



# Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

## Dipartimento di Scienze della Terra

Largo S. Eufemia 19

41100 Modena

Tel.: +39 – 059 205 5811 Fax: +39 – 059 205 5887

### **INTONACI E MALTE NELLA CUSPIDE DELLA TORRE GHIRLANDINA**

**Simona Marchetti Dori, Katia Zolli e Stefano Lugli**

Modena, 5 febbraio 2009

#### **Premessa**

Questa relazione illustra i risultati delle indagini petrografiche condotte sugli intonaci presenti nella cuspide della Torre Ghirlandina. I campioni sono stati prelevati dai saggi stratigrafici realizzati dalla ditta La Maddalena Restauri d'Arte. Attraverso l'analisi di immagine è stato possibile ricavare i parametri utili al confezionamento dell'intonaco che si intende riprodurre nel restauro.

#### **Campionamento e metodologie di indagine**

Sono state campionate porzioni di intonaco e malta tra mattoni a diverse altezze (tenendo come quota 0 m il pavimento della cuspide). La sigla STR si riferisce ai saggi stratigrafici che hanno messo in luce tre livelli di intonaco di rivestimento sovrapposti ai mattoni (vedi schema a seguire).

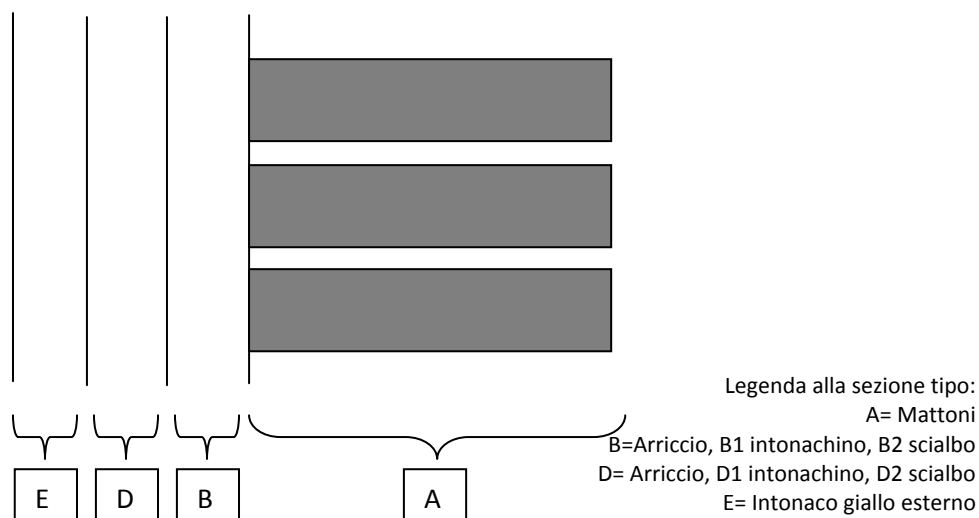
#### **ELENCO CAMPIONI PRELEVATI:**

A pavimento	GM 15-16= Pavimento ovest
A 0.20 m	GM 17= Malta. Lato nord GM 19= Malta. Lato sud GM 20= Intonaco. Lato nord-ovest GM 21= Malta. Lato ovest
A 1.00-1.20 m	GM 13= Intonaco. Lato est GM 14= Malta. Lato est GM 18= Intonaco. Lato nord GM 22= Malta. Lato nord-est
STR 11 (a 17.00 m):	GMS 1= malta tra mattoni GMS 2= intonaco GMS 3= malta fino a 9 cm di profondità

STR 6/7 (a 7.00 m): GMS 4= intonaco  
 GMS 5= intonaco  
 GMS 6= intonaco  
 GMS 7= intonaco

STR 13 (a 20.00 m): GMS 8= intonaco  
 GMS 9= malta  
 GMS 10= intonaco

Sezione schematica delle stratigrafie:



### Analisi d'immagine

Alcuni campioni di intonaco sono stato analizzato eseguendo analisi d'immagine su fotografie di 4.9 mm di lato, utilizzando il programma ImageJ (freeware). Questo programma permette, attraverso l'utilizzo di appositi algoritmi, di calcolare aree e altri parametri geometrici dei diversi elementi che compongono la malta (aggregato, legante, pori, residui di cottura). In questo modo è possibile ricostruire con una certa accuratezza il rapporto aggregato/legante e la distribuzione granulometrica dell'aggregato, parametri fondamentali per la caratterizzazione di una malta. Per una dettagliata trattazione sull'utilizzo di questa metodologia per lo studio delle malte si rimanda a Carò e Di Giulio (2004).

