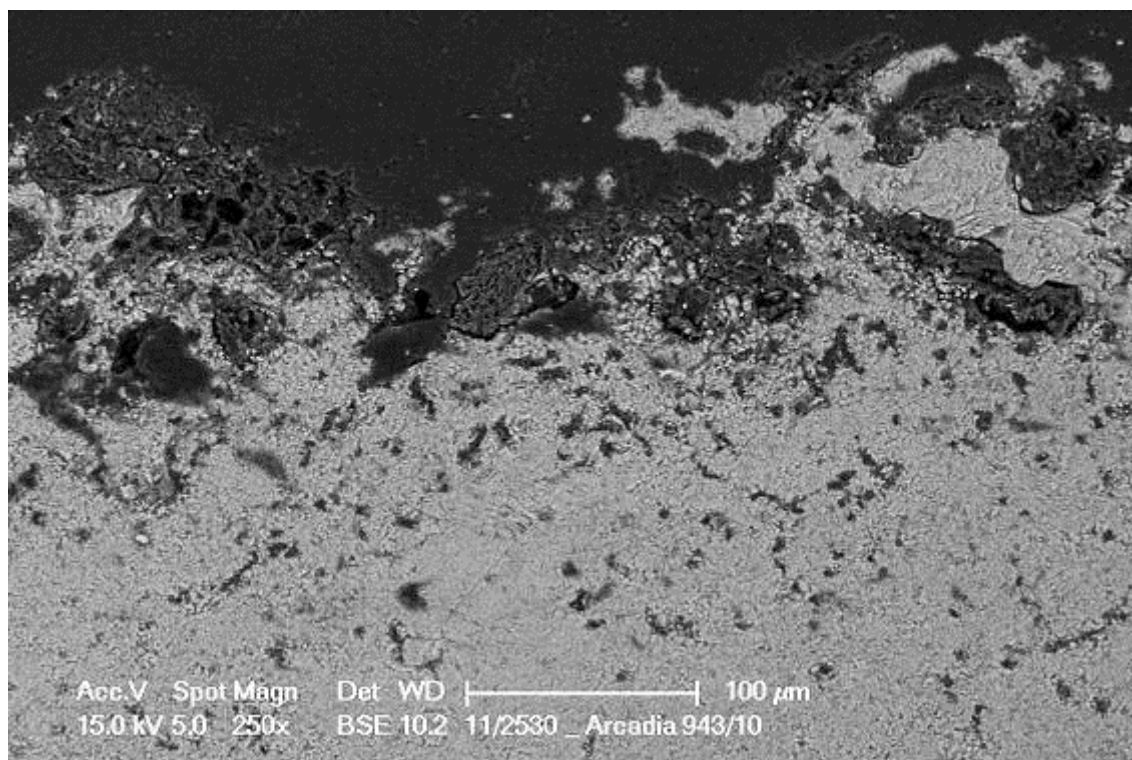


Campione 10. Immagine al SEM a bassi ingrandimenti della sezione stratigrafica. Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 50.

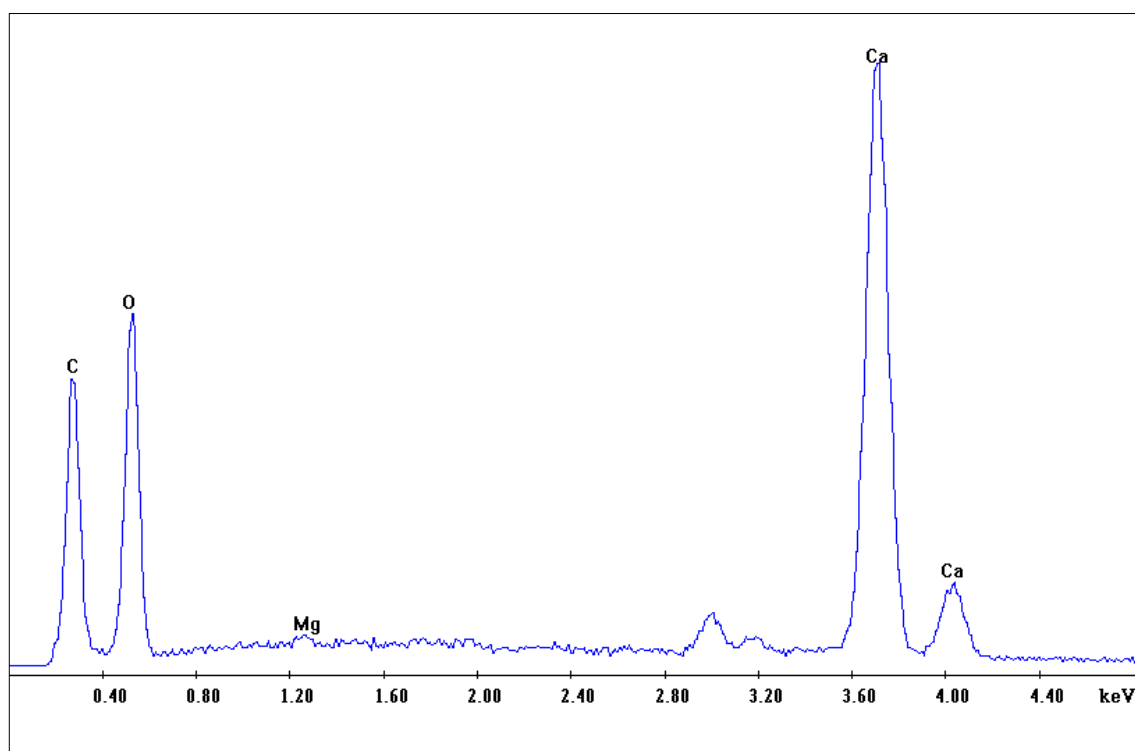


Campione 10. Particolare al SEM della porzione lapidea più esterna. Si notano le microfratture parallele alla superficie e l'alveolizzazione dei 150-200 μm più esterni in cui hanno attecchito le colonie biologiche di biodeteriogeni. Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 150.



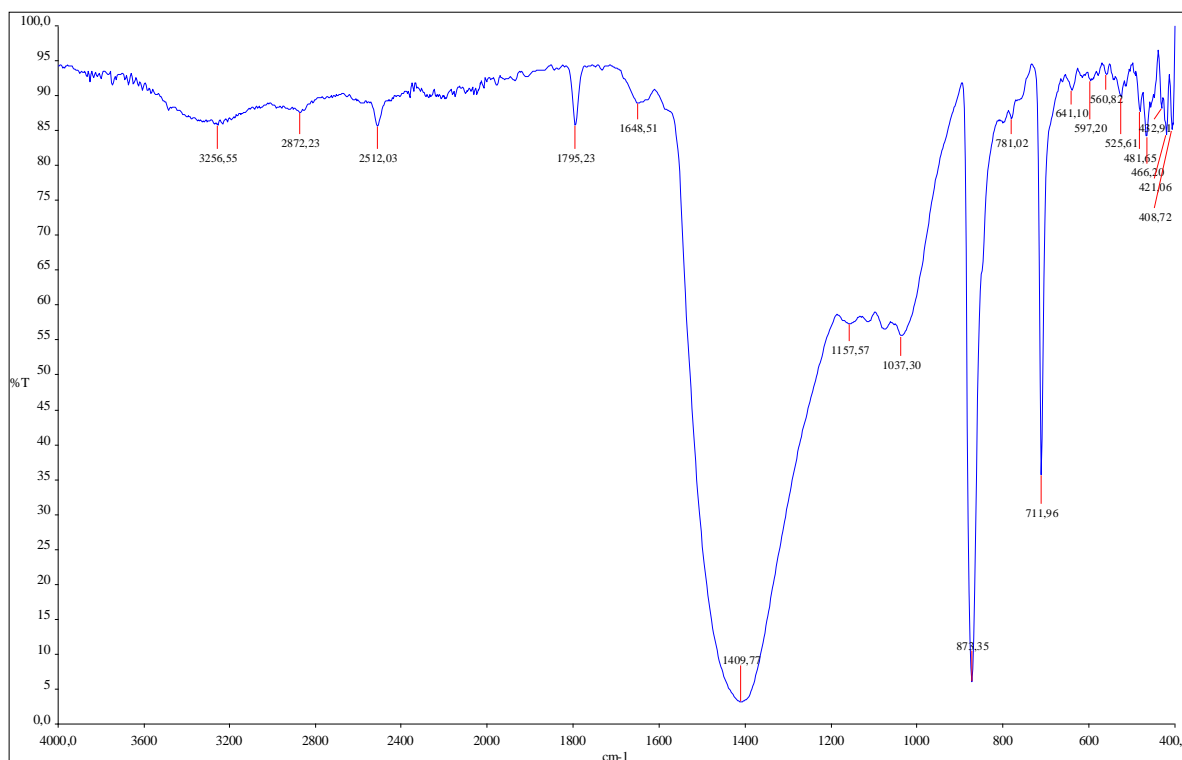


Campione 10. Ulteriore particolare al SEM della porzione stratigrafica superficiale. Lo strato particolarmente leggero esterno è costituito da deposizione di particellato e dai biodeteriogeni. Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 250.



Campione 7. Microanalisi EDS della matrice lapidea a circa 200 μ m di profondità: la solfatazione è di fatto assente.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 10**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+++	-	tr	+	-	-	-	-	-

Risultati. Il prelievo è costituito quasi esclusivamente da calcite. Lo spettro presenta modesti segnali attribuibili a composti di tipo silicatico, raramente anche quarzose.



Campione 11

Il campione è costituito da polvere superficiale asportata mediante incisione a bisturi.

