



Codice opera 10082  
**CHIESA DI SANT'ANTONIO NUOVO**  
 Messa in sicurezza strutturale e sistemazione facciate  
**SECONDO LOTTO - PROGETTO ESECUTIVO**



Progettisti per la sistemazione facciate:

dott. ing.  
 dott. arch.  
 per. ind

Nicola MILANI  
 Paolo RICCI  
 Giovanni DE MOTTONI

Progettisti per gli interventi strutturali

dott. ing.

Arturo Busetto  
 Vicolo dei Forni Vecchi n° 1/A  
 Pordenone (PN)

Disegnatore per la sistemazione facciate

per. ind.

Giovanni DE MOTTONI

Coordinatore in progettazione

dott. ing.

Pierpaolo Ferrante  
 Via Madonna del Mare n° 14  
 Trieste (TS)

Responsabile unico del procedimento

dott. arch.

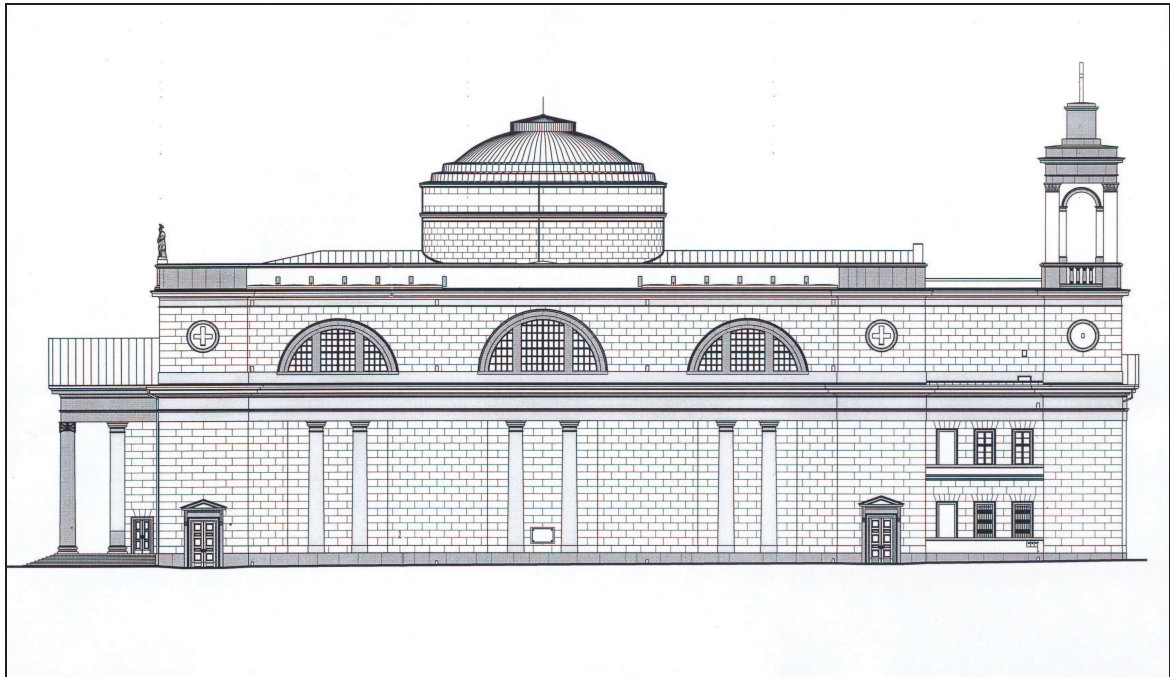
Lucia Iammario

REV.

DATA LUGLIO 2017

STUDIO MINERALOGICO - PETROGRAFICO E  
 CHIMICO - STRATIGRAFICO DEGLI INTONACI ESISTENTI

N



**STUDIO MINERALOGICO-PETROGRAFICO  
E CHIMICO-STRATIGRAFICO SU SEI  
FRAMMENTI DI INTONACO PRELEVATI  
ALL'ESTERNO DELLA CHIESA DI  
SANT'ANTONIO TAUMATURGO A TRIESTE**

Montagnana, 24 settembre 2009

**Dott. Geol. Alessandro Princivalle**

## **INDICE**

- Premessa .....	pag. 2
- Schede Campioni .....	pag. 4
- Camp. 1 .....	pag. 5
- Camp. 2 .....	pag. 10
- Camp. 3 .....	pag. 14
- Camp. 4 .....	pag. 17
- Camp. 5 .....	pag. 20
- Camp. 6 .....	pag. 23
- Considerazioni conclusive .....	pag. 26

## PREMESSA

Su incarico della *Ditta Pittini Impresa Edile S.a.s. di San Dorligo della Valle (Ts)* è stato eseguito uno studio mineralogico-petrografico e chimico-stratigrafico su sei campioni di intonaco prelevati dalle facciate esterne della Chiesa di Sant'Antonio Taumaturgo a Trieste. Lo scopo del presente studio è di caratterizzare gli intonaci confrontandoli tra loro e di determinare le successioni stratigrafiche su due campioni che conservano gli strati pittorici presumibilmente originali.

Di seguito vengono brevemente descritti i campioni, effettuati a cura della Committenza, indicando i punti di prelievo e le analisi eseguite.

**Camp. 1:** Intonaco grigio chiaro con in superficie strato pittorico grigio.

*Punto di prelievo:* Prospetto sud, formella originale (si veda il prospetto a pagina 3)

*Analisi eseguite:* Sezione sottile, sezione lucida trasversale, analisi spettrofotometrica all'infrarosso (FT/IR).

**Camp. 2:** Intonaco grigio chiaro con in superficie strato pittorico giallino-avorio.

*Punto di prelievo:* Prospetto sud, cornice (si veda il prospetto a pagina 3)

*Analisi eseguite:* Sezione sottile, sezione lucida trasversale.

**Camp. 3:** Intonaco grigio chiaro con grossi inerti bianco-grigi.

*Punto di prelievo:* Prospetto Nord (si veda il prospetto a pagina 3).

*Analisi eseguite:* Sezione sottile.

**Camp. 4:** Intonaco grigio scuro con grossi inerti bianco-grigi.

*Punto di prelievo:* Prospetto Sud (si veda il prospetto a pagina 3)

*Analisi eseguite:* Sezione sottile.

**Camp. 5:** Intonaco grigio con grossi inerti bianco-grigi.

*Punto di prelievo:* Prospetto Nord (si veda il prospetto a pagina 3).

*Analisi eseguite:* Sezione sottile.

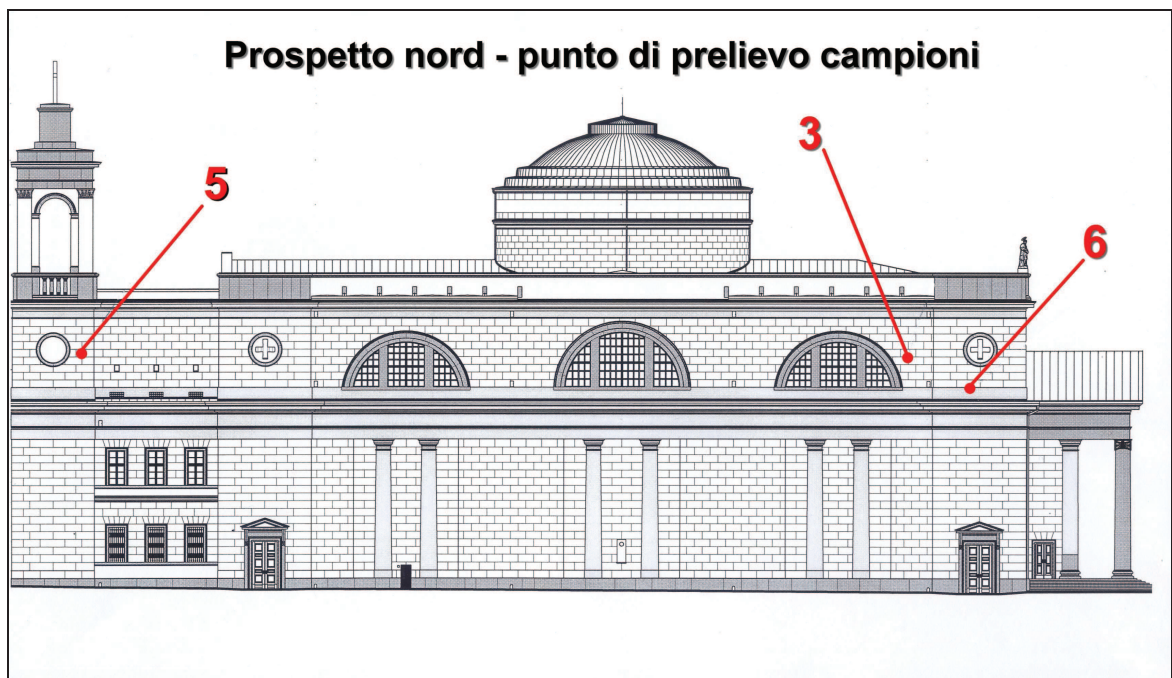
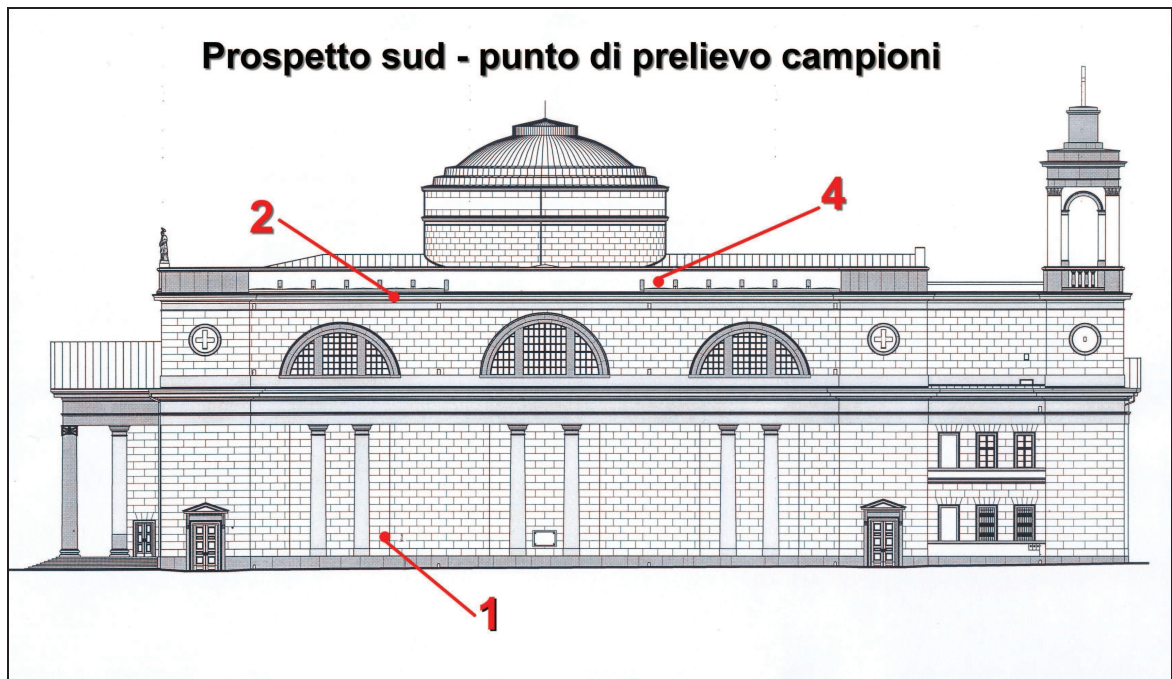
**Camp. 6:** Intonaco grigio scuro con grossi inerti bianco-grigi.