Il rapporto aggregato/legante è stato calcolato secondo le raccomandazioni della commissione per la caratterizzazione delle malte storiche RILEM TC 167-COM (2001):

$$F = \frac{\text{aggregato}}{\text{legante}} = \frac{\alpha \cdot V \text{ aggregato}}{V \text{ aggregato}}$$

$$\alpha = \frac{\text{densità aggregato} \cdot \text{massa molecolare } CaCO_3}{1,1 \cdot \text{densità legante} \cdot \text{massa molecolare } Ca(OH)_2}$$

L'analisi d'immagine di una sezione sottile fornisce delle percentuali di aree (S%), che corrispondono a volumi unitari (V%) di aggregato, legante, inerte (Delesse, 1984; Casadio et al, 2005). I valori utilizzati per il calcolo di  $\alpha$  sono: massa molecolare del carbonato di calcio = 100, massa molecolare dell'idrossido di calcio = 74, densità del legante idraulico = 1450 kg/m<sup>3</sup> (RILEM TC 167-COM, 2001), densità misurata in laboratorio della sabbia del Fiume Po = 2635 kg/m<sup>3</sup> (utilizzata come standard di riferimento). Il valore di  $\alpha$  risulta essere pari a 2.232.

Si può così ottenere il rapporto aggregato\legante, calcolato considerando i relitti di cottura e i *lime lumps s.s.*, se presenti, (Elsen, 2006) come aggregato che non partecipa alle reazioni. E' così possibile ottenere le proporzioni con cui si devono miscelare le due componenti per ottenere una malta con proprietà simili a quelle della malta originale.

Queste informazioni sono di grande importanza ai fini del restauro. Conoscendo il rapporto aggregato\legante e la granulometria della sabbia da aggiungere e il tipo di legante, è possibile confezionare una malta per il restauro con proprietà simili a quella originaria.

## Malta fra i mattoni

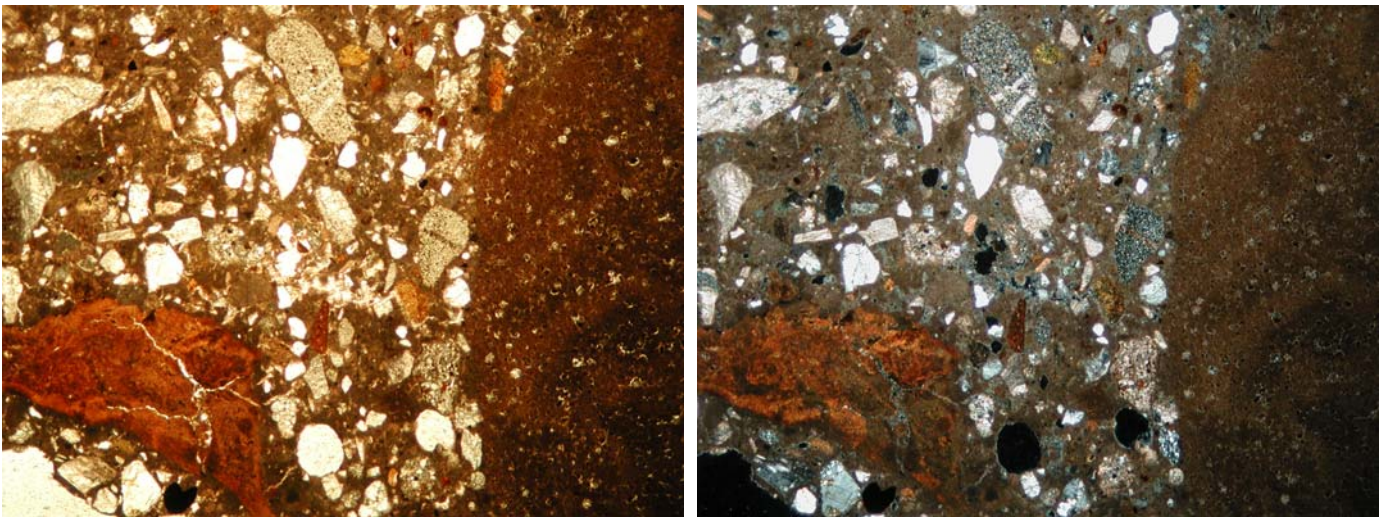
### ♦ Malta TIPO 1:

#### GMS 9 (STR 13) e un frammento nella sezione GMS 1 (STR 11)

Malta caratterizzata da legante carbonatico idraulico (derivante dalla cottura di calcari impuri), con residui di cottura troppo cotti e poco cotti (delle dimensioni di alcuni mm) e grumi di calce (*lime lumps s.s*) di dimensioni rilevanti (parecchi mm). Il rapporto legante aggregato può essere stimato qualitativamente in rapporto 1:1 o 1:2.

La sabbia ha granulometria da fine a grossa, è mal selezionata e di provenienza locale. Contiene quarzo e feldspati, in singoli cristalli e in frammenti di roccia, argilliti, siltiti, selce, calcari micritici e spatici, frammenti ofiolitici).

Pori tondeggianti (i pori tondeggianti sono indice di idraulicità).



GMS 9. Foto al microscopio ottico a nicol paralleli e incrociati.

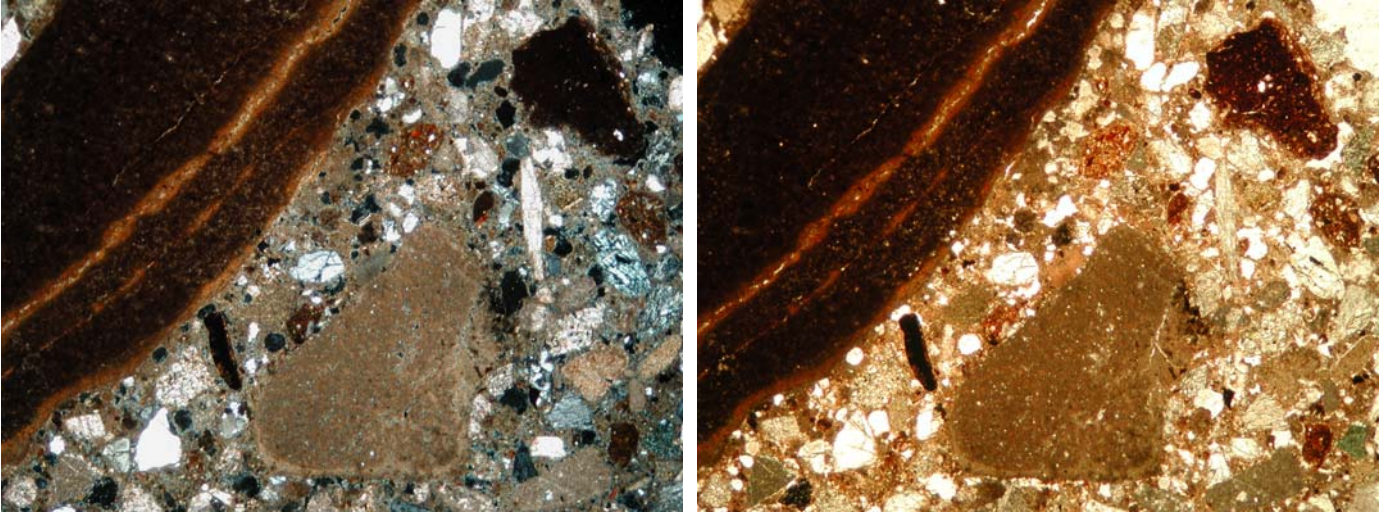
### ♦ Malta Tipo 2:

#### GMS 3 (STR 7) e GMS 5 (STR 6-7)

Malta caratterizzata da legante carbonatico idraulico e ulteriormente idraulicizzato attraverso l'aggiunta di fine polvere di cocchiopesto, con residui di cottura troppo cotti e poco cotti di dimensioni rilevanti (parecchi mm) e grumi di calce (*lime lumps s.s*). Il rapporto legante aggregato può essere stimato (solo stima qualitativa) 1:2.

La sabbia ha granulometria da fine a media, mal selezionata, di provenienza locale (calcari micritici e spatici, quarzo, feldspati, in singoli cristalli e in frammenti di roccia, argilliti, siltiti, selce, fossili e frammenti di fossili, frammenti di roccia ofiolitici).

I pori sono tondeggianti, caratteristica indice di una significativa idraulicità.



GMS 5. Foto al microscopio ottico a nicol incrociati e paralleli.

## Gli intonaci

### - Intonaco livello "E"

**Cemento: campione GMS 4 (STR 7) e GMS 10 (STR13)**

Si tratta di intonaco cementizio contenete granuli di quarzo, calcite spatrica, selce, argillite, siltite.

### - Intonaco livello "D"

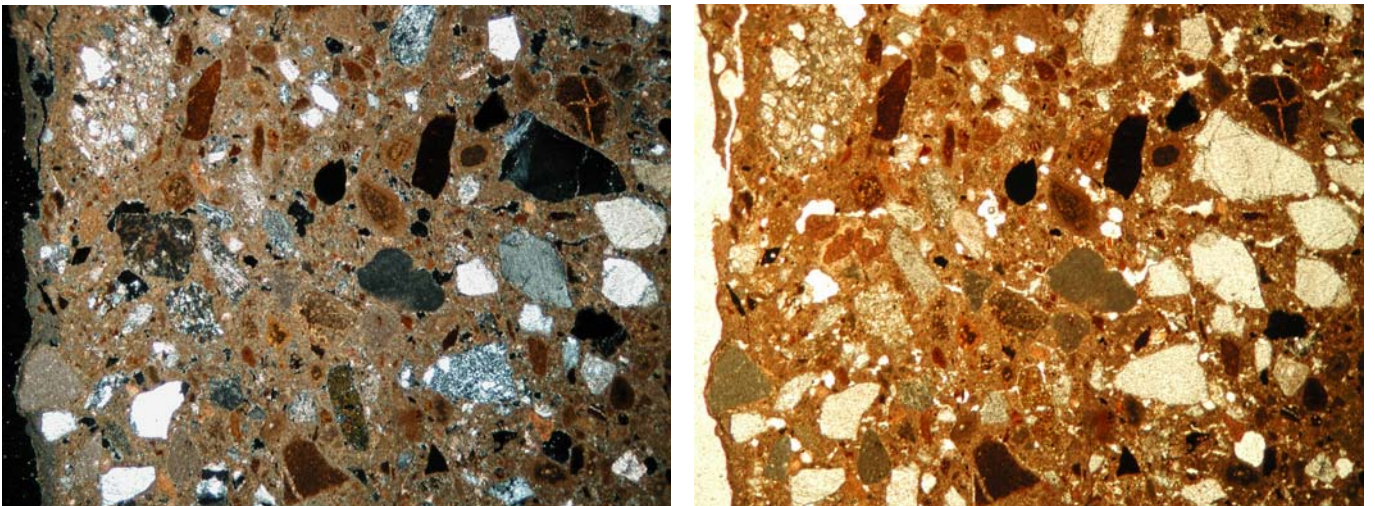
**Campione GMS 8/GMS 10 (STR 13)- GMS 2 (STR 11) - GMS 7 (STR 6 )**

Legante carbonatico idraulico, residui di cottura arrossati generalmente poco cotti di piccole dimensioni, a granulometria mai superiore a quella della sabbia (0.250 mm). La porzione di materiale analizzata non presenta grumi di calce. Il rapporto legante su aggregato è stimabile con la proporzione di 1:1.