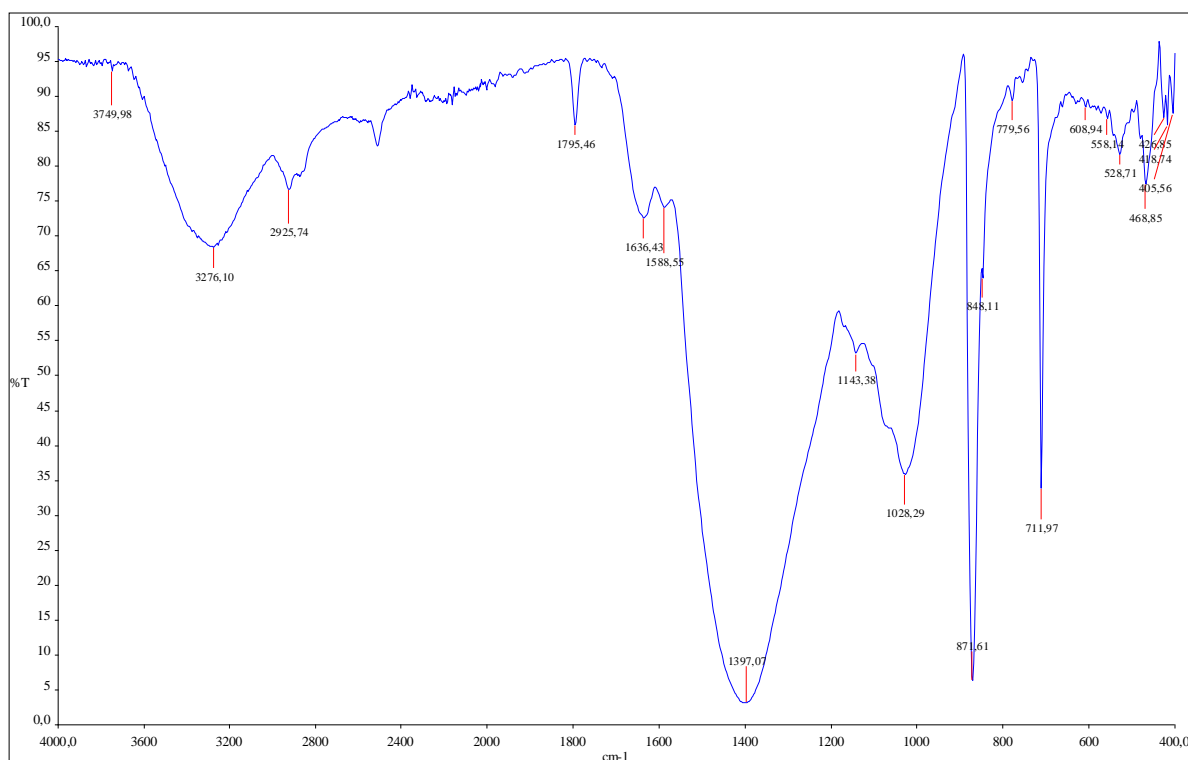


Campione 11. Visualizzazione punto di prelievo

Il prelievo è stato analizzato mediante spettrofotometria in campo infrarosso, ottenendo lo spettro in ATR di seguito restituito.

Si sono accertati composti a natura prevalentemente inorganica, rappresentati principalmente da calcite e da piccole percentuali di frazioni silicatiche. Risultano inoltre presenti tracce di composti organici, a possibile natura proteica.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 11**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

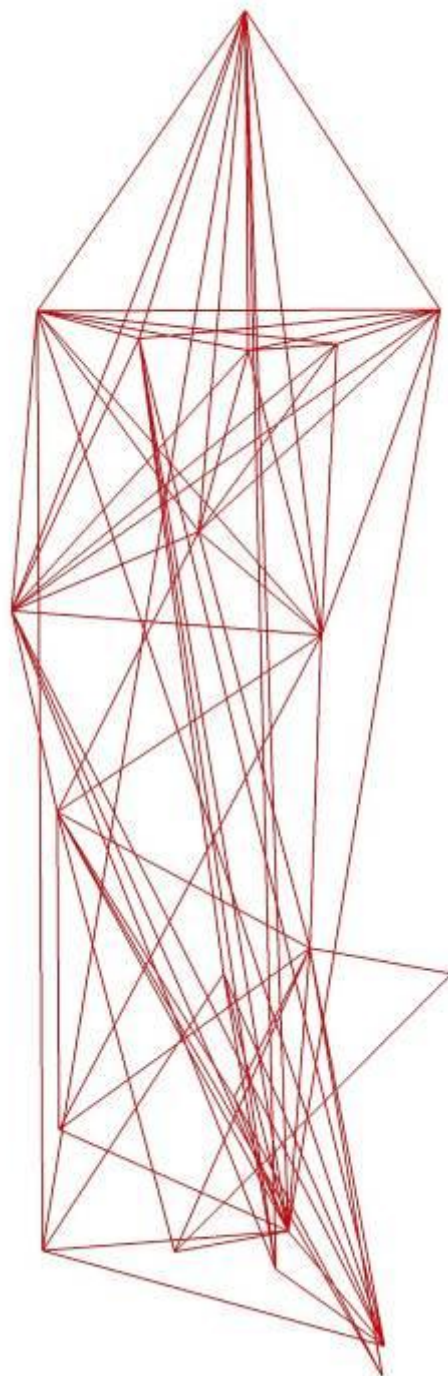
Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+++	-	tr	+	-	-	tr	-	-

Risultati. Nel campione si sono accertate specie chimiche rappresentate essenzialmente da calcite. Secondariamente e assai subordinatamente si osservano i picchi di frazioni silicatiche (raramente anche quarzose) e tracce di sostanze organiche a possibile natura proteica.



Misure Ultrasoniche in tomografia 3D – Statua 3

Foto della statua



Schema dei percorsi indagati



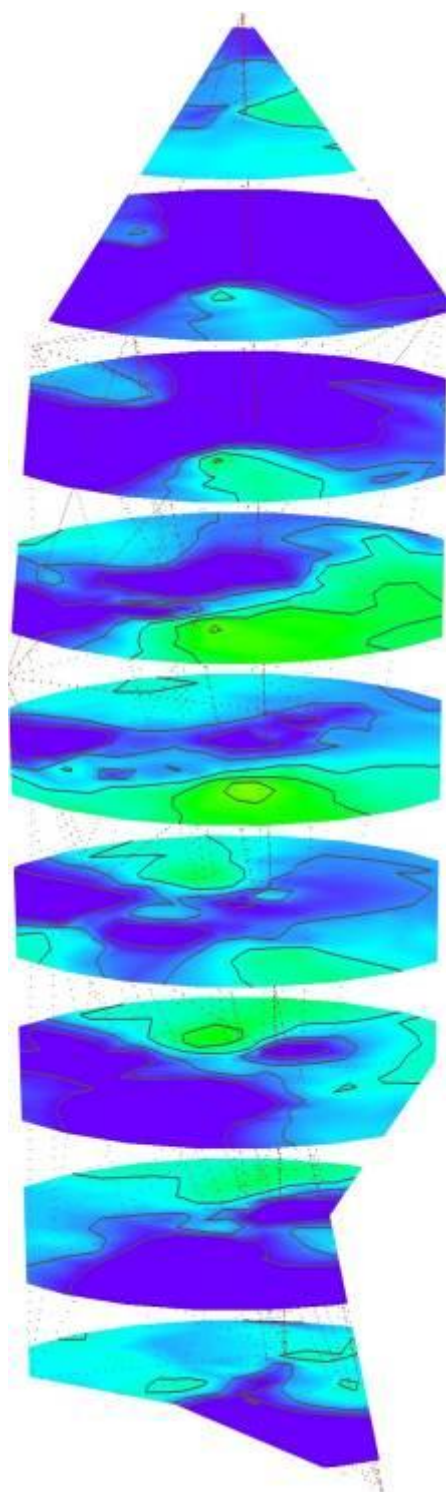


Grafico di alcune sezioni orizzontali

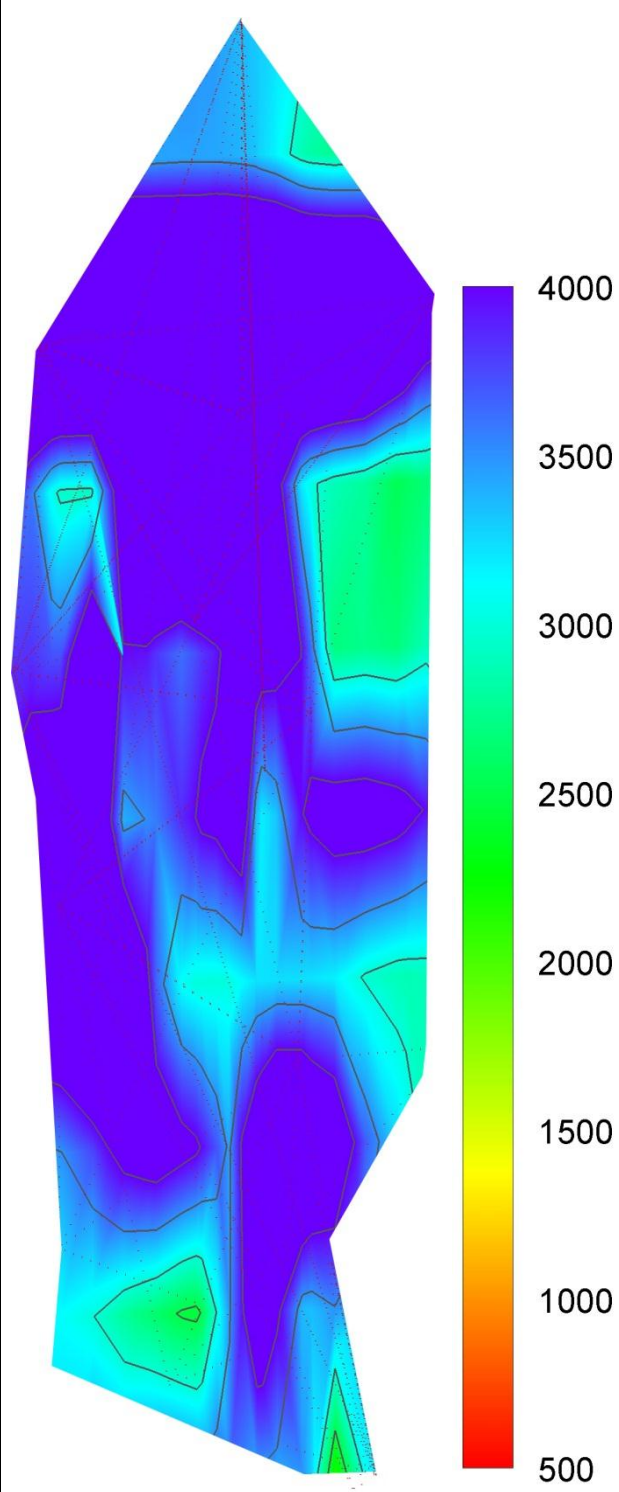


Grafico della sezione verticale mediana



Osservazioni

Complessivamente i dati raccolti mostrano una condizione generale, in termini di continuità materica, più che buona.