*Punto di prelievo:* Prospetto Nord (si veda il prospetto a pagina 3).

*Analisi eseguite:* Sezione sottile.

**N.B.:** l'allestimento dei preparati (sezioni sottili e sezioni lucide trasversali) e le schede descrittive dei risultati ottenuti sono basati sulle tecniche e sugli schemi delle **Raccomandazioni UNI-Normal** dell'ICR e del CNR. Le misurazioni micrometriche sono riportate in millimetri (mm) o in micron ( $\mu\text{m}$ ,  $1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$ ).



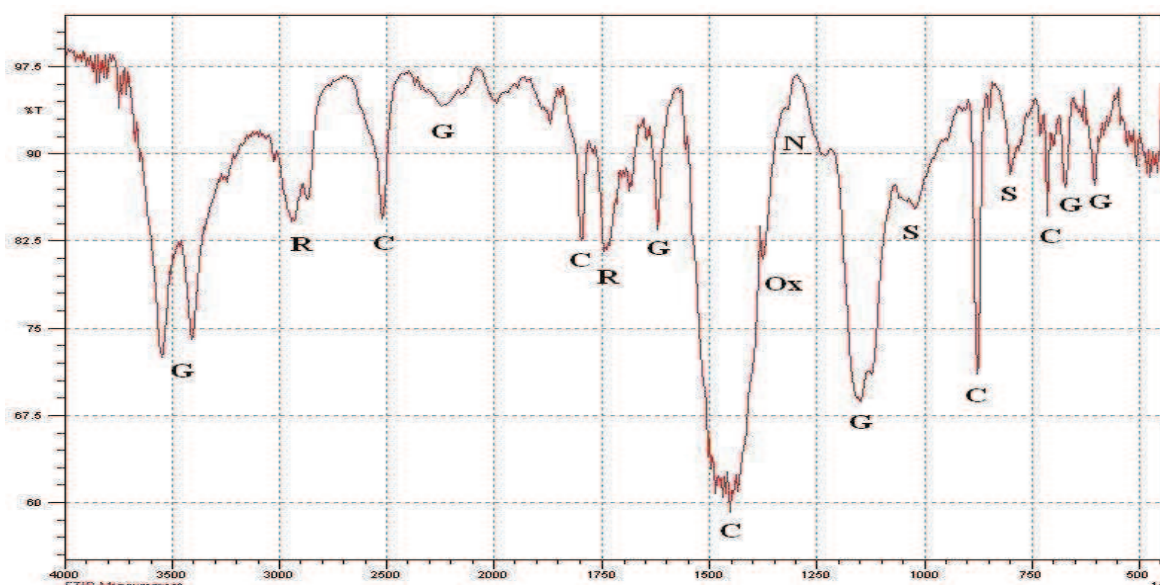


**SCHEDE CAMPIONI**

<b>Campione 1</b>	Intonaco grigio chiaro con in superficie strato pittorico grigio.
<i>Punto di prelievo:</i> <i>Finalità delle indagini:</i> <i>Analisi Effettuate:</i>	Prospetto Sud, dalla formella originale. Determinazione stratigrafica con caratterizzazione dell'intonaco e degli strati pittorici. Sezione lucida stratigrafica e sezione sottile, analisi spettrofotometrica all'infrarosso (FT/IR).

### Analisi spettrofotometrica all'infrarosso (FT/IR)

Parte della superficie del campione è stata asportata a bisturi e quindi analizzata spettrofotometricamente. Viene sotto riportato lo spettro registrato.



### Commento

Come si può osservare nello spettro la superficie del campione risulta costituita principalmente da carbonato di calcio (calcite indicata con **C**), accompagnata da discrete quantità di solfato di calcio biidrato (gesso indicato con **G**), e di una resina acrilica (**R**), con infine piccole quantità di silicati (**S**) ed infine tracce di nitrati (**N**) e di ossalato di calcio (**Ox**). Per quanto riguarda il gesso e i nitrati, essi possono essere ricondotti a sostanze saline solubili, riconducibili i primi in parte ad alterazione di carbonato di calcio e alla presenza di impasti cementizi nelle vicinanze, mentre i secondi a putrefazione di sostanze organiche come il guano di piccione.

### Studio in sezione lucida corredato da analisi all'FT/IR

Partendo dal basso e andando verso la superficie, il campione risulta costituito da 7 strati, ossia:

- 1- Intonaco grigio chiaro di sottofondo che, come evidenziato dallo studio in sezione sottile (a cui si rimanda per la completa caratterizzazione dell'impasto), risulta costituito da un miscuglio di calce aerea carbonatata che trattiene una sabbia di dimensioni prevalentemente medio-fini, con una origine

fluvioalluvionale e di natura quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica.

- 2- lisciatura bianca ben compenetrata con l'intonaco sottostante, costituita da calce aerea carbonatata. Si tratta di uno strato preparatorio della superficie onde renderla atta ad essere dipinta. Spessore 50 - 300  $\mu\text{m}$ .
- 3- strato pittorico grigiastro riconducibile ad una pittura alla calce pigmentata con frammenti di nero carbone da fini a grossolani, accompagnati da relativamente poche particelle di ocre gialla ed ocre rossa. Non notandosi alcuna discontinuità con la lisciatura sottostante si deve concludere che lo strato è coevo all'applicazione dell'intonaco e della lisciatura, ossia che si tratta di una pittura originale. Sulla superficie dello strato si osserva, anche se in maniera discontinua, un deposito grigiastro di polveri e sporco che testimonia come i successivi strati pittorici siano da ricondursi ad interventi posteriori di ridipintura. Spessore 170 – 350  $\mu\text{m}$ .
- 4- resti di uno strato pittorico giallognolo attribuibile ad una pittura alla calce che deve la sua cromia all'aggiunta di finissime dispersioni di ocre gialla, accompagnate da tracce di ocre rossa e di nero carbone. Anche questo strato presenta sulla superficie un sottilissimo deposito grigiastro di polveri e sporco che indica quindi che la successiva pittura è attribuibile ad un nuovo intervento di ridipintura. Spessore 0 - 80  $\mu\text{m}$ .
- 5- pellicola pittorica rossastra costituita da finissime ed abbondanti dispersioni di ocre rossa e, in subordine, ocre gialla sempre finissima, addizionate con piccole quantità di nero carbone. Anche se non ben visibile è presente una matrice di carbonato di calcio, ma soprattutto, basandosi sui risultati dell'analisi spettrofotometrica, la pittura contiene anche tracce di ossalato di calcio. Si ricorda che questo composto non possiede ancora una origine del tutto certa, ma che è opinione ormai comunemente accettata in campo scientifico che derivi da alterazione di originali leganti proteici (colle). Si conclude che in origine lo strato pittorico conteneva quindi anche una colla presumibilmente aggiunta come coadiuvante di adesione al supporto. Spessore 0 - 100  $\mu\text{m}$ .
- 6- pellicola pittorica moderna di colore giallino costituita da un corpo di bianco di zinco o di titanio (una esatta caratterizzazione necessiterebbe di una analisi alla microsonda elettronica), caricata con frammenti anche grossolani di carbonato di calcio e pigmentata con finissime particelle di ocre gialla e con anche del nero carbone. L'analisi spettrofotometrica evidenzia per questo, come per lo strato successivo, la presenza di una resina sintetica moderna di tipo acrilico. Spessore 50 - 160  $\mu\text{m}$ .
- 7- strato pittorico superficiale di colore grigio costituito, come lo strato precedente, da un corpo di bianco di zinco o di titanio, polveri di carbonato di calcio ed una resina sintetica di tipo acrilico, il tutto pigmentato con finissime dispersioni di nero carbone. Spessore 50 - 150  $\mu\text{m}$ .

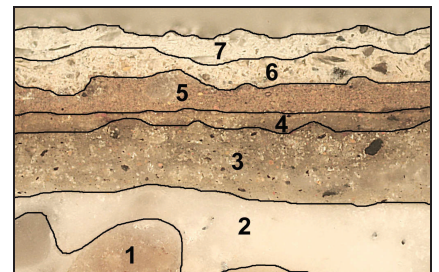
A pagina successiva viene riportata la documentazione fotografica dello studio in sezione lucida.