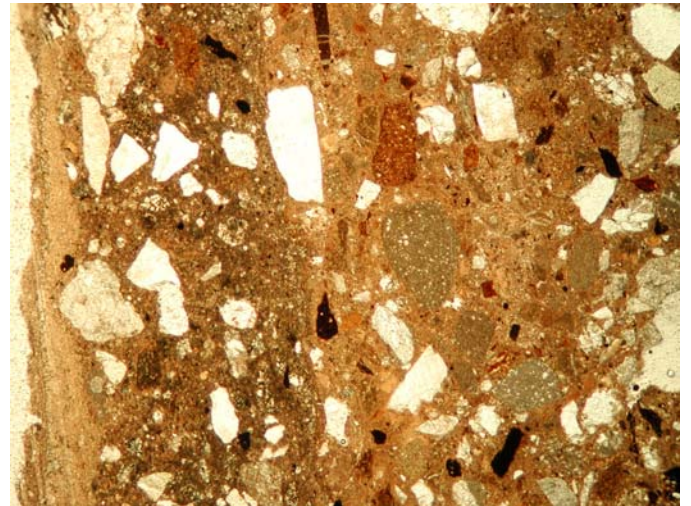
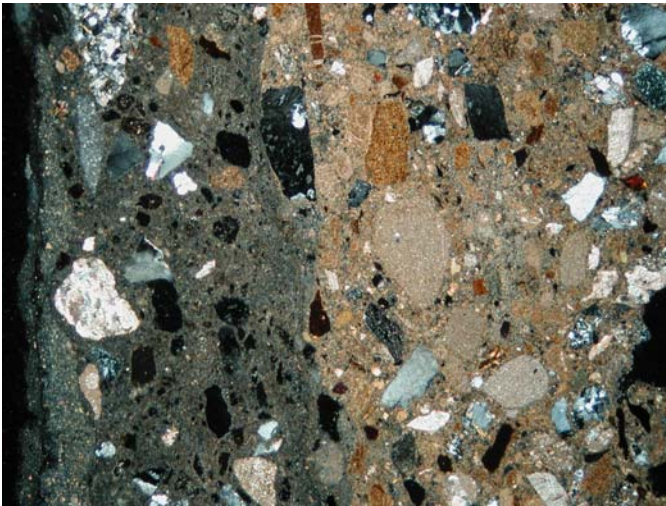
La sabbia ha granulometria medio-grossa, abbastanza ben selezionata. I frammenti presenti sono: quarzo e feldpati singoli e in frammenti di roccia, in alcuni casi chiaramente di origine metamorfica. Forte presenza di selce. Qualche granulo di argillite, siltite, calcite micritica e calcite spatrica.

Porosità con forma e dimensioni variabili.