La statua è costituita da una materiale lapideo differente rispetto ai precedenti (calcare micritico-pietra d'Istria al posto della biocalcarenite-pietra di Vicenza) che di per se stesso porta ad un aumento nel valore caratteristico della velocità ultrasonica.

Nonostante questo naturale incremento in generale i valori riscontrati sono buoni con poche e limitate eccezioni. La statua presenta pertanto buono stato di conservazione lungo i percorsi e le aree indagate.

Le indagini pacometriche alla ricerca degli elementi metallici non hanno evidenziato alcun significativo segnale.

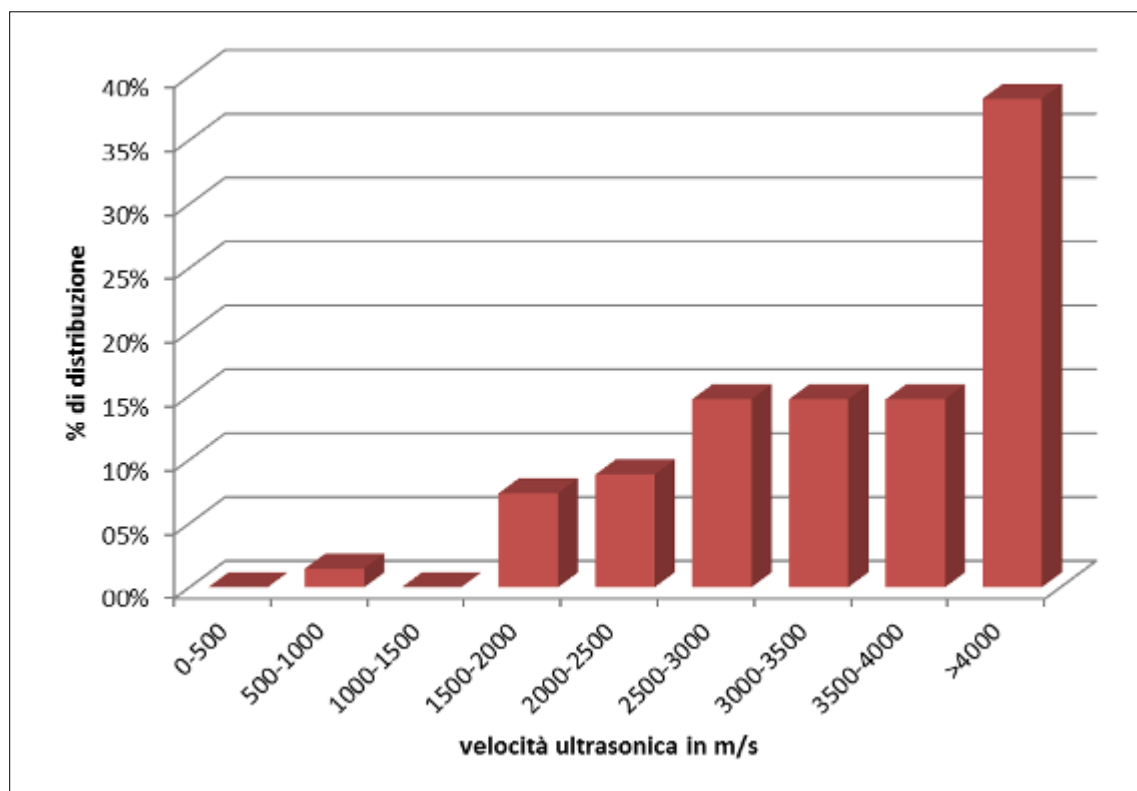


Figura 2. Grafico di distribuzione delle velocità ultrasoniche






Statue 4 – 5 – 6
Campionamenti



Le tre statue sono state interessate ad un unico prelievo per ciascun manufatto, in corrispondenza di superfici apparentemente caratterizzate dalla presenza di patine.



STATUA 4		
Campione	Descrizione	Visualizzazione Area di prelievo
17	Frammento con patina superficiale prelevata dalla superficie dell' elemento tra le gambe della figura.	
STATUA 5		
Campione	Descrizione	Visualizzazione Area di prelievo
18	Frammento con patina superficiale prelevata dalla superficie dell' elemento tra le gambe della figura.	
STATUA 6		
Campione	Descrizione	Visualizzazione Area di prelievo
19	Frammento con patina superficiale prelevata dalla superficie dell' elemento tra le gambe della figura.	



Campione 17

Il campione è costituito da un frammento con patina superficiale prelevata dalla superficie dell'elemento tra le gambe della figura.



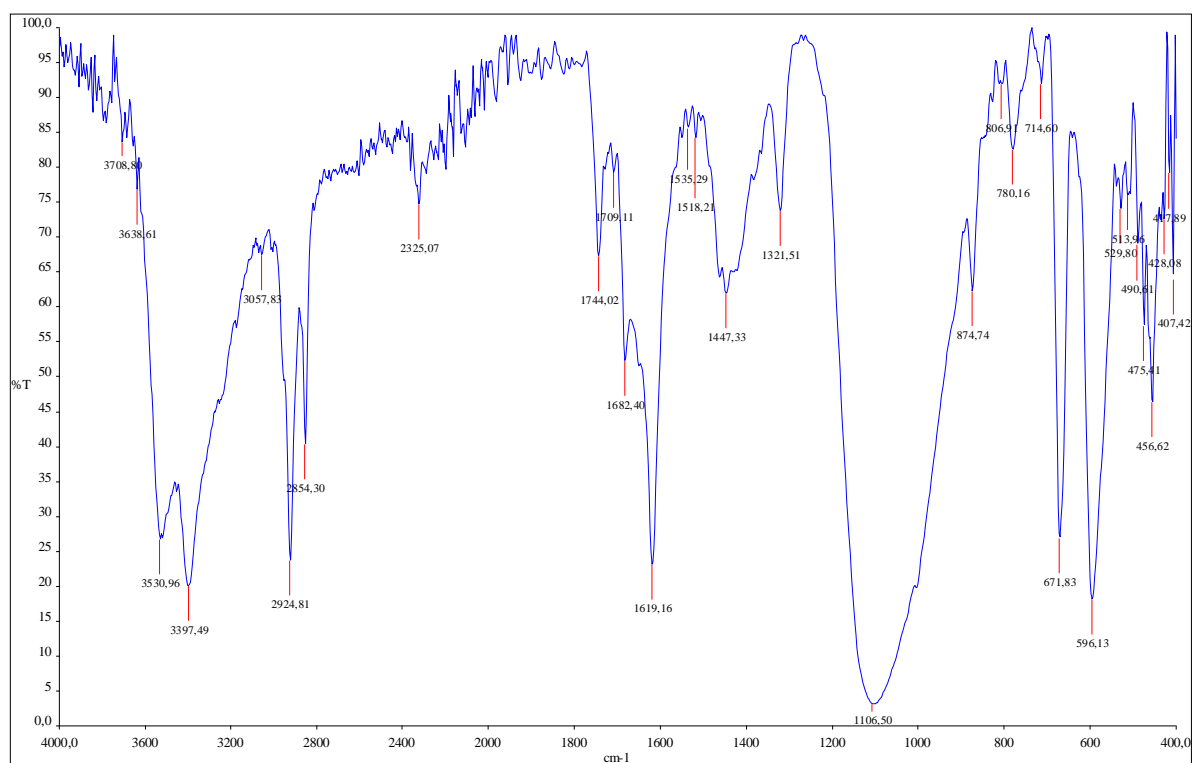
Campione 17. Visualizzazione punto di prelievo

Il frammento costituente il prelievo presentava colorazione gialla e nerastra in corrispondenza delle due differenti superfici. Entrambe sono state sottoposte a determinazione spettrofotometrica ottenendo gli spettri ATR di seguito restituiti.

La parte più giallastra risulta costituita prevalentemente da gesso, con minori percentuali di calcite e composti organici a possibile natura lipoproteica parzialmente ossalatizzati.

La frazione nera presenta picchi sostanzialmente analoghi, ma appare nettamente superiore il rapporto tra ossalato e sostanze organiche (queste ultime a livello di tracce), che risultano pertanto quasi completamente degradate.