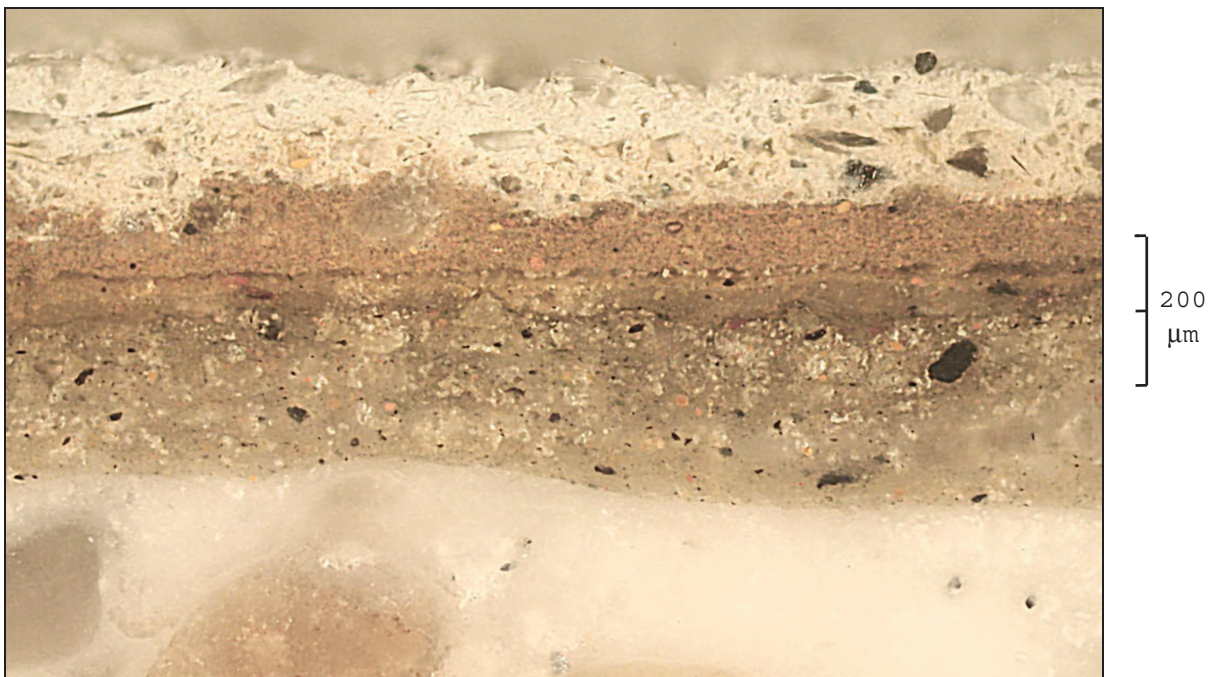


Sezione lucida trasversale, luce riflessa, 40 ingrandimenti.

Le foto e l'esemplificazione grafica a fianco mostrano l'intera stratigrafia osservata sul campione in esame. Alla base l'intonaco di sottofondo a calce e sabbia medio-fine di natura quasi completamente carbonatica, lisciato dalla rasatura bianca (2), di solo carbonato di calcio. Segue lo strato grigiastro originale (3), dato da una pittura alla calce pigmentata con nero carbone e poca ocre gialla e ocre rossa, sulla cui superficie è presente un sottilissimo e discontinuo deposito grigio di polveri e sporco che testimonia come gli strati successivi siano da ricondursi a



ridipinture. La prima ridipintura (4) è sempre riconducibile ad una pittura alla calce, ma di colore giallino in quanto contiene finissima ocre gialla, con tracce di ocre rossa e nero carbone. Anche questo strato, in superficie sostiene un deposito grigiastro di polveri e sporco. Lo strato 5 è invece riconducibile ad una pittura a base di ocre rossa, in subordine ocre gialla e poco nero carbone, che contenendo dell'ossalato di calcio, presumibilmente in origine era stata addizionata con un collante proteico. Infine in superficie un primo strato di pittura moderna giallina (6) a base di bianco di zinco o di titanio, polveri carbonatiche, finissima ocre gialla e poco nero carbone, seguito da uno strato grigio (7), di composizione simile, ma pigmentato solamente con finissimo nero carbone. Entrambi questi due ultimi strati contengono una resina sintetica acrilica.





Sezione lucida trasversale, luce riflessa, 100 ingrandimenti.

**Studio in sezione sottile (UNI 11176-2006)**

**1- Intonaco di sottofondo**

**Descrizione macroscopica**

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Arenaceo
<i>Colore</i>	Grigio chiaro
<i>Coesione</i>	Da mediamente a poco tenace

**Descrizione microscopica**

**Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Arenaceo grossolana (1-0,5 mm) – siltoso grossolana (0,062-0,032 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Arenaceo medio-fine (0,5 – 0,125 mm)
<i>Classazione</i>	Buona
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Da media a molto bassa / frammenti da angolosi ad arrotondati
<i>Morfologia superficiale</i>	Da liscia ad abrasa
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea
<i>Addensamento</i>	Elevato (45-50 %)

**Composizione dei clasti**

91 % - frammenti carbonatici quali calcari micritici e sparitici talora marnosi e di colore giallognolo, calcite policristallina, biocalcareni.  
4 % - frammenti di quarzo mono e policristallino.  
2 % - ossidi di ferro  
1 % - frammenti di feldspati (silicoalluminati)  
1 % - frammenti di selce (silice colloidale)  
1 % - lamelle di muscovite (mica chiara – fillosilicato)  
Tipo di carica: Sabbia di origine fluvioalluvionale con una natura quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica, con colore variabile dal subtrasparente-grigio chiaro fino a giallino-nocciola.

**Porosità**

<i>Percentuale dei pori</i>	Media (intorno al 20 %)
<i>Origine della porosità</i>	Da matrice, sia primaria che secondaria
<i>Forma dei pori</i>	Bollosità nel legante con qualche microfessura.

**Matrice**

<i>Struttura</i>	Abbastanza omogenea, ma con qualche calcinarolo.
<i>Tessitura</i>	Da colloforme a sparitica (> 10 µm)
<i>Rapporti Clasti/matrice</i>	Non rilevati
<i>Composizione</i>	Calce aerea carbonatata.

**Conclusioni**

<i>Tipo di impasto</i>	Intonaco di colore grigio chiaro ottenuto mescolando calce aerea carbonatata con una sabbia di dimensioni prevalentemente medio-fini, con una origine fluvioalluvionale, di composizione quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica. La porosità appare attorno a valori medi, con una origine sia primaria che in parte secondaria. La cromia dell'impasto è determinata dal colore proprio della carica. Il rapporto legante/aggregato è stimabile
------------------------	--

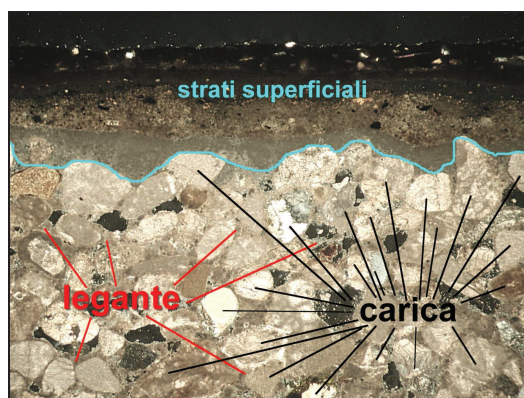
	compreso tra valori di 1/3,5 e 1/4.
<i>Stato di conservazione</i>	Sufficiente con l'impasto che non presenta una buona tenacità e coesione, fatto legato all'uso di una eccessiva quantità di carica (impasto magro, ossia con tanto inerte e poco legante).

Viene sotto riportata la documentazione fotografica dello studio in sezione sottile.



Sezione Sottile, luce polarizzata trasmessa, 40 ingrandimenti, Nicols incrociati.

La foto e l'esemplificazione della composizione mineralogico-petrografica a fianco, mostrano il campione all'osservazione in sezione sottile. Si ricorda che i colori osservabili non sono reali, ma si tratta di colori di interferenza creatisi al passaggio della luce polarizzata all'interno dei minerali. Dell'intonaco, che occupa la parte in basso della foto, viene evidenziato l'aspetto del legante, costituito da calce aerea carbonatata, e quello della abbondante carica data quest'ultima da una sabbia quasi completamente carbonatica (quindi con colori di interferenza simili a quelli del legante, ossia giallino-nocciola, ma con forma propria e spesso rotondeggiante), e solo in minima parte silicatica (qualche raro frammento bianco-grigio fino a nerastro). Nella parte alta della foto si riconoscono gli strati superficiali, partendo dalla rasatura di calce e con anche la prima pittura alla calce ben visibile in quanto possiede i medesimi colori di interferenza dell'intonaco. Gli strati superficiali appaiono opachi in quanto contengono la resina sintetica acrilica che produce questo fenomeno in luce polarizzata.



<b>Campione 2</b>	Intonaco grigio chiaro con in superficie strato pittorico giallino-avorio.
<i>Punto di prelievo:</i> <i>Finalità delle indagini:</i> <i>Analisi Effettuate:</i>	Prospetto Sud, cornice. Determinazione stratigrafica con caratterizzazione dell'intonaco e degli strati pittorici. Sezione lucida stratigrafica e sezione sottile.

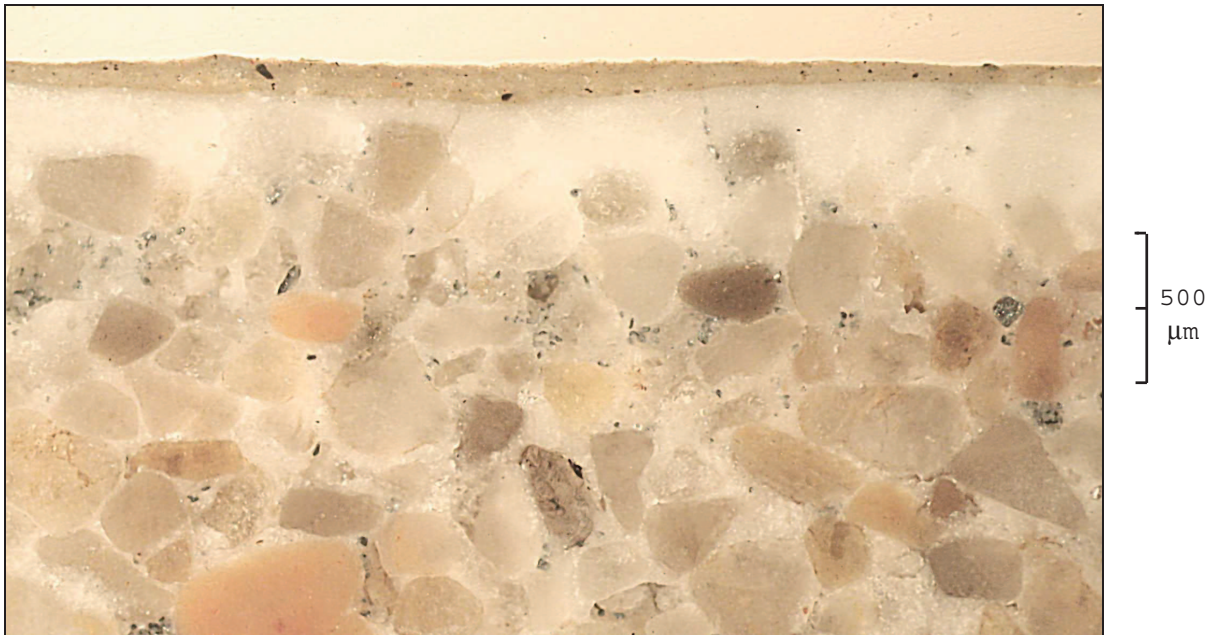
*Studio in sezione lucida*

Partendo dal basso e andando verso la superficie, il campione risulta costituito da 3 strati, ossia:

- 1- Intonaco grigio chiaro di sottofondo del tutto simile a quello studiato per il campione precedente. Tale indicazione viene fornita dallo studio in sezione sottile (a cui si rimanda per la caratterizzazione completa dell'impasto), che rileva un impasto a base di calce aerea carbonatata ed una sabbia fluvioalluvionale prevalentemente medio-fine, di natura quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica.
- 2- lisciatura bianca del tutto simile allo strato 2 del campione precedente, si tratta anche in questo caso di una preparazione della superficie al fine di rendere neutra la cromia del supporto e di ottenere una superficie più liscia e quindi più facilmente pitturabile. Lo strato risulta ben compenetrato con l'intonaco sottostante, senza alcuna netta separazione, fatto che quindi indica una applicazione in tempi molto ravvicinati, ossia nel medesimo momento edificatorio. Spessore 30 - 450  $\mu\text{m}$ .
- 3- pittura alla calce di colore giallognolo ottenuta mescolando alla calce fini dispersioni di ocre gialla, accompagnata da poco nero carbone e con qualche sporadico aggregato di ocre rossa. Anche in questo caso, non notandosi alcuna separazione o deposito tra lisciatura sottostante e strato pittorico, si conclude che si tratta sempre del medesimo momento edificatorio. Spessore 30 – 110  $\mu\text{m}$ .

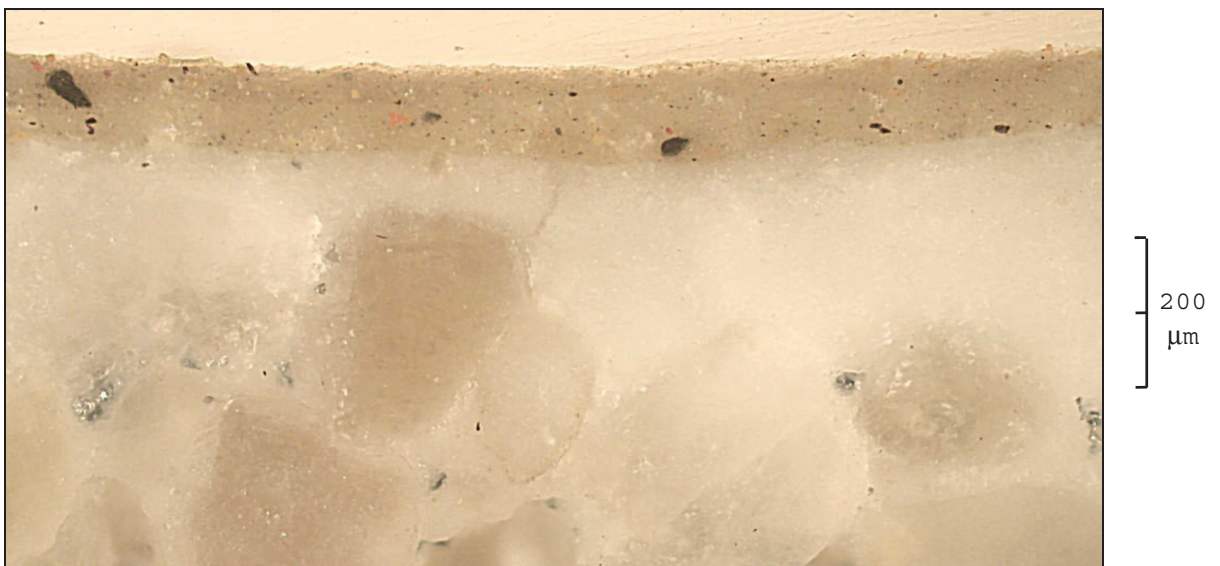
A pagina successiva viene riportata la documentazione fotografica dello studio in sezione lucida.





Sezione lucida trasversale, luce riflessa, 40 ingrandimenti.

Le due foto e l'esemplificazione grafica a fianco mostrano a diversi ingrandimenti l'intera stratigrafia osservata sul campione osservato in sezione lucida. Dell'intonaco di supporto (1), si noti la forte somiglianza con l'impasto alla base del campione precedente, trattandosi sempre di un miscuglio di calce aerea carbonatata e sabbia medio-fine quasi completamente carbonatica. Anche la rasatura bianca (2), appare completamente simile allo strato 2 del campione precedente, essendo costituita solamente da calce aerea carbonatata. Infine in superficie l'unico strato pittorico presente è dato da una pittura alla calce giallognola per l'uso di ocre gialla, con anche piccole quantità di fine nero carbone e tracce di ocre rossa. Si osservi che tra gli strati non sono presenti depositi o nette discontinuità, fatto che quindi permette di concludere che si tratta della sequenza pittorica di un unico momento edificatorio, presumibilmente quello originale.



Sezione lucida trasversale, luce riflessa, 100 ingrandimenti.

## Studio in sezione sottile (UNI 11176-2006)

### 1- Intonaco di sottofondo

#### Descrizione macroscopica

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Arenaceo
<i>Colore</i>	Grigio chiaro
<i>Coesione</i>	Da mediamente a poco tenace

#### Descrizione microscopica

##### **Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Arenaceo grossolana (1-0,5 mm) – siltoso grossolana (0,062-0,032 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Arenaceo medio-fine (0,5 – 0,125 mm)
<i>Classazione</i>	Buona
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Da media a molto bassa / frammenti da angolosi ad arrotondati
<i>Morfologia superficiale</i>	Da liscia ad abrasa
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea
<i>Addensamento</i>	Elevato (45-50 %)

##### **Composizione dei clasti**

90 % - frammenti carbonatici quali calcari micritici e sparitici talora marnosi e di colore giallognolo, calcite policristallina, biocalcareni.  
5 % - frammenti di quarzo mono e policristallino.  
2 % - ossidi di ferro  
2 % - frammenti di selce (silice colloidale)  
1 % - frammenti di feldspati (silicoalluminati)  
Tipo di carica: Sabbia completamente simile a quella del campione precedente, quindi con una origine fluvioalluvionale e di natura quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica. Il colore è sempre variabile dal subtrasparente-grigio chiaro fino a giallino-nocciola.

##### **Porosità**

<i>Percentuale dei pori</i>	Media (intorno al 20 %)
<i>Origine della porosità</i>	Da matrice, sia primaria che secondaria
<i>Forma dei pori</i>	Bollosità nel legante con qualche microfessura.

##### **Matrice**

<i>Struttura</i>	Abbastanza omogenea, ma con qualche calcinarolo.
<i>Tessitura</i>	Da colloforme a sparitica (> 10 µm)
<i>Rapporti Clasti/matrice</i>	Non rilevati
<i>Composizione</i>	Calce aerea carbonatata.

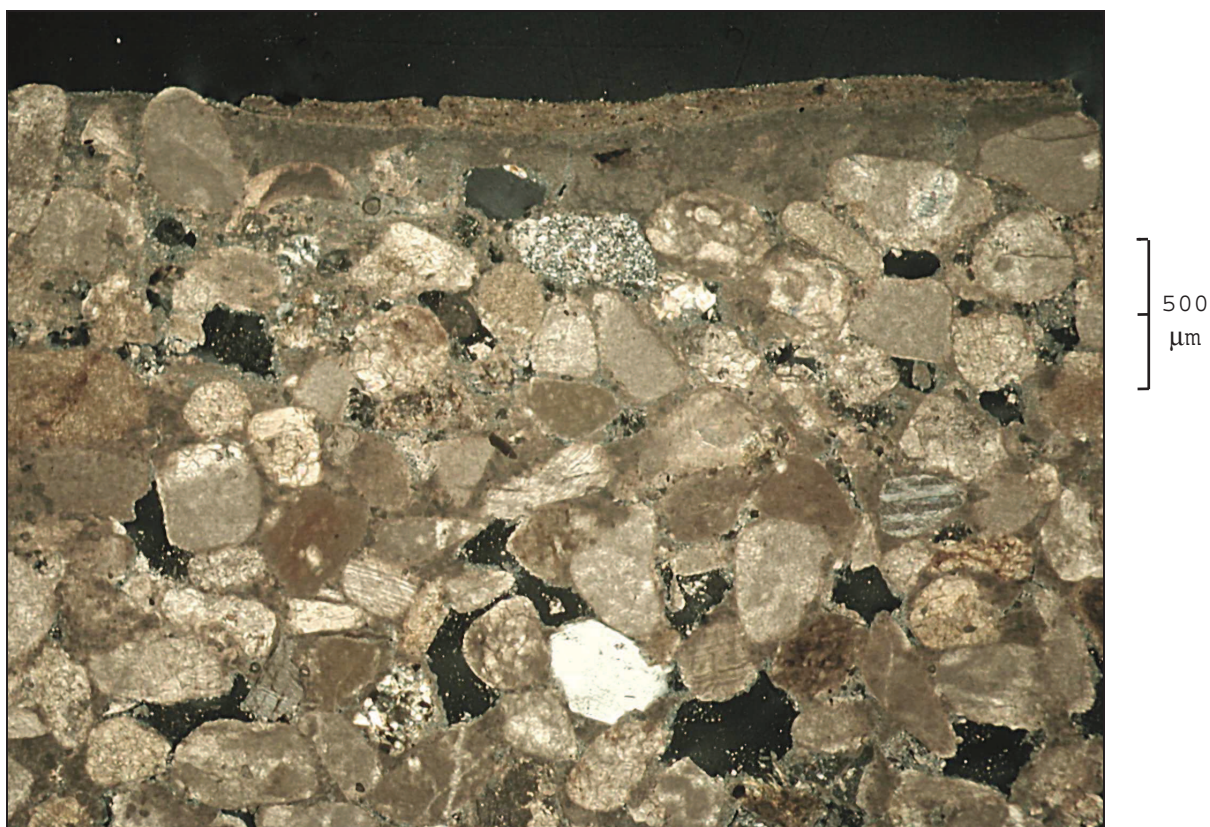
### **Conclusioni**

<i>Tipo di impasto</i>	Intonaco di colore grigio chiaro completamente simile a quello analizzato per il campione precedente. Si tratta anche in questo caso di un miscuglio di calce aerea carbonatata ed una sabbia fluvioalluvionale di dimensioni prevalentemente medio-fini, con composizione quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica. La porosità risulta anche in questo caso media con una origine
------------------------	---