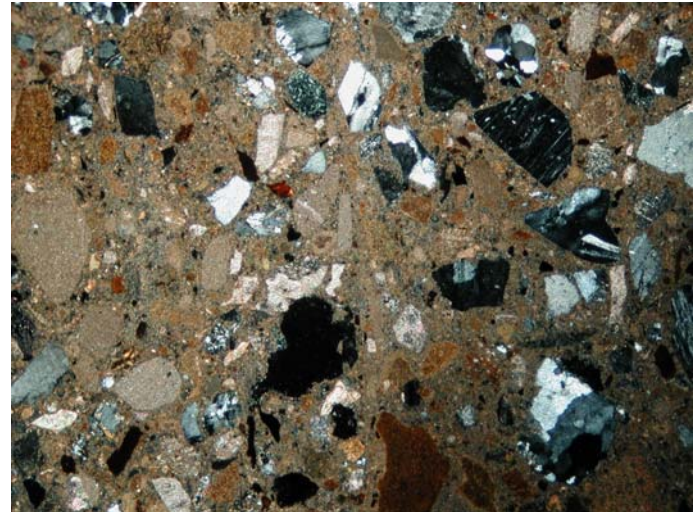
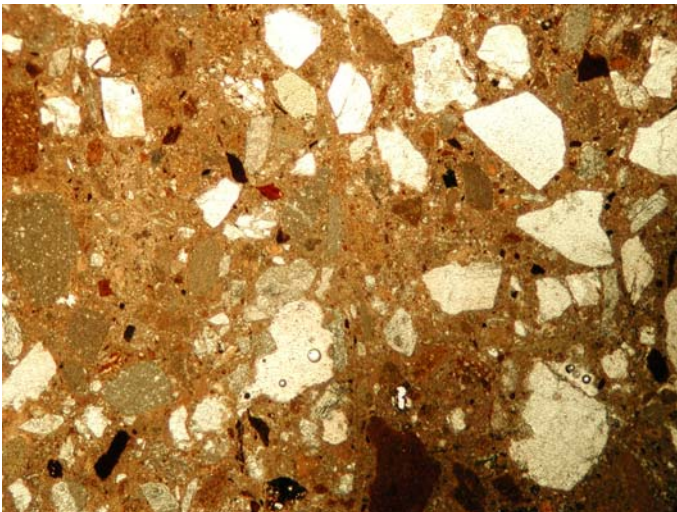
Nella parte esterna si riconosce un livello a latte di calce.



GMS 8. Foto al microscopio ottico a nicol incrociati e paralleli.



GMS10. Foto al microscopio ottico a nicol incrociati e paralleli. Contatto cemento-sialbo-intonachino



GMS 10. Foto al microscopio ottico a nicol paralleli e incrociati. Contatto fra intonachino e un secondo livello ben visibile macroscopicamente (vedi testimone) mentre al microscopio la tessitura è simile.

### **- Intonaco livello "B"**

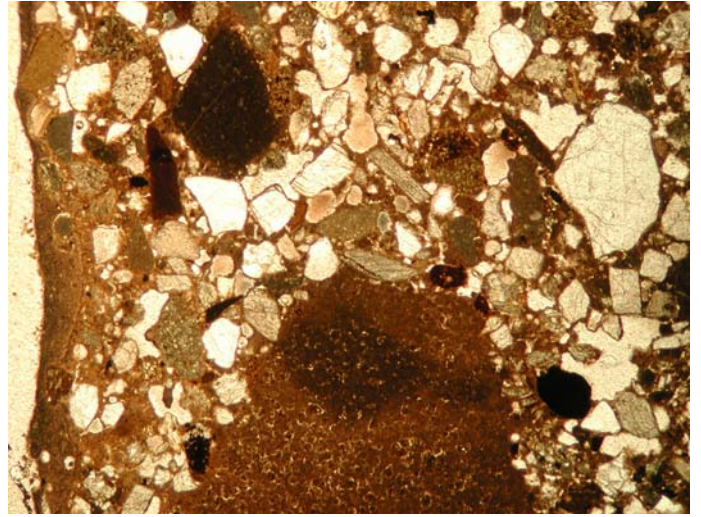
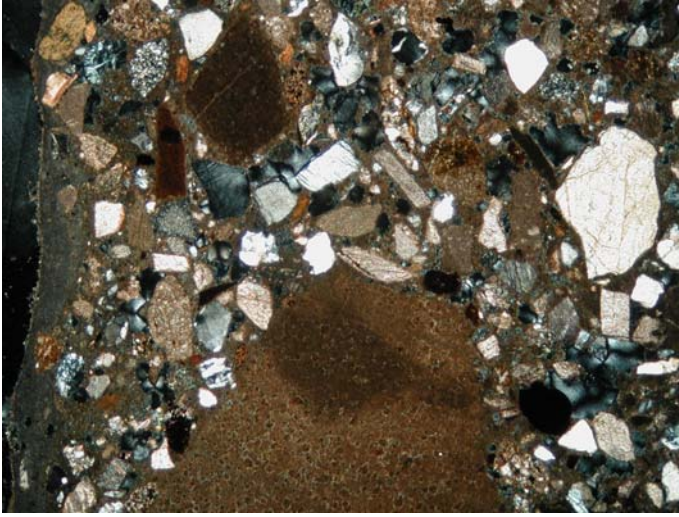
#### **Campione GMS 6 (STR 6)- campione GMS 4 (STR 7)**