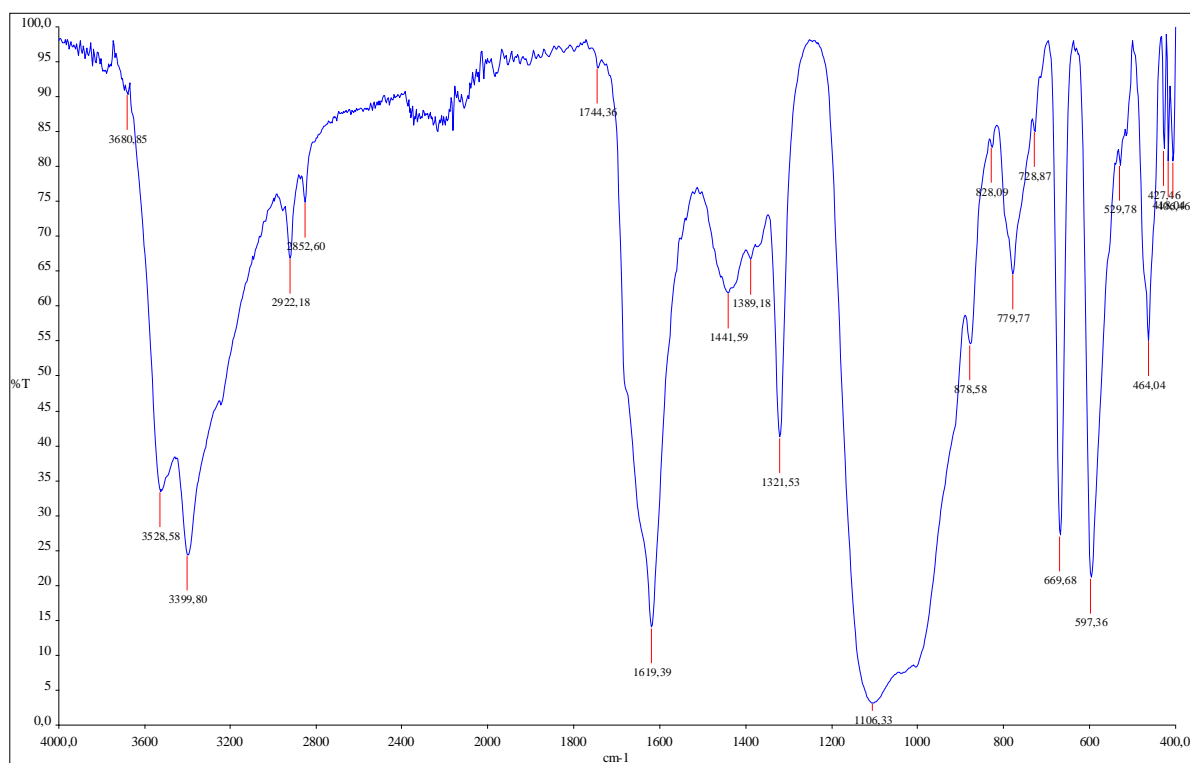
Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 17, frazione gialla**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
+	+++	+	+	-	+	++	-	-

Risultati. La frazione giallastra del campione 17 è costituita da gesso e abbondanti sostanze organiche a natura lipoproteica, parzialmente ossalattizzate.

La spettrofotometria indica inoltre la presenza frazioni silicatiche e quarzose, nonché di calcite.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 17, frazione nera**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
tr	+++	+	+	-	++	tr	-	-

Risultati. La frazione nera del campione 17 è costituita prevalentemente da gesso e da abbondante ossalato di Calcio, risultato dell'alterazione delle frazioni organiche lipoproteiche originali, attualmente presenti solo a livello di tracce.

Si segnalano infine poche componenti silicatiche, anche quarzose, e tracce di calcite.



Campione 18

Il campione è costituito patina superficiale prelevata dalla superficie dell' elemento tra le gambe della figura.



Campione 18. Visualizzazione punto di prelievo

I risultati delle osservazioni stratigrafiche in microscopia ottica ed elettronica sottolineano una tessitura non particolarmente compatta, con evidenti discontinuità intergranulari.

Dal punto di vista stratigrafico si osserva la presenza in corrispondenza della superficie di un irregolare strato grigiastro, spesso mediamente 70-80 μm . rappresentato da particellato silicatico, e, soprattutto, gesso di deposizione secca.

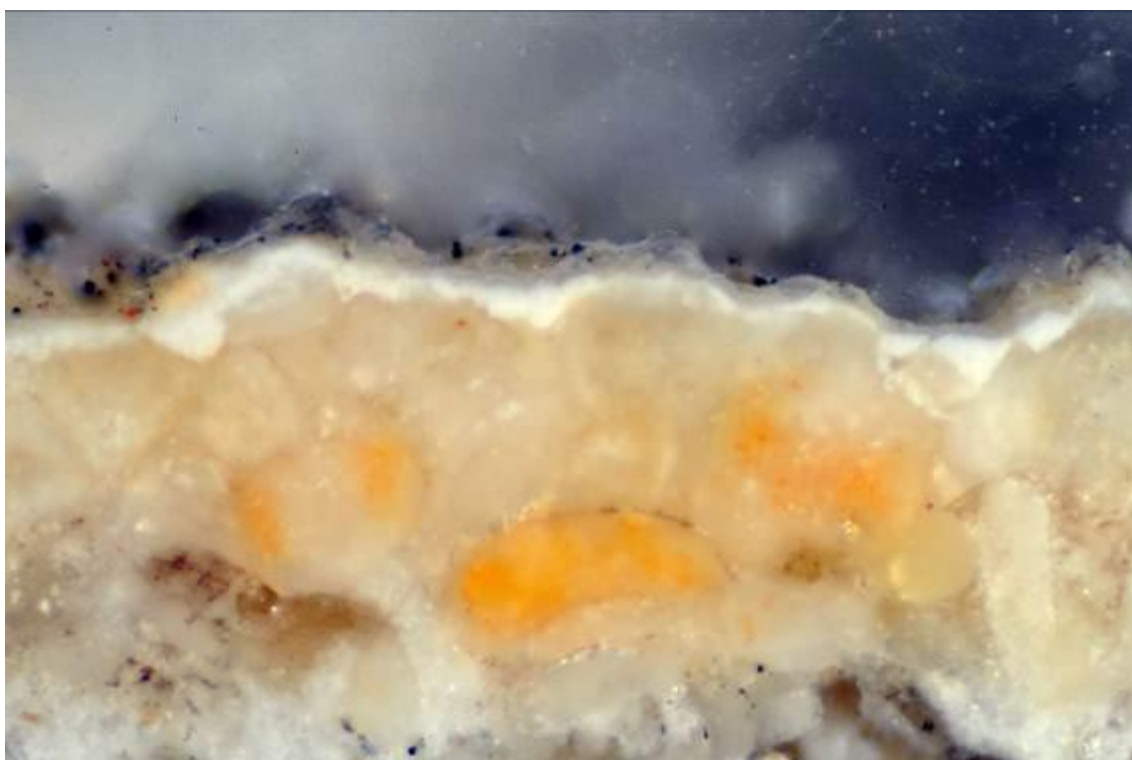
Più internamente, al di sopra della matrice lapidea, è presente una stesura bianca superficiale, occasionalmente discontinua e dallo spessore poco regolare, costituita da una mano di biacca di Piombo dello spessore variabile da poche decine di μm fino a oltre 100 μm .

Lo spettro infrarosso è infine relativo alla porzione stratigrafica più superficiale e presenta segnali attribuibili prevalentemente da solfato di Calcio biidrato (gesso) di deposizione secca, cui si associano percentuali nettamente subordinate di quarzo. Il debole picco imputabile all'ossalato di Calcio suggerisce la possibile applicazione in epoche passate di un trattamento superficiale, allo stato attuale del tutto assente, e testimoniato solo da debolissimi segnali di prodotti di alterazione.



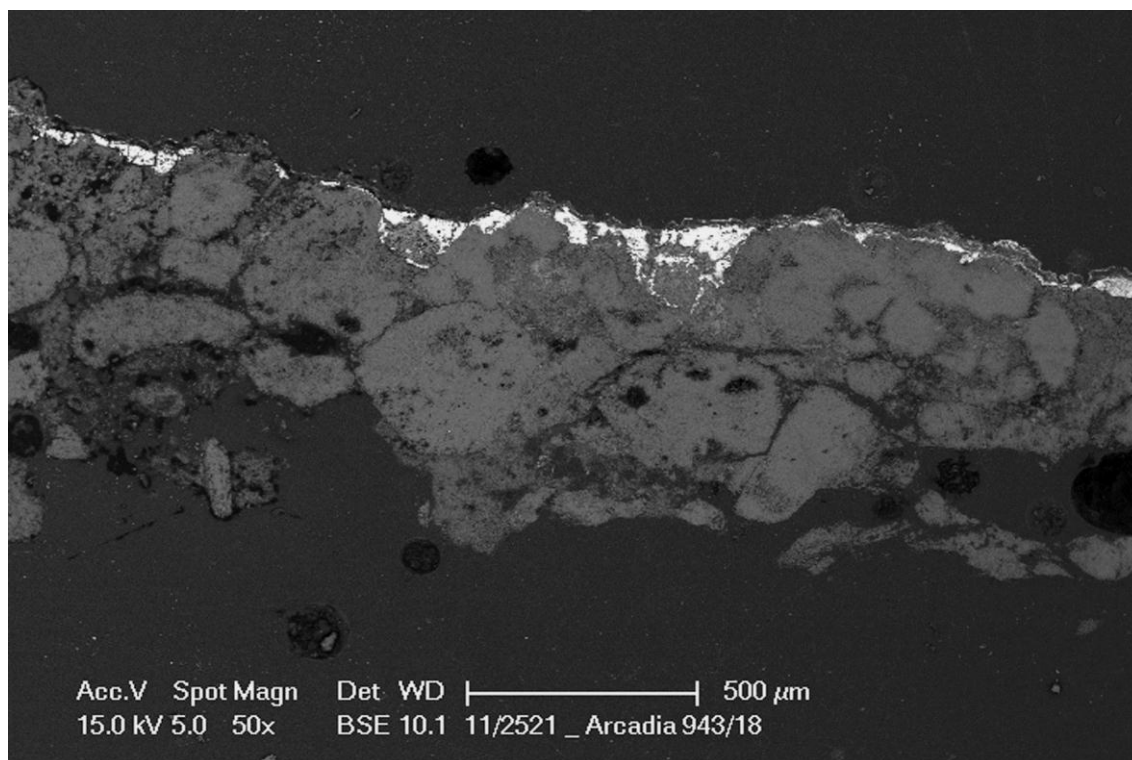


Campione 18. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 40.