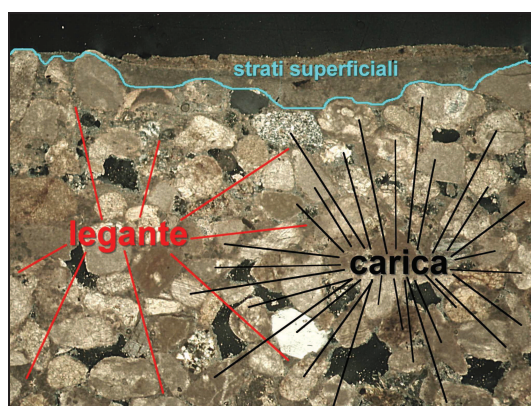
	sia primaria che in parte secondaria. La cromia grigio chiaro dell'impasto è determinata dal colore proprio della carica. Il rapporto legante/aggregato è stimabile compreso tra valori di 1/3,5 e 1/4.
<i>Stato di conservazione</i>	Simile anche lo stato di conservazione che risulta sufficiente, ma non ottimale vista la medio-bassa tenacità ed una coesione fortemente influenzata dall'utilizzo di una eccessiva quantità di sabbia (impasto magro).

Viene sotto riportata la documentazione fotografica dello studio in sezione sottile.



Sezione Sottile, luce polarizzata trasmessa, 40 ingrandimenti, Nicols incrociati.

La foto e l'esemplificazione della composizione mineralogico-petrografica a fianco, mostrano il campione all'osservazione microscopica. La quasi totalità della foto mostra l'intonaco di sottofondo che risulta del tutto simile a quello analizzato per il campione precedente. Si tratta infatti anche in questo caso di un impasto di calce aerea carbonatata che trattiene un abbondante scheletro dato da una sabbia prevalentemente medio-fine e di natura quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica. Sulla superficie si possono osservare i due strati superficiali con la rasatura di sola calce (possiede gli stessi colori di interferenza del legante dell'intonaco), su cui poggia la pittura alla calce giallino-avorio per l'uso di ocre gialla e poco nero carbone.



<b>Campione 3</b>	Intonaco grigio chiaro con grossi inerti bianco-grigi.
<i>Punto di prelievo:</i>	Prospetto nord.
<i>Finalità delle indagini:</i>	Caratterizzazione dell'impasto.
<i>Analisi Effettuate:</i>	Sezione sottile.

### **Studio in sezione sottile (UNI 11176-2006)**

#### **Descrizione macroscopica**

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Conglomeratico-arenaceo
<i>Colore</i>	Grigio chiaro
<i>Coesione</i>	Tenace

#### **Descrizione microscopica**

##### **Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Microconglomeratica (4-2 mm) – siltoso grossolana (0,062-0,032 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Microconglomeratico-arenaceo molto grossolana (4-1 mm)
<i>Classazione</i>	Scarsa
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Da media a molto bassa / frammenti da angolosi ad arrotondati
<i>Morfologia superficiale</i>	Da liscia ad abrasa
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea
<i>Addensamento</i>	Elevato (maggiore del 50 %)

##### **Composizione dei clasti**

91 % - frammenti carbonatici quali calcari sparitici e micritici, biocalcareni, calcite policristallina, calcari marnosi giallo-aranciati, calcari oolitici.

4 % - frammenti di quarzo mono e policristallino.

2 % - frammenti di selce (silice colloidale)

2 % - ossidi di ferro

1 % - frammenti di feldspati (silicoalluminati).

Tipo di carica: Sabbia di origine fluvioalluvionale con una natura quasi completamente carbonatica e solo in piccola parte quarzoso-silicatica, con colore variabile dal subtrasparente-grigiastro, passando per nocciola giallognolo, fino a grigio scuro.

##### **Porosità**

<i>Percentuale dei pori</i>	Bassa (compresa tra il 15 e il 20 %)
<i>Origine della porosità</i>	Da matrice prevalentemente primaria
<i>Forma dei pori</i>	Bollosità nel legante.

##### **Matrice**

<i>Struttura</i>	Eterogenea con abbastanza numerosi aggregati di minerali subtrasparenti e rotondeggianti di belite, immersi in una matrice opaca di celite. Si ricorda che belite e celite sono due dei costituenti fondamentali dei clinker.
<i>Tessitura</i>	Da colloforme a sparitica (> 10 µm)
<i>Rapporti Clasti/matrice</i>	Non rilevati
<i>Composizione</i>	Cemento e poca calce idraulica.

##### **Conclusioni**

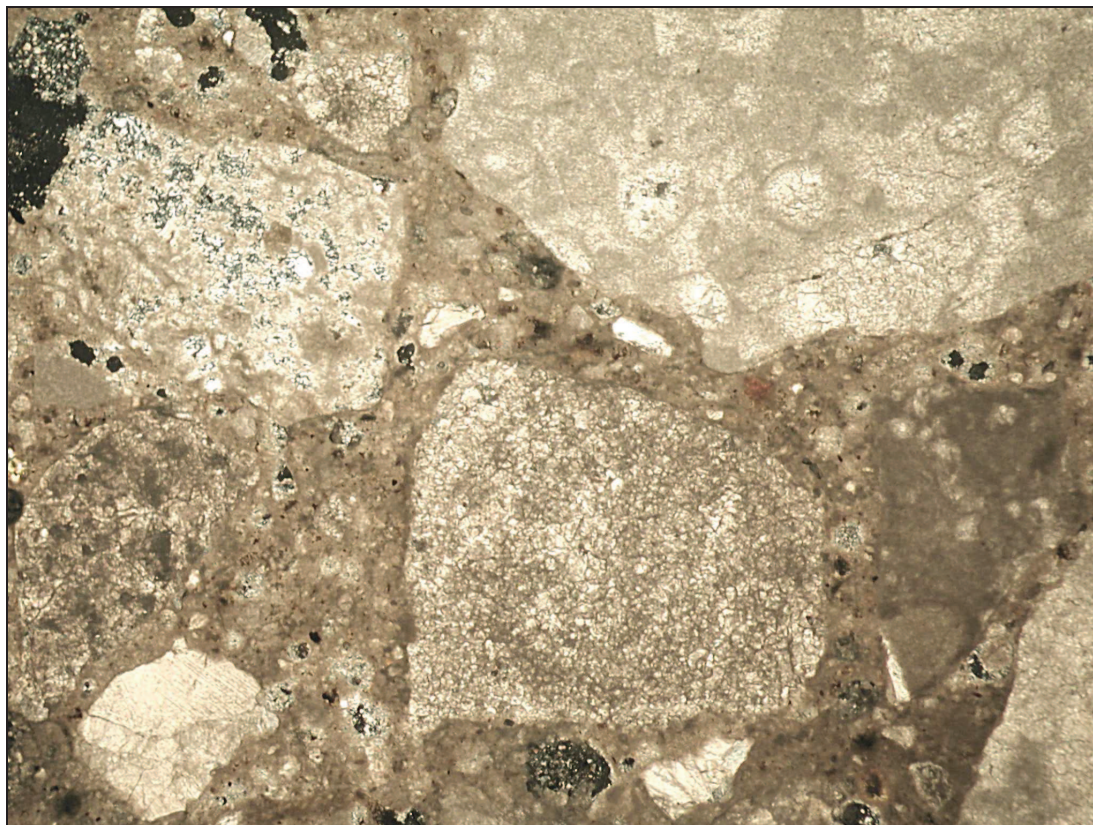
<i>Tipo di impasto</i>	Intonaco di colore grigio chiaro dato dalla mescolanza di cemento e poca calce idraulica che trattengono una carica
------------------------	---

**Dott. Geol. Alessandro Princivalle**  
**Analisi finalizzate al restauro di beni di interesse artistico e monumentale**

	costituita da pietrischetto e sabbia fluvioalluvionale di dimensioni prevalentemente grossolane e con una composizione quasi completamente carbonatica e solo in piccola parte quarzoso-silicatica. La percentuale dei pori si attesta su valori medio-bassi con bollosità prevalentemente primarie. Il rapporto leganti/aggregato è stimabile superiore a valori di 1/4.
<i>Stato di conservazione</i>	Buono, vista la forte tenacità e coesione.

A pagina successiva viene riportata la documentazione fotografica dello studio in sezione sottile.

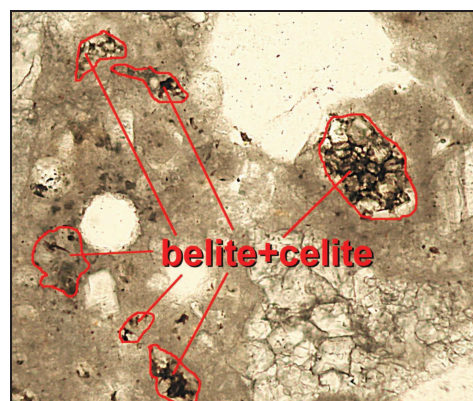
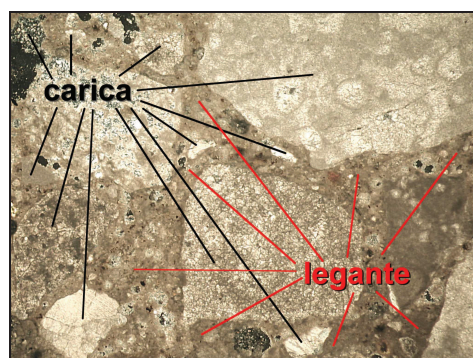




500  
μm

Sezione Sottile, luce polarizzata trasmessa, 40 ingrandimenti, Nicols incrociati.