Malta caratterizzata da legante carbonatico idraulico, con residui di cottura troppo cotti e poco cotti di dimensioni notevoli (svariati mm) e grandi grumi di calce (*lime lumps* s.s) (parecchi mm). Il rapporto legante aggregato può essere stimato qualitativamente in 1:2.

La sabbia ha granulometria da fine a grossa, mal selezionata, di provenienza locale (quarzo, feldspati, argilliti, siltiti, selce, calcari micritici e spatici, frammenti ofiolitici).

Pori con dimensioni e forma variabili.

E' il campione stratigraficamente più basso (come riconosciuto considerando i campioni GMS 6-GMS 7, dove sono stati prelevati i due livelli distinti).



GMS6. Foto al microscopio ottico a nicol incrociati e paralleli.

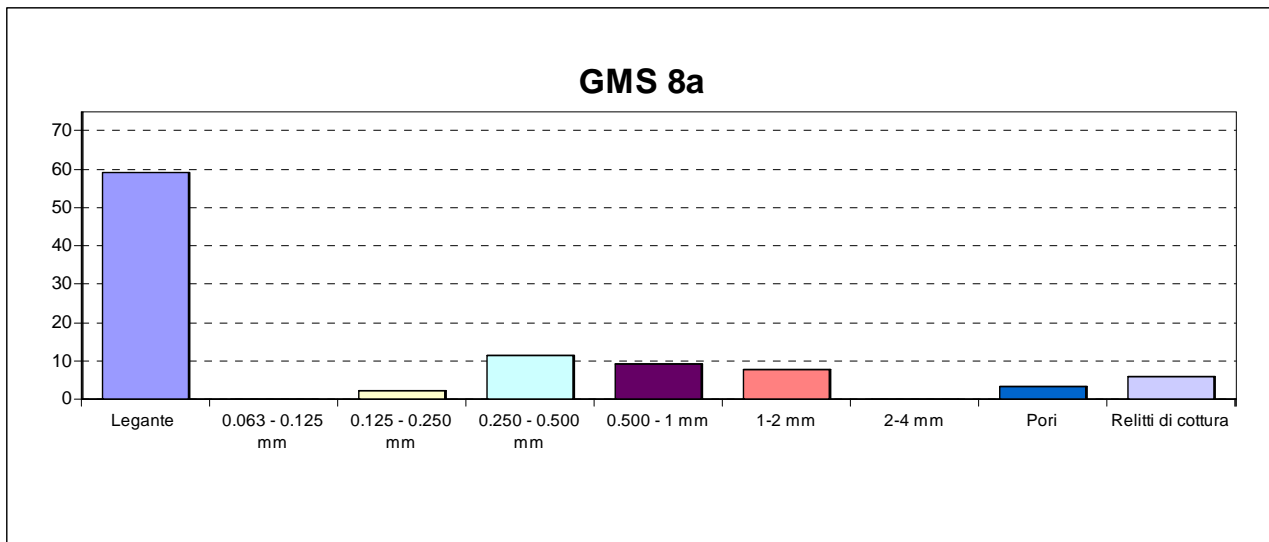


## I PARAMERI DELL'INTONACO DEL LIVELLO "D"

Il campione è stato suddiviso in due porzioni (a e b) per verificare l'omogeneità dell'impasto. Come è possibile verificare dai calcoli effettuati sulle due porzioni attraverso analisi di immagine, i dati ottenuti nelle due porzioni sono compatibili.

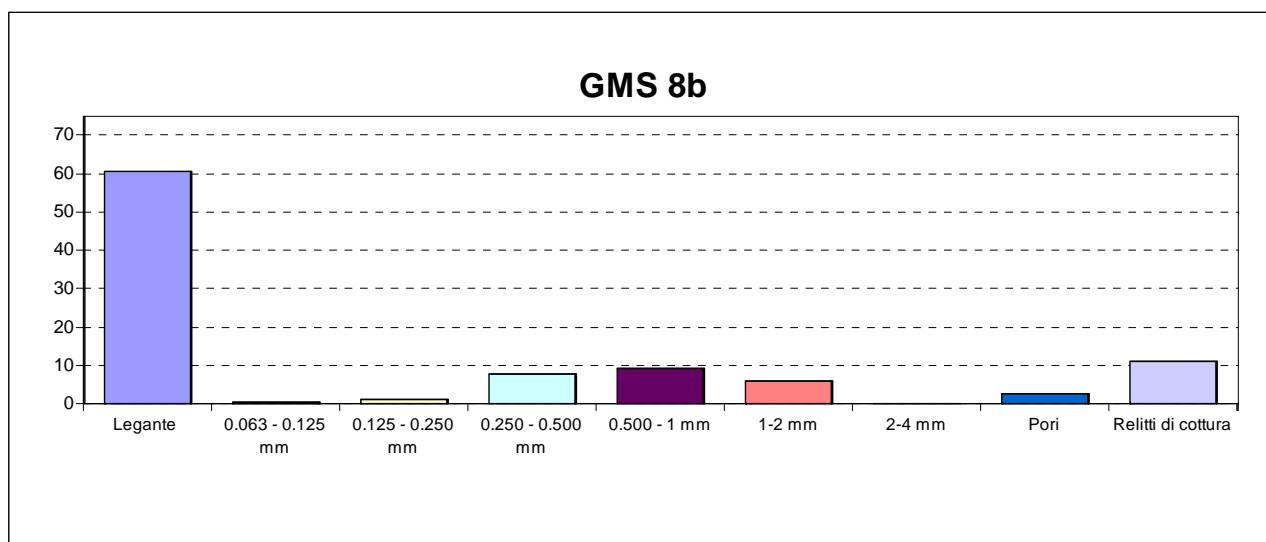
### Campione GMS 8 Porzione a

Campione GMS 8a	
<b>Composizione</b>	
Legante (%)	59.2
Aggregato (%)	31.4
vuoti (%)	3.3
residui cottura (%)	6.1
Totale	100.0
<b>Granulometria dell'aggregato</b>	
0.063-0.125 mm (%)	0.2
0.125-0.250 mm (%)	2.5
0.250-0.500 mm (%)	11.4
0.500-1 mm (%)	9.5
1-2 mm (%)	7.7
2-4 mm (%)	0.0
dimensione media (mm)	0.305
dimensione minima (mm)	0.070
dimensione massima (mm)	1.237
<b>Rapporto di miscelazione</b>	
aggregato : legante	1.4 : 1



## Campione GMS 8 Porzione b

Campione GMS 8b	
<b>Composizione</b>	
Legante (%)	60.6
Aggregato (%)	25.2
vuoti (%)	2.9
residui cottura (%)	11.3
Totale	100.0
<b>Granulometria dell'aggregato</b>	
0.063-0.125 mm (%)	0.4
0.125-0.250 mm (%)	1.3
0.250-0.500 mm (%)	8.0
0.500-1 mm (%)	9.5
1-2 mm (%)	6.1
2-4 mm (%)	0.0
dimensione media (mm)	0.318
dimensione minima (mm)	0.063
dimensione massima (mm)	1.302
<b>Rapporto di miscelazione</b>	
aggregato : legante	1.3 : 1



Aggregato mal selezionato, granulometrie maggiormente rappresentate media, grossa e molto grossa. Non sono presenti grumi ma relitti di cottura generalmente piccoli e poco cotti. Il rapporto aggregato e legante è di 1.3-1.4 parti di aggregato per una di legante (considerando i relitti di cottura come componente inerte che non partecipa all'azione legante secondo le indicazioni RILEM). La porosità è ben rappresentata. I pori hanno forma e dimensioni variabili, anche tondeggianti, suggerendo una certa