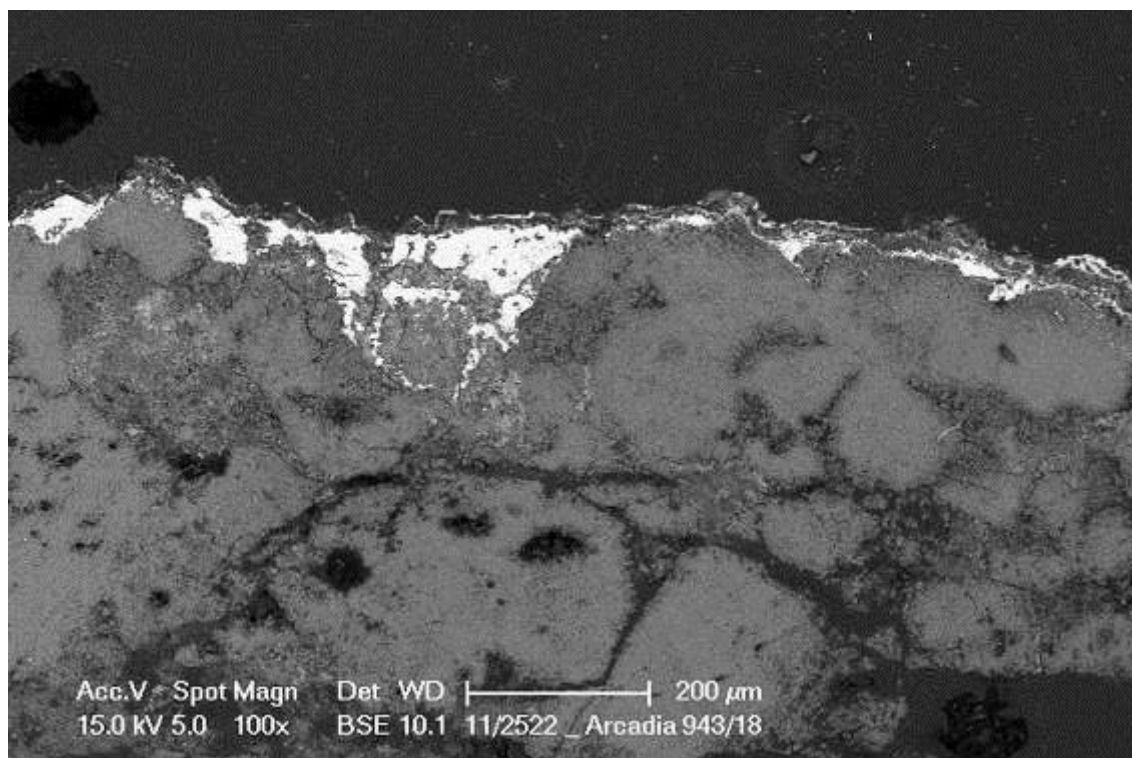


Campione 18. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 80.



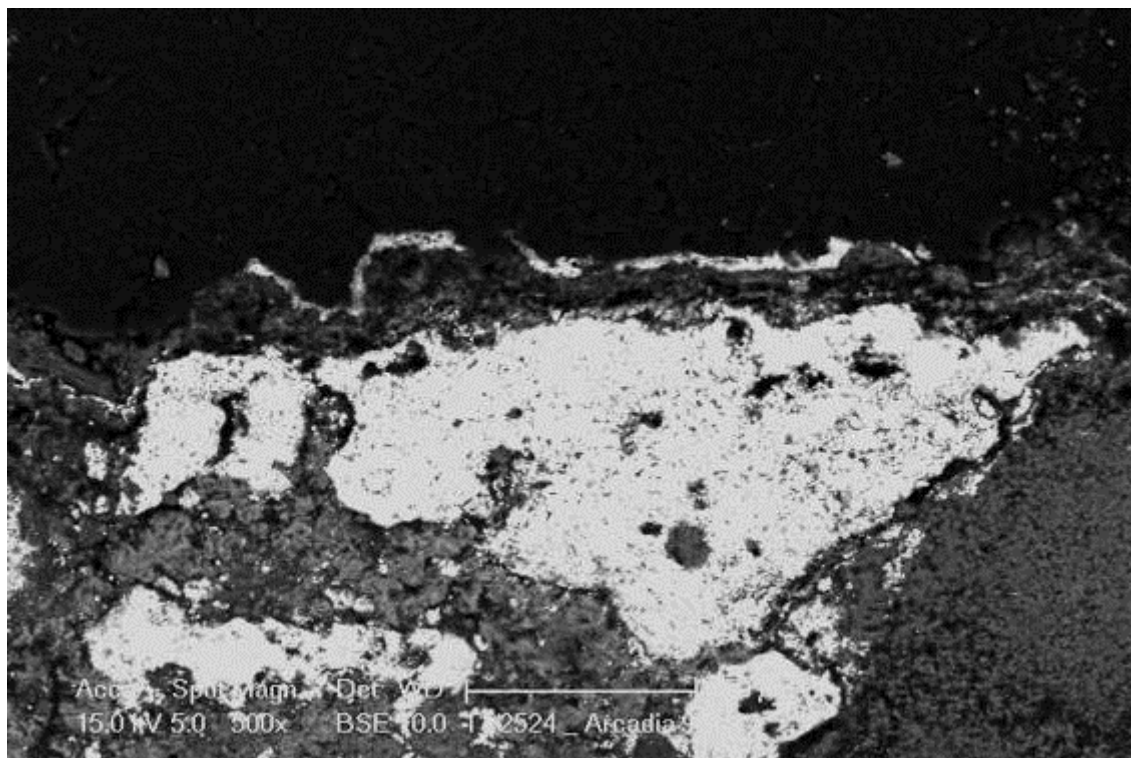


*Campione 18. Immagine al SEM a bassi ingrandimenti della sezione stratigrafica.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 50.*

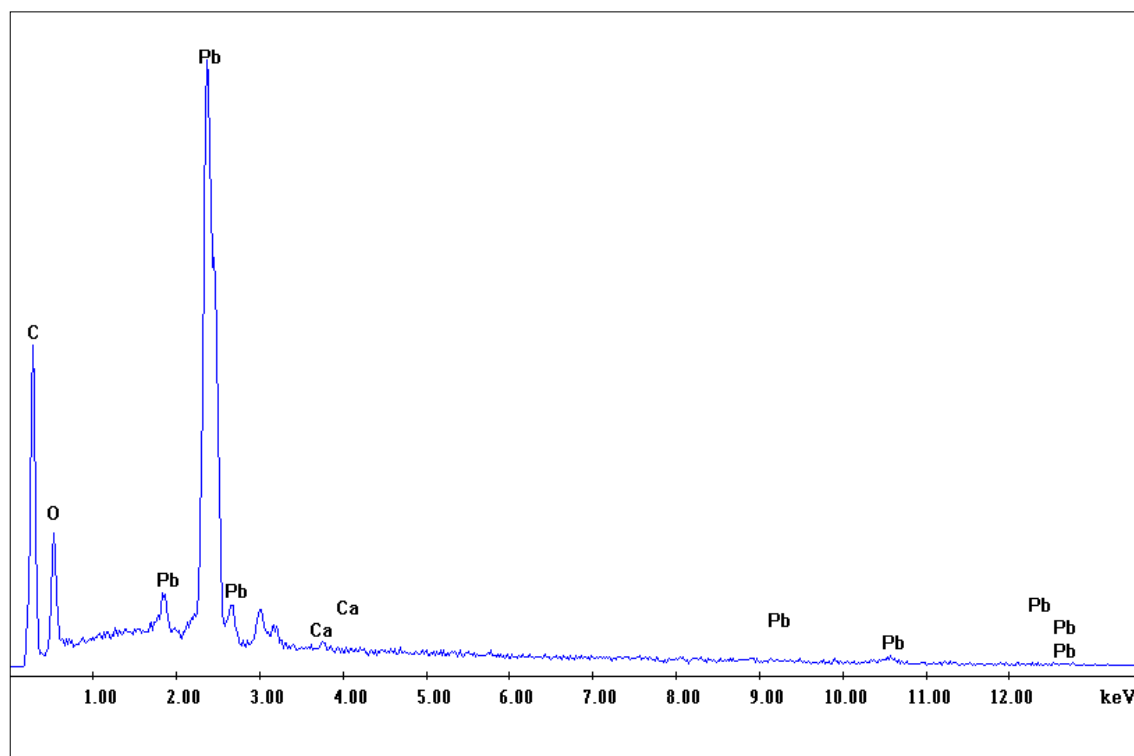


*Campione 18. Immagine al SEM a maggiori ingrandimenti della frazione stratigrafica superiore.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 100.*



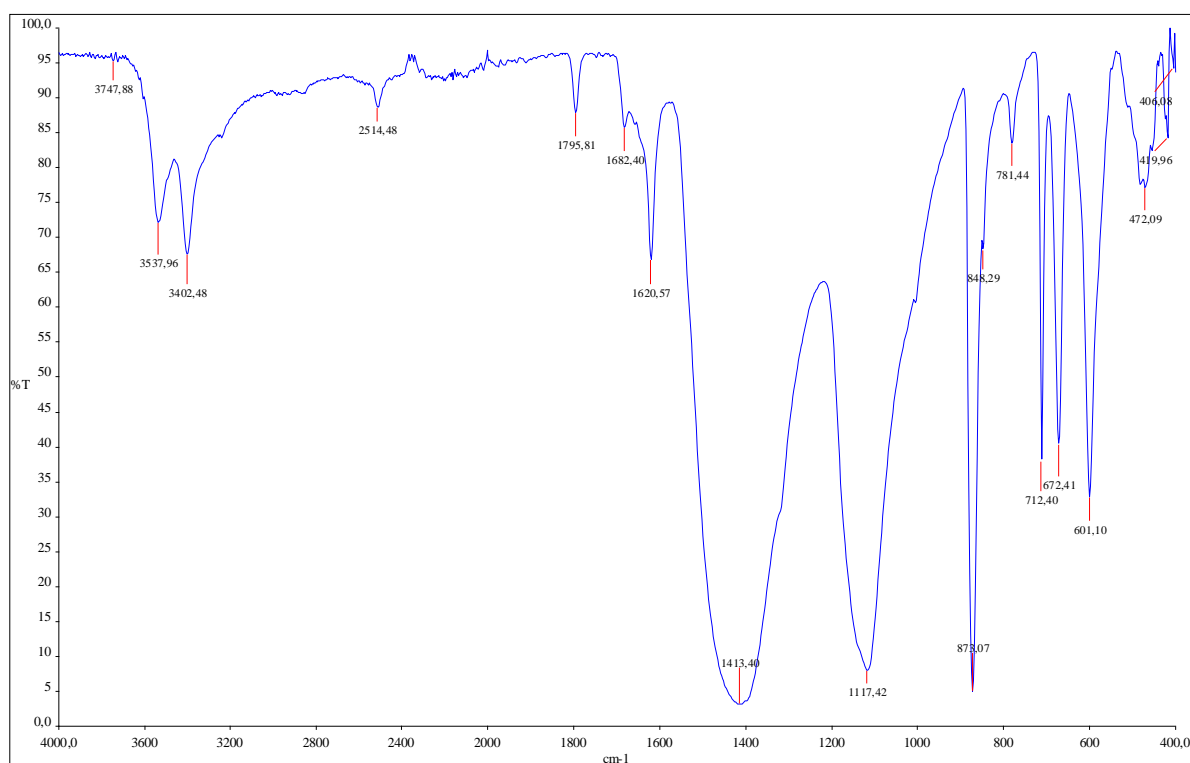


*Campione 18. Particolare al SEM dell'irregolare strato a biacca in corrispondenza della superficie, parzialmente coperto da particellato e sporco di deposizione.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 500.*