La foto e l'esemplificazione della composizione mineralogico-petrografica a fianco, mostrano l'intonaco analizzato microscopicamente. Anche per questo campione viene evidenziata la carica che risulta costituita da grossi frammenti carbonatici (granuli biancastro-giallino-nocciola), con inoltre qualche raro frammento di selce (bianco-grigio-neri), il tutto immerso in una matrice da nocciola a grigiastra ottenuta mescolando cemento e poca calce idraulica. La natura idraulica del legante viene testimoniata dal rinvenimento di abbastanza numerosi aggregati di minerali subtrasparenti e tondeggianti di belite, immersi in una matrice marroncino-opaca di celite (si veda la seconda foto piccola a fianco). Trattandosi di due dei costituenti fondamentali dei clinker si conclude quindi che è presente il cemento.



<b>Campione 4</b>	Intonaco grigio scuro con grossi inerti bianco-grigi.
<i>Punto di prelievo:</i>	Prospetto sud.
<i>Finalità delle indagini:</i>	Caratterizzazione dell'impasto.
<i>Analisi Effettuate:</i>	Sezione sottile.

### **Studio in sezione sottile (UNI 11176-2006)**

#### **Descrizione macroscopica**

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Conglomeratico-arenaceo
<i>Colore</i>	Grigio scuro
<i>Coesione</i>	Tenace

#### **Descrizione microscopica**

##### **Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Conglomeratico fine (8-4 mm) – siltoso grossolana (0,062-0,032 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Microconglomeratico-arenaceo molto grossolana (4-1 mm)
<i>Classazione</i>	Scarsa
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Da media a molto bassa / frammenti da angolosi ad arrotondati
<i>Morfologia superficiale</i>	Da liscia ad abrasa
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea
<i>Addensamento</i>	Elevato (maggiore del 50 %)

##### **Composizione dei clasti**

88 % - frammenti carbonatici quali calcari sparitici e micritici, biocalcareni, calcari oolitici, calcari marnosi, calcite policristallina.

7 % - frammenti di quarzo mono e policristallino.

3 % - ossidi di ferro

1 % - frammenti di feldspati (silicoalluminati).

1 % - lamelle di muscovite (mica bianca – fillosilicato)

Tracce – frammenti di anfibolo (silicoalluminato)

Tipo di carica: Sabbia di origine fluvioalluvionale di natura quasi completamente carbonatica e solo in piccola parte quarzoso-silicatica, con colore variabile dal subtrasparente-grigiastro, passando per nocciola-giallognolo, fino a nerastro.

##### **Porosità**

<i>Percentuale dei pori</i>	Media (intorno al 20 %)
<i>Origine della porosità</i>	Da matrice prevalentemente primaria
<i>Forma dei pori</i>	Bollosità tondeggianti nel legante.

##### **Matrice**

<i>Struttura</i>	Eterogenea per la presenza di assai numerosi aggregati di minerali subtrasparenti e rotondeggianti di belite, immersi in una matrice opaca di celite. Si ricorda che belite e celite sono due dei costituenti fondamentali dei clinker.
<i>Tessitura</i>	Da colloforme a sparitica (> 10 µm)
<i>Rapporti Clasti/matrice</i>	Non rilevati
<i>Composizione</i>	Cemento.

### **Conclusioni**

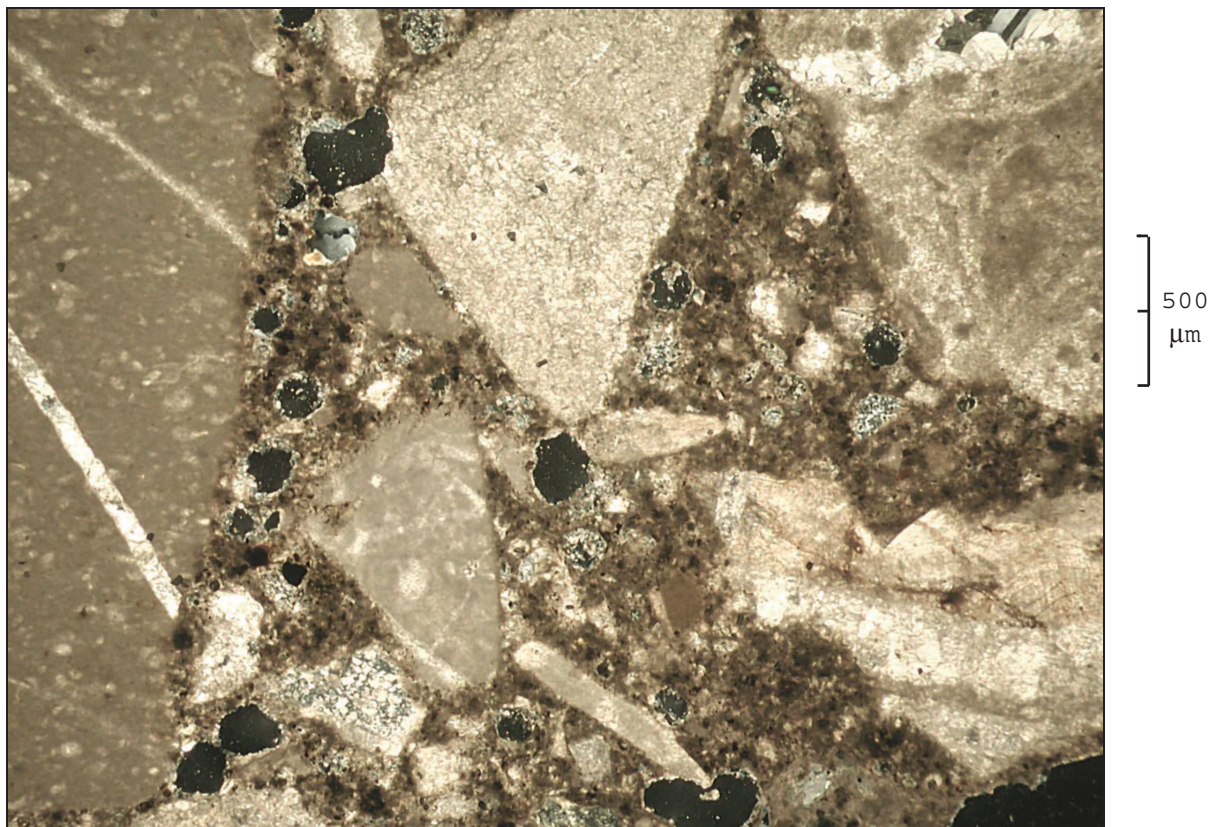
<i>Tipo di impasto</i>	Intonaco di colore grigio scuro ottenuto mescolando cemento
------------------------	---



**Dott. Geol. Alessandro Princivalle**  
**Analisi finalizzate al restauro di beni di interesse artistico e monumentale**

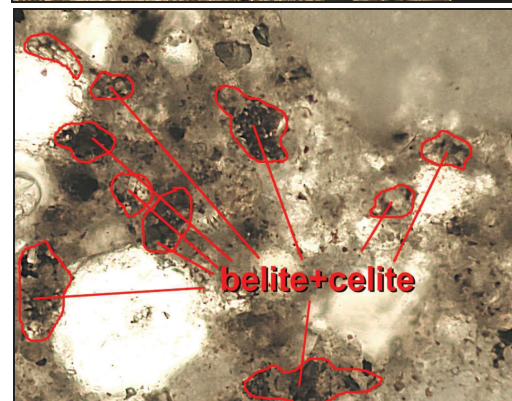
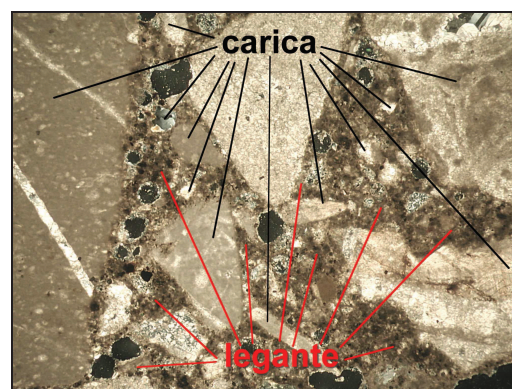
	con una carica costituita da pietrischetto e sabbia fluvioalluvionale di dimensioni prevalentemente grossolane e di composizione quasi completamente carbonatica e solo in piccola parte quarzoso-silicatica. La porosità risulta attorno a valori medi, con bollosità tondeggianti di origine primaria. Il rapporto legante/aggregato è stimabile superiore a valori di 1/4.
<i>Stato di conservazione</i>	Buono, vista la forte tenacità e coesione.

A pagina successiva viene riportata la documentazione fotografica dello studio in sezione sottile.



Sezione Sottile, luce polarizzata trasmessa, 40 ingrandimenti, Nicols incrociati.

La foto e l'esemplificazione della composizione mineralogico-petrografica a fianco, evidenziano l'aspetto dell'impasto allo studio microscopico. La carica, molto abbondante, è data anche in questo caso da grossi frammenti carbonatici, talora anche di 6 millimetri di lunghezza, con qualche raro frammento quarzoso-silicatico, il tutto trattenuto da un legante che appare marrone scuro per la presenza di assai numerosi aggregati di belite e celite. Nella seconda foto piccola a fianco vengono evidenziati ad elevati ingrandimenti i numerosi aggregati di belite immersi nella celite marroncina e tale presenza testimonia senza alcun dubbio che si tratta di cemento.



<b>Campione 5</b>	Intonaco grigio con grossi inerti bianco-grigi.
<i>Punto di prelievo:</i>	Prospetto nord.
<i>Finalità delle indagini:</i>	Caratterizzazione dell'impasto.
<i>Analisi Effettuate:</i>	Sezione sottile.

### **Studio in sezione sottile (UNI 11176-2006)**

#### **Descrizione macroscopica**

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Conglomeratico-arenaceo
<i>Colore</i>	Grigio
<i>Coesione</i>	Tenace

#### **Descrizione microscopica**

##### **Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Microconglomeratico (4-2 mm) – siltoso grossolana (0,062-0,032 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Arenaceo molto grossolana-arenaceo grossolana (2-0,5 mm)
<i>Classazione</i>	Scarsa
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Da media a molto bassa / frammenti da angolosi a subarrotondati
<i>Morfologia superficiale</i>	Da liscia ad abrasa
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea
<i>Addensamento</i>	Elevato (45 %)

##### **Composizione dei clasti**

91 % - frammenti carbonatici quali calcari micritici e sparitici, biocalcareni, calcite policristallina.  
5 % - frammenti di selce (silice colloidale)  
2 % - frammenti di quarzo mono e policristallino.  
2 % - ossidi di ferro

Tipo di carica: Sabbia fluvioalluvionale con una natura quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica. Il colore dell'inerte è variabile dal subtrasparente-grigiastro, fino a nocciola-giallognolo.