Campione 18. Microanalisi EDS in corrispondenza dello strato ad elevato peso atomico medio, costituito da una poco regolare stesura di biacca.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 18, frazione esterna**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
-	+++	+	+	-	tr	-	-	-

Risultati. Il prelievo è costituito essenzialmente da solfato di Calcio biidrato (gesso). In termini nettamente minoritari e quasi trascurabili sono presenti piccole percentuali di composti silicatici e quarzo. Lo spettro presenta infine un debolissimo segnale attribuibile a ossalato di Calcio idrato.



Campione 19

Il campione è costituito patina superficiale prelevata dalla superficie dell' elemento tra le gambe della figura.



Campione 19. Visualizzazione punto di prelievo

Le caratterizzazioni stratigrafiche indicano una situazione assai confrontabile con quanto documentato per il Campione 18.

In corrispondenza della superficie esterna le fotomicrografie evidenziano un sottile e occasionalmente irregolare strato dello spessore di 60-90 μm chimicamente costituito da gesso e poco particellato di deposizione.

Più internamente è presente una stesura bianca irregolare e apparentemente depauperata in parte del proprio spessore, costituita da biacca.

La matrice lapidea interna appare non particolarmente compatta e sono osservabili non rare microfratture e discontinuità



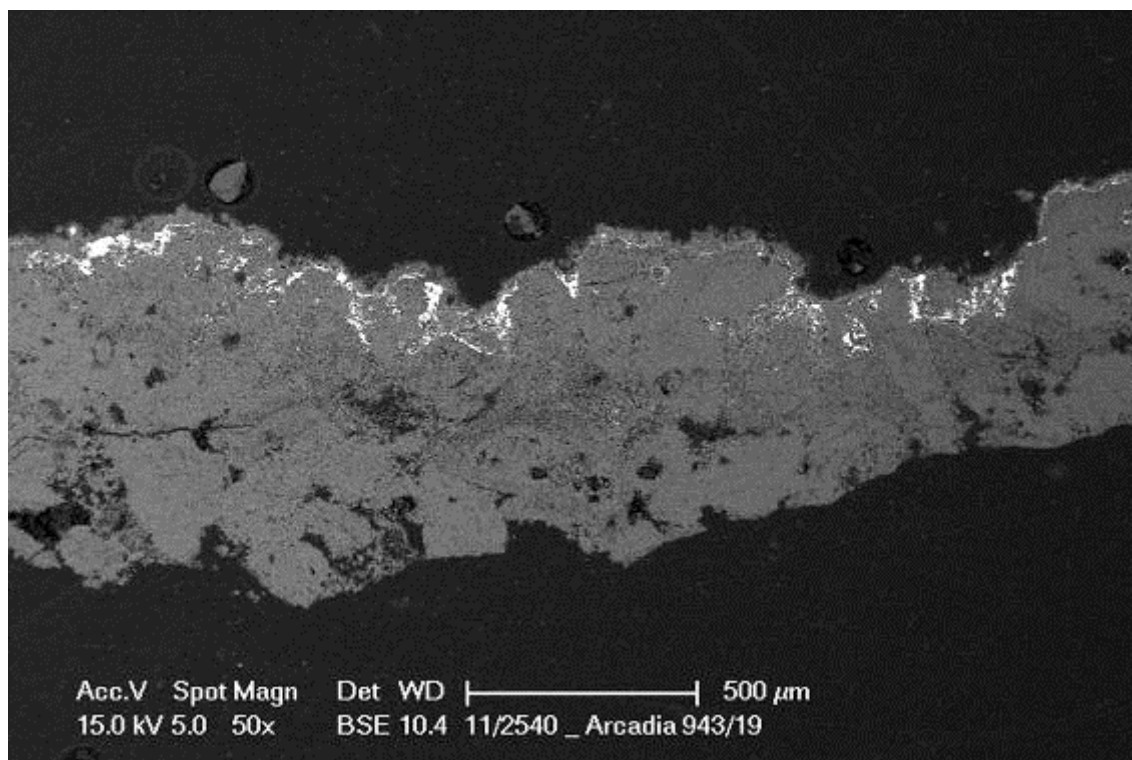


Campione 18. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 40.

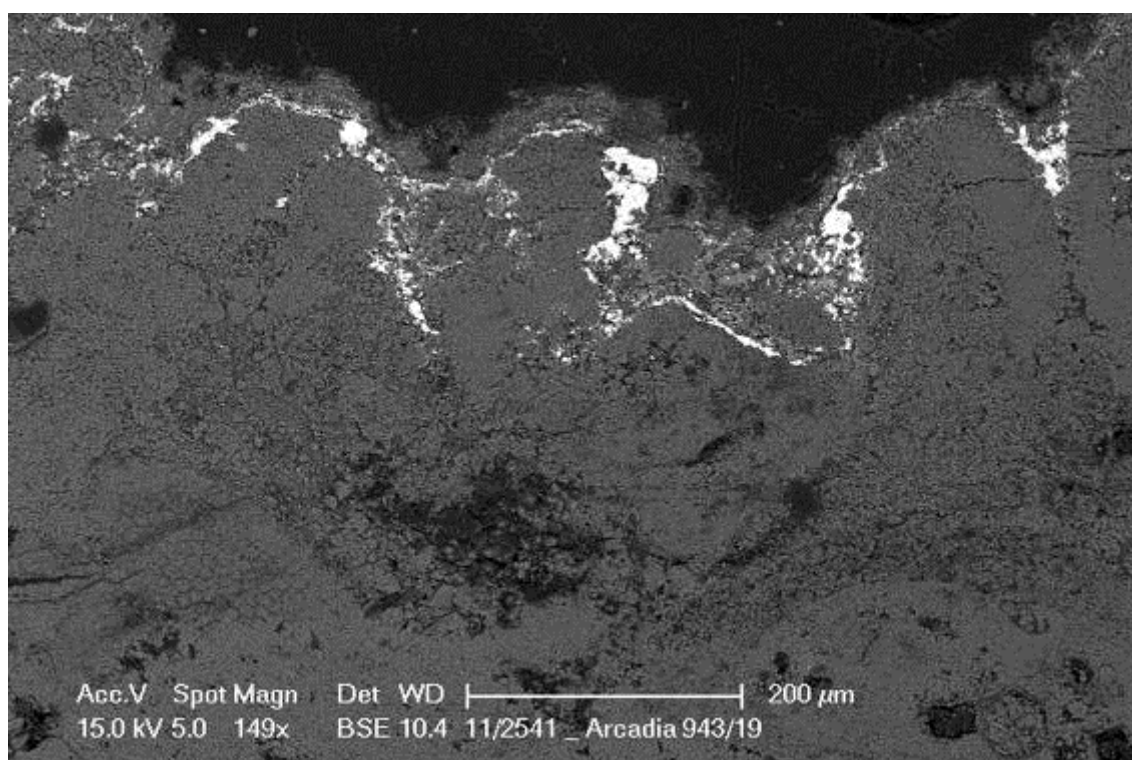


Campione 18. Sezione lucida trasversale. Ingr. X 80.