##### **Porosità**

<i>Percentuale dei pori</i>	Bassa (compresa tra il 15 e il 20 %)
<i>Origine della porosità</i>	Da matrice prevalentemente primaria
<i>Forma dei pori</i>	Bollosità nel legante.

##### **Matrice**

<i>Struttura</i>	Eterogenea con abbastanza numerosi aggregati di minerali subtrasparenti e rotondeggianti di belite, immersi in una matrice opaca di celite. Si ricorda che belite e celite sono due dei costituenti fondamentali dei clinker.
<i>Tessitura</i>	Da colloforme a sparitica (> 10 µm)
<i>Rapporti Clasti/matrice</i>	Non rilevati
<i>Composizione</i>	Cemento e poca calce idraulica.

### **Conclusioni**

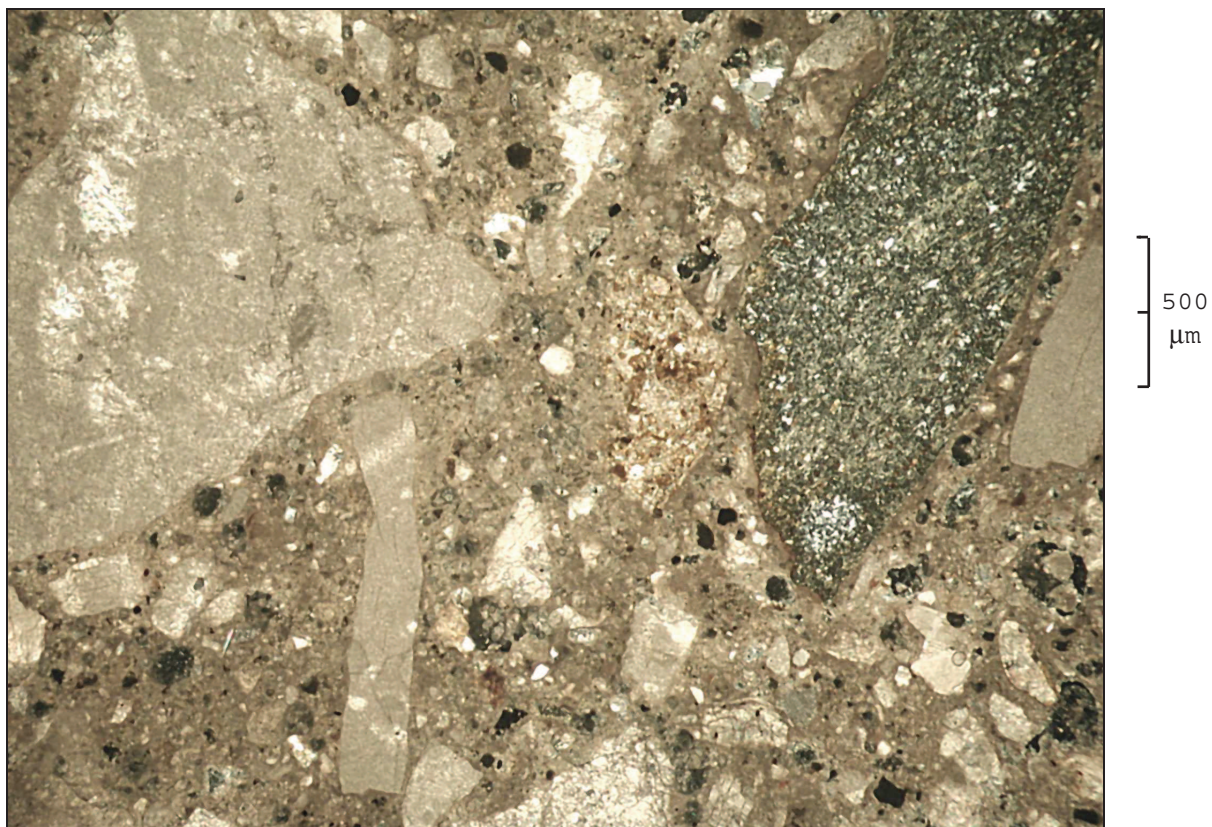
<i>Tipo di impasto</i>	Intonaco di colore grigio dato dalla mescolanza di cemento e poca calce idraulica come leganti che aggregano una carica
------------------------	---

**Dott. Geol. Alessandro Princivalle**  
**Analisi finalizzate al restauro di beni di interesse artistico e monumentale**

	costituita da pietrischetto e sabbia fluvioalluvionale di composizione quasi completamente carbonatica e solo in minima parte quarzoso-silicatica, con dimensioni prevalentemente arenaceo molto grossolane-arenaceo grossolane. La porosità è data da bollosità prevalentemente primarie e si attesta su valori bassi. Il rapporto legante/aggregato è stimabile attorno a valori di 1/3,5.
<i>Stato di conservazione</i>	Buono con l'impasto che presente una forte tenacità e coesione.

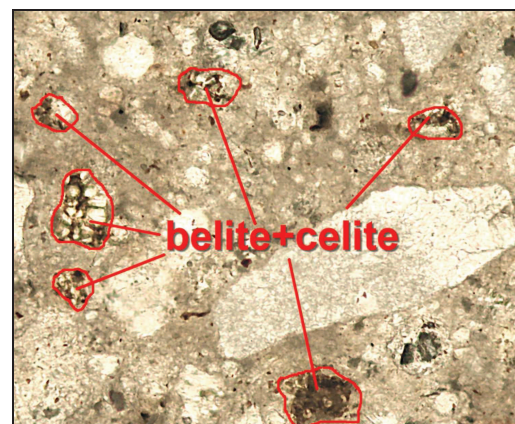
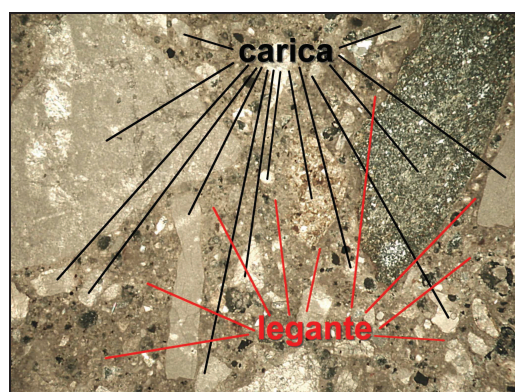
A pagina successiva viene riportata la documentazione fotografica dello studio in sezione sottile.





Sezione Sottile, luce polarizzata trasmessa, 40 ingrandimenti, Nicols incrociati.

La foto e l'esemplificazione della composizione mineralogico-petrografica a fianco, mostrano l'intonaco osservato in sezione sottile. Si osservi che rispetto agli impasti precedenti, benché siano presenti anche frammenti molto grossolani, si notano anche granuli di dimensioni medio-fini. La natura di questi granuli è prevalentemente carbonatica, ma sono presenti anche alcuni grossi frammenti di selce (ad esempio il granulo bianco-grigio-nerastro sull'angolo destro in alto nella foto). Il legante è dato da un miscuglio di cemento e poca calce idraulica come si evince dalla presenza di non numerosissimi aggregati di belite e celite (si veda la foto a lato), che testimoniano l'utilizzo di leganti idraulici.





<b>Campione 6</b>	Intonaco grigio scuro con grossi inerti bianco-grigi.
<i>Punto di prelievo:</i>	Prospetto nord.
<i>Finalità delle indagini:</i>	Caratterizzazione dell'impasto.
<i>Analisi Effettuate:</i>	Sezione sottile.

### **Studio in sezione sottile (UNI 11176-2006)**

#### **Descrizione macroscopica**

<i>Aspetto Dimensionale</i>	Conglomeratico-arenaceo
<i>Colore</i>	Grigio scuro
<i>Coesione</i>	Tenace

#### **Descrizione microscopica**

##### **Aggregato**

<i>Granulometria</i>	Microconglomeratica (4-2 mm) – siltoso grossolana (0,062-0,032 mm)
<i>Granulometria prevalente</i>	Microconglomeratico-arenaceo molto grossolana (4-1 mm)
<i>Classazione</i>	Scarsa
<i>Forma (sfericità/arrotondamento)</i>	Da media a molto bassa / frammenti da angolosi ad arrotondati
<i>Morfologia superficiale</i>	Da liscia ad abrasa
<i>Orientamento</i>	Non rilevato.
<i>Distribuzione</i>	Omogenea
<i>Addensamento</i>	Elevato (maggiore del 50 %)

##### **Composizione dei clasti**

90 % - frammenti carbonatici quali calcari micritici e sparitici, calcite policristallina, biomicriti, calcari marnosi talora giallognolo-aranciati.  
4 % - frammenti di quarzo mono e policristallino.  
3 % - frammenti di selce (silice colloidale)  
2 % - ossidi di ferro  
1 % - frammenti di feldspati (silicoalluminati).  
Tipo di carica: Sabbia di origine fluvioalluvionale e di natura quasi completamente carbonatica e solo in piccola parte quarzoso-silicatica, con colore variabile dal subtrasparente-grigiastro, passando per brunastro-giallognolo, fino a grigio scuro.

##### **Porosità**

<i>Percentuale dei pori</i>	Media (attorno al 20 %)
<i>Origine della porosità</i>	Da matrice prevalentemente primaria
<i>Forma dei pori</i>	Numerose bollosità tondeggianti nel legante.

##### **Matrice**

<i>Struttura</i>	Eterogenea con numerosi aggregati di minerali subtrasparenti e rotondeggianti di belite, immersi in una matrice opaca di celite. Si ricorda che belite e celite sono due dei costituenti fondamentali del clinker.
<i>Tessitura</i>	Da colloforme a sparitica (> 10 µm)
<i>Rapporti Clasti/matrice</i>	Non rilevati
<i>Composizione</i>	Cemento.