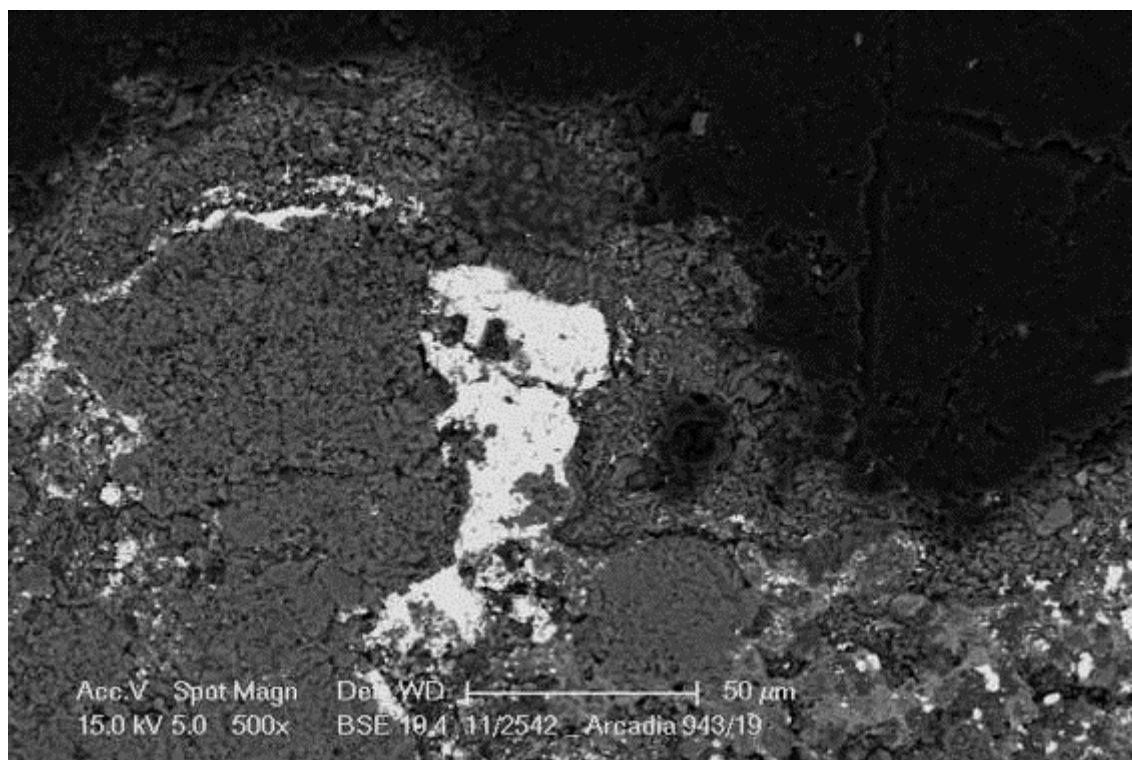


*Campione 19. Immagine al SEM a bassi ingrandimenti della sezione stratigrafica.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 50.*

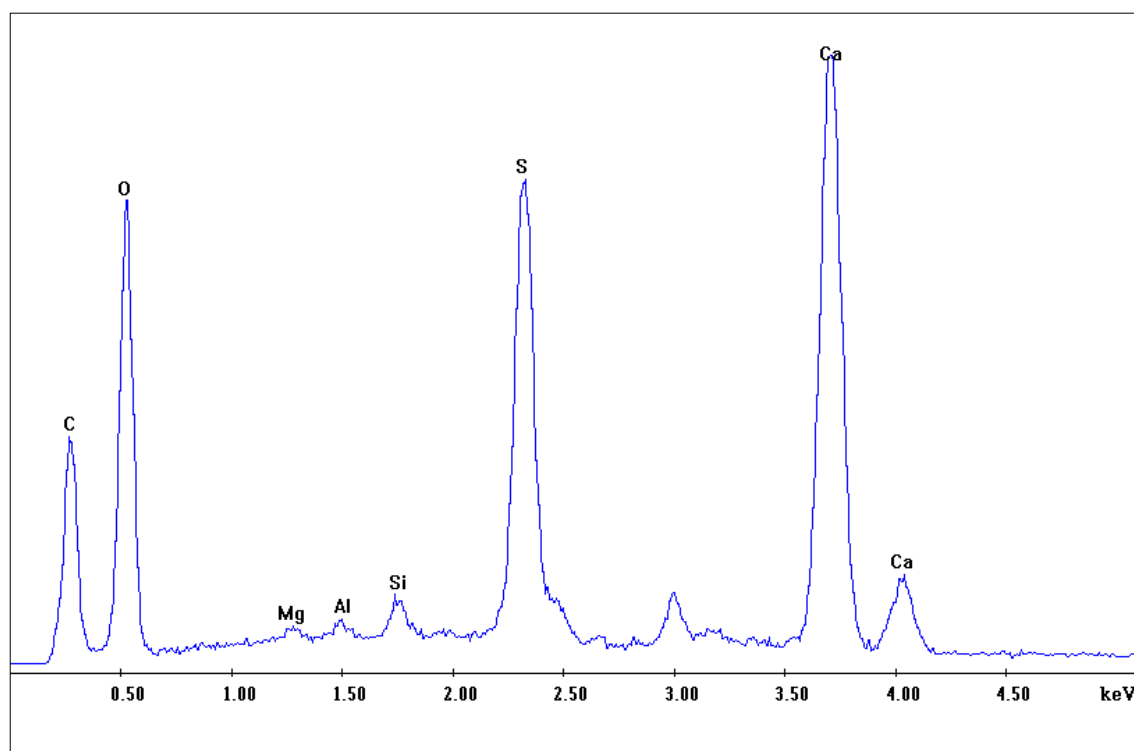


*Campione 19. Dettaglio al SEM dei 500 μ m più superficiale del frammento lapideo inglobato.
Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 150.*



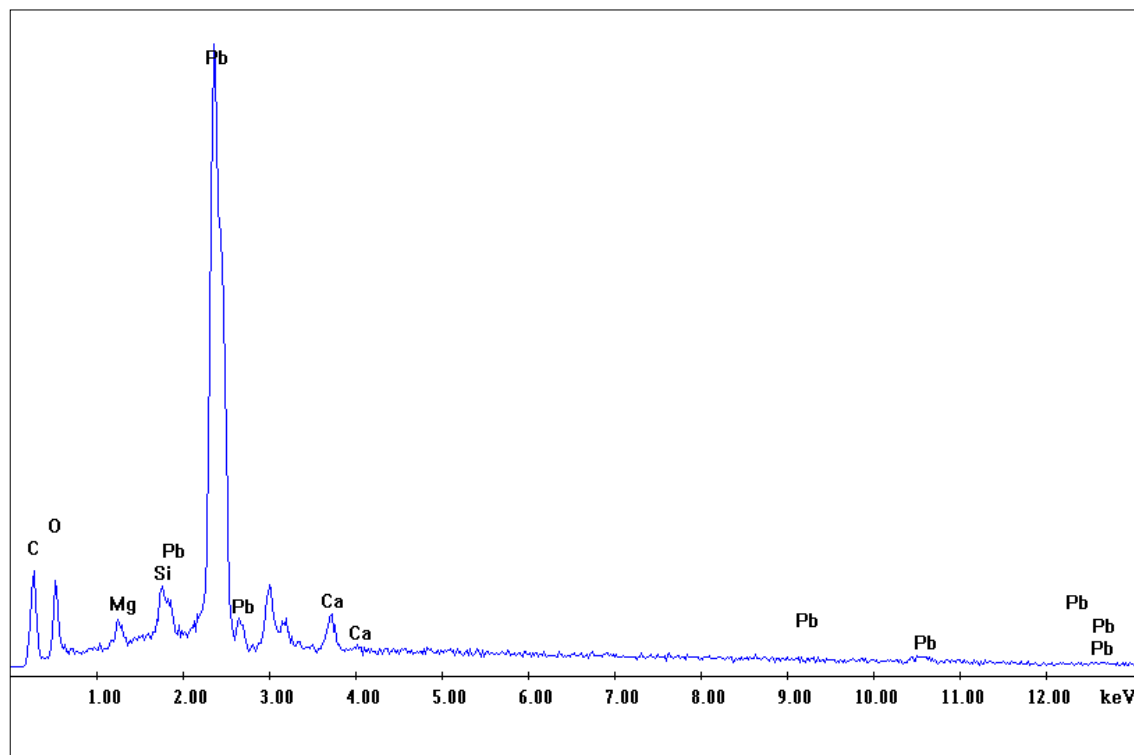


Campione 19. Particolare al SEM del poco regolare strato bianco a biacca presente al di sotto dello strato di gesso di deposizione secca e particellato. Elettroni retrodiffusi. Ingr. X 500.



Campione 19. Microanalisi EDS dello strato grigiastro esterno, costituito prevalentemente da gesso di deposizione secca e da minori percentuali di particellato e frazioni silicatiche.



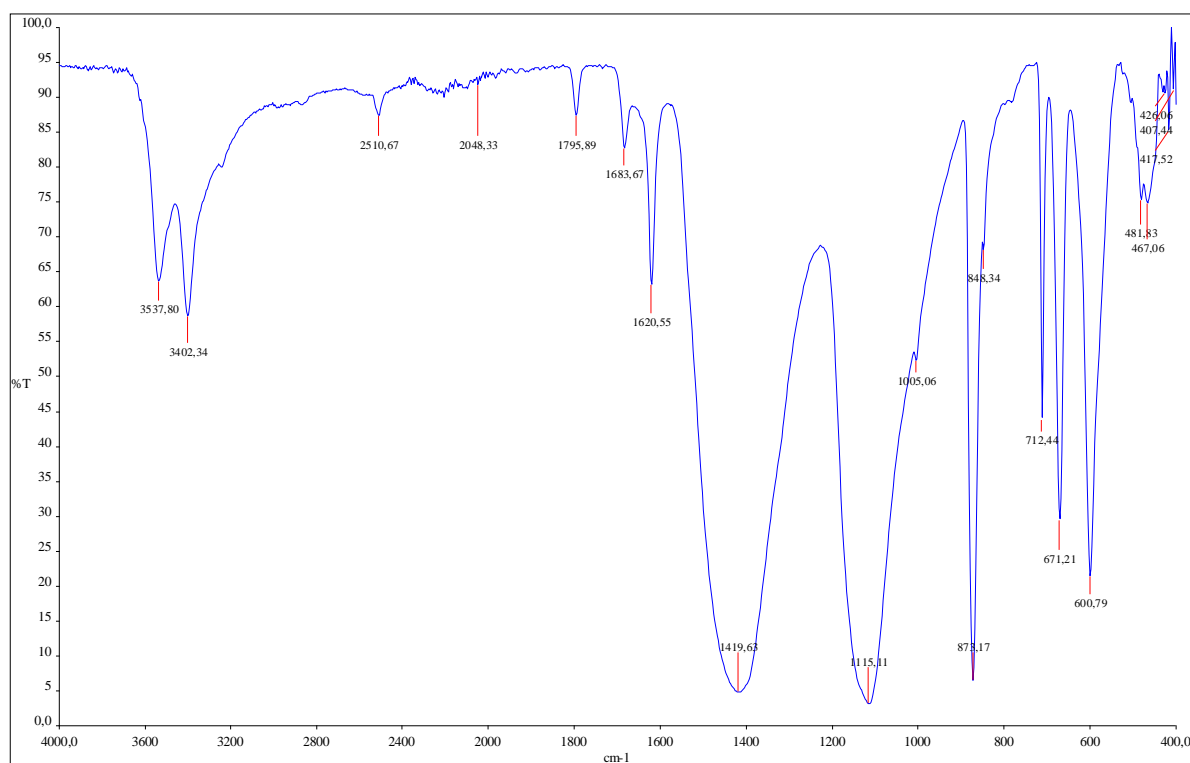


Campione 19. Microanalisi EDS dello strato bianco a elevato peso atomico, presente tra la superficie lapidea e la crosta esterna, costituito da biacca di Pombo.

La spettrofotometria infrarossa di seguito riportata conferma i risultati della spettroscopia in dispersione di energia (EDS). Lo spettro FT-IR presenta infatti i picchi attribuibili quasi esclusivamente al gesso, con modesti contributi di frazioni silicatiche.

Non risultano invece presenti segnali di ossalato di Calcio idrato o sostanze organiche in grado di giustificare la superficie vagamente traslucida oggetto del campionamento.



Spettrofotometria FT-IR**Campione:** 19, frazione esterna**Metodologia****Strumentazione:** Spettrofotometro FT-IR Perkin-Elmer Spectrum 100**Modalità di analisi:** Scansione in Riflettanza Totale Attenuata (ATR)**Campo spettrale:** 4000 – 400 cm^{-1} **N° spettri acquisiti:** 4**Risoluzione:** 4 cm^{-1} **Apodizzazione:** Media**Elaborazione:** Correzione linea base, Normalizzazione, Smoothing**Spettrofotometria FT-IR**

Calcite	Gesso	Quarzo	Silicati Argille	Nitrati	Ossalati	Sostanze organiche	Frazioni idrate	Altro
-	+++	-	+	-	-	-	-	-

Risultati. Il campione possiede natura eminentemente solfatica per la preponderante presenza di gesso. In termini del tutto subordinati sono presenti piccole percentuali di composti silicatici.

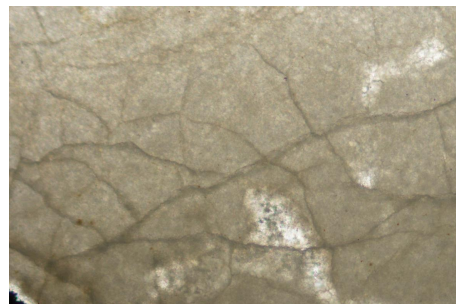


Considerazioni conclusive

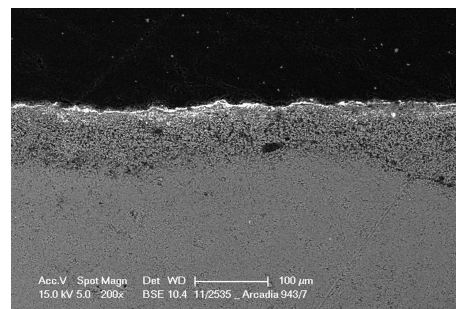
La campagna analitica realizzata ha consentito di accertare numerosi aspetti tecnologici, stratigrafici e chimico-fisici relativi ai materiali lapidei naturali ed artificiali del complesso scultoreo, dei quali tenere conto nelle operazioni di restauro conservativo. Alla luce di quanto scaturito dalle analisi di laboratorio e dalle prove in sito, si ritiene che sia stata opportuna la scelta di evitare una campagna analitica “a pioggia”, che permettesse una minima conoscenza di ogni manufatto (o di buona parte di essi), mentre sicuramente più significativo è stato lo studio sufficientemente esaustivo di un numero limitato di sculture.

Gli aspetti più importanti che la fase di studio ha evidenziato sono i seguenti:

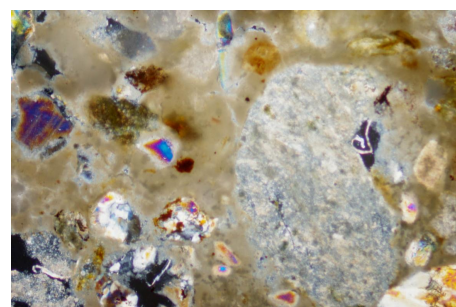
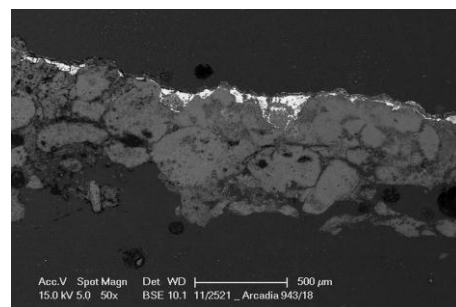
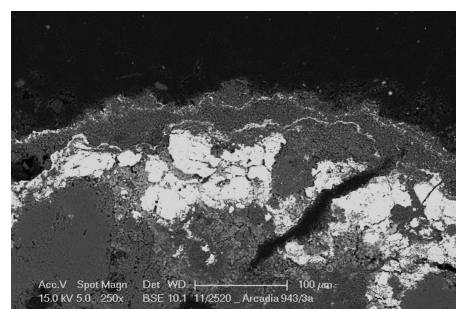
- *Il complesso scultoreo risulta realizzato sostanzialmente con due differenti tipologie di materiali lapidei naturali, uno costituito da Biocalcarenite, e l'altro rappresentato da Calcare micritico, con netta prevalenza e diffusione del primo litotipo.*
- *Tra le rocce appartenenti alla Biocalcarenite si sono inoltre accertate varianti diverse, sia a motivo di una matrice a granulometria non omogenea, sia per la presenza di percentuali anche apprezzabilmente diverse di fossili, sia, infine, per l'occasionale inglobamento di materiale terrigeno silicatico. Per tali motivi le classificazioni petrografiche passano da Biocalcareniti a Biocalcareniti fini a Biocalcareniti leggermente marnose. In virtù di tali considerazioni non è propriamente corretto identificare i litoidi come “Pietra di Vicenza” in senso stretto, essendo tale roccia più correttamente inquadrabile nelle Biospariti a grana media, per quanto comunque i campioni analizzati possano essere considerati “parenti stretti” della Pietra di Vicenza.*
- *Analogo discorso vale per il Calcare micritico della Statua 3 (Campione 6). L'assenza di fossili-guida specifici e di altre peculiarità specifiche non consentono di classificare univocamente la roccia come “Pietra d'Istria”, pur presentando una buona compatibilità chimica, petrografica e tessiturale con tale litotipo.*
- *Per quanto riguarda gli stati di conservazione delle due differenti classi petrografiche, decisamente migliore è risultata la condizione delle matrici in Calcare micritico, non solo per le caratteristiche tecnologiche e petrografiche intrinseche decisamente superiori, ma anche*



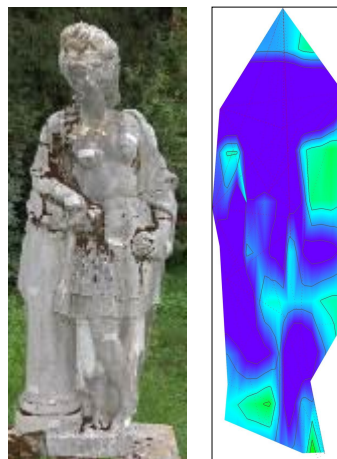
per la solfatazione nettamente inferiore della calcite che ne costituisce matrice e cemento. I campioni di Calcare micritico caratterizzati sembrano interessati da una parziale e modesta disgregazione nelle frazioni superficiali (circa 100 μm più esterni); alle profondità subsuperficiali la pietra presenta buona compattezza.



- Oltre che per una generale solfatazione (sia di deposizione secca che di trasformazione del carbonato di Calcio) le Biocalcareni appaiono interessate anche un degrado microstrutturale che si manifesta soprattutto in un aumento della porosità, soprattutto -ma non solo- sulle porzioni lapidee in corrispondenza o in prossimità della superficie esterna.
- Dal punto di vista stratigrafico le osservazioni in sezione lucida hanno evidenziato una diffusissima presenza di uno strato di coloritura bianco sulle superfici di entrambe le tipologie di pietra. Si tratta di una mano di biacca (carbonato basico di Piombo) di profilo spesso irregolare e corpo mai particolarmente elevato, probabilmente depauperata di parte del proprio spessore originale. Non è possibile stabilire se tale stesura possa essere considerata coeva ai manufatti, ma appare piuttosto evidente che l'intero complesso scultoreo in epoche passate fosse stato reso uniformemente bianco, con un effetto scenografico certamente studiato e voluto.
- Passando ai materiali lapidei artificiali (sostanzialmente malte di allettamento e stilatura) le indagini hanno permesso di identificare impasti sia di tipo "tradizionale" (a sola calce aerea) che di tipo parzialmente o completamente idraulico (matrici "bastarde" a calce e cemento, o a solo cemento). Le frazioni normalmente costituenti la cariche inerti sono rappresentate da sabbie a natura mineralogica mista, generalmente quindi sia carbonatiche che quarzoso-silicatiche, con una prevalenza della componente calcitica. In almeno un caso, inoltre, la matrice legante si è rivelata almeno parzialmente magnesiaca.



- *Particolarmente interessanti appaiono i risultati dei monitoraggi tomografici ultrasonici, i quali hanno confermato il migliore stato conservativo generale del manufatto in Calcare micritico, in termini di continuità lapidea. Le zone critiche risultano concentrate in corrispondenza delle aree in cui la sezione degli elementi considerati è inferiore (collo, parte delle braccia, occasionali elementi aggettanti o comunque caratterizzati da particolare esposizione o elevata superficie) condizione che viene solo in parte contrastata dalla presenza di opportuni perni documentati dalle indagini magnetometriche. Tra le statue indagate senza dubbio quella di Endimione presenta la condizione più critica ed anche quella su cui vi sono stati interventi passati più consistenti con l'uso di perniature e malte da risarcimento.*



ARCADIA RICERCHE SRL

Redatto da:
A. Mazzucato

Verificato da:
G. Driussi