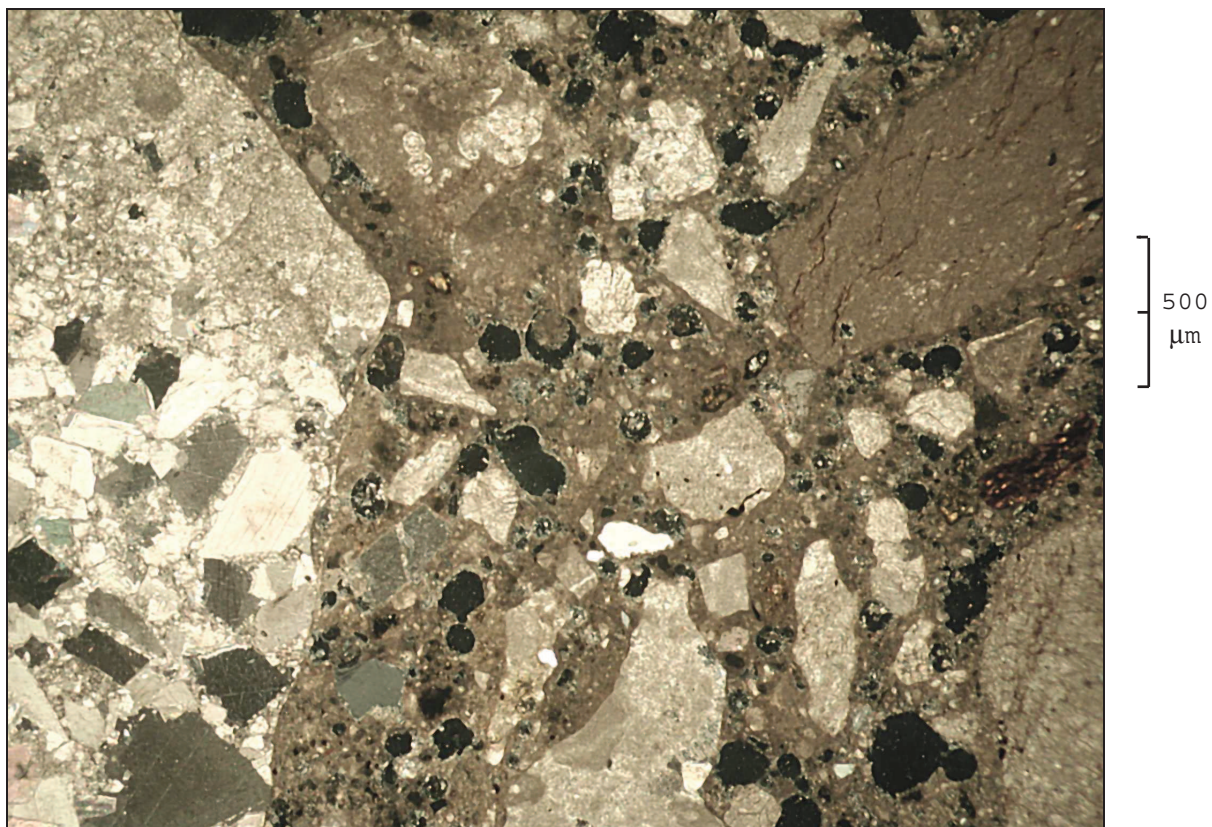
### **Conclusioni**

<i>Tipo di impasto</i>	Intonaco di colore grigio scuro ottenuto utilizzando cemento come legante, mentre la carica è data da pietrischetto e sabbia fluvioalluvionale di dimensioni prevalentemente
------------------------	--

**Dott. Geol. Alessandro Princivalle**  
**Analisi finalizzate al restauro di beni di interesse artistico e monumentale**

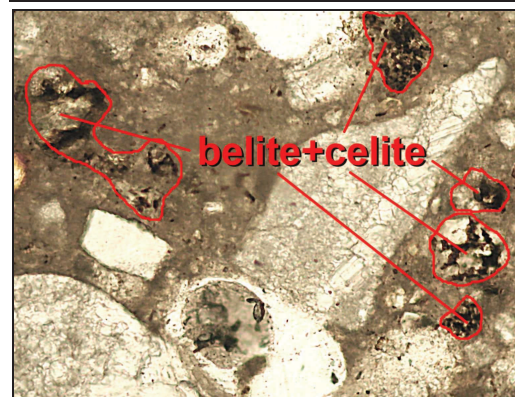
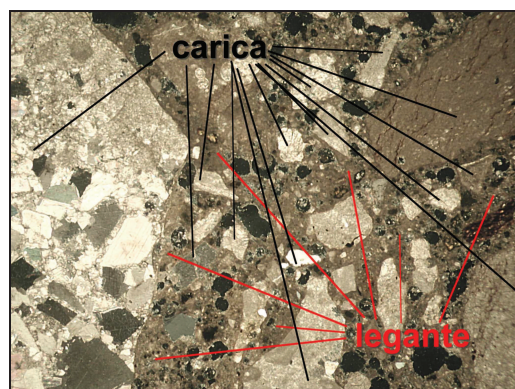
	grossolane e di composizione perlopiù carbonatica e solo in piccola parte quarzoso-silicatica. La percentuale dei pori è stimabile attorno a valori medi con numerose bollosità tondeggianti prevalentemente primarie. Il rapporto leganti/aggregato è stimabile superiore a valori di 1/4.
<i>Stato di conservazione</i>	Buono con l'impasto che conserva una forte tenacità e coesione.

A pagina successiva viene riportata la documentazione fotografica dello studio in sezione sottile.



Sezione Sottile, luce polarizzata trasmessa, 40 ingrandimenti, Nicols incrociati.

La foto e l'esemplificazione della composizione mineralogico-petrografica a fianco, mostrano il campione allo studio in sezione sottile. Viene così evidenziato l'aspetto della carica, sempre data prevalentemente da frammenti carbonatici, con qualche raro e fine granulo quarzoso-silicatico, trattenuti da una matrice che appare nocciola-brunicca in quanto contiene numerosi aggregati di minerali subtrasparenti e tondeggianti di belite immersi in una matrice opaco-bruna di celite. Come già riportato per i precedenti campioni, il rinvenimento abbondante di questi due minerali testimonia che il legante utilizzato è il cemento. Si osservino anche abbastanza numerosi micropori talora tondeggianti (aree nere), che rappresentano bollosità prevalentemente primarie dell'impasto.





## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Rimandando alle singole schede dei prelievi per la completa descrizione dei parametri analizzati, sulla base delle osservazioni microscopiche e delle prove strumentali si possono trarre alcune considerazioni sui materiali impiegati.

I campioni 1 e 2, prelevati entrambi dal prospetto sud, sono gli unici due che presentano l'intonaco e le pitture che possiamo considerare originali. Alla base dei due campioni si rinviene infatti un intonaco grigio chiaro costituito da un miscuglio di calce aerea carbonatata ed una sabbia di origine fluvioalluvionale, con dimensioni prevalentemente medio-fini e con una natura quasi completamente carbonatica e solo per circa il 10 % quarzoso-silicatica. Il rapporto legante/aggregato è in entrambi stimabile compreso tra valori di 1/3,5 e 1/4, ossia una parte in volume di calce per 3,5-4 parti di sabbia. Si tratta pertanto di impasti piuttosto magri (tanta sabbia e poco legante), che proprio in questa caratteristica trovano la giustificazione per una tenacità non certo ottimale ed una coesione talora bassa (impasti che tendono a sgranarsi). Lo stato di conservazione quindi, pur sufficiente, non risulta ottimale.

In entrambi i campioni la superficie è stata lisciata mediante l'applicazione di una rasatura di sola calce carbonatata, su cui insiste la pittura originale. Per il campione 1 quest'ultima è data da una pittura alla calce di colore grigio in quanto pigmentata con fini dispersioni e grossolani granuli di nero carbone, con inoltre piccole quantità di ocre gialla e tracce di ocre rossa. Invece sul campione 2 la pittura alla calce risulta di colore giallognolo-avorio in quanto è l'ocra gialla il pigmento più abbondante, accompagnata da poco nero carbone e con l'ocra rossa presente in quantità accessorie. Gli strati conservano spessori congrui con un buono stato di conservazione.

Mentre sul campione 2 la stratigrafia termina con lo strato giallognolo, sulla superficie del prelievo 1 sono presenti quattro momenti di ridipintura. Si inizia con una pittura alla calce giallina, seguita da uno strato rossastro che in origine conteneva un collante proteico, con infine due strati di pittura acrilica moderna, il primo giallino, mentre il secondo ripropone un colore grigiastro simile a quello originale. Naturalmente queste pitture ricche in resina acrilica alterano la traspirabilità dei materiali e possono determinare il ristagno di acque meteoriche all'interno delle murature e quindi un loro degrado più approfondito.

Da sottolineare che l'analisi spettrofotometrica ha evidenziato, sulla superficie del campione 1, la presenza di discrete quantità di gesso e tracce di nitrati, entrambe sostanze saline solubili. Il gesso presumibilmente deriva sia da solfatazione del carbonato di calcio degli intonaci e delle pitture originali, sia da gesso presente negli impasti cementizi che sono abbondantemente presenti nei rifacimenti dell'intonaco (si vedano i

campioni 3, 4, 5 e 6). Infatti il gesso viene utilizzato in quantità comprese tra il 3 e l'11 % in qualità di moderatore di presa del cemento. Durante la presa però esso non si combina con i gel silicatici del clinker, e quindi ad indurimento avvenuto si ritrova come gesso, ossia come sostanza che può essere parzialmente solubilizzata dalla venuta di acque meteoriche.

I nitrati invece si possono ricondurre ad alterazione di sostanze organiche quali, con ogni probabilità, il guano di piccione.

Ad ogni modo si tratta di sostanze che determinano un degrado di tipo sia fisico che chimico e che, non solo vanno asportate, ma di cui si deve porre rimedio anche alla venuta, ossia cercare di eliminarne la fonte.

Dei campioni 3, 4, 5 e 6, rimandando alle singole schede per la caratterizzazione completa, si può sottolineare che in tutti gli impasti è presente il cemento, da solo come nei campioni 4 e 6, o mescolato con della calce idraulica come nei prelievi 3 e 5. Si ricorda che il cemento è un legante idraulico sintetizzato nella seconda metà del 1800, ma che trova un uso molto diffuso a partire dalla fine di tale secolo - inizi del 1900. Pertanto, avendo rinvenuto impasti a calce aerea che possiamo considerare originali, si deve concludere che si tratta di rifacimenti posteriori e almeno dell'epoca sopra indicata se non molto più recenti come lascia intendere il rinvenimento delle pitture sintetiche acriliche rilevate sul campione 1.

Montagnana, 24 settembre 2009

**Dott. Geol. Alessandro Princivalle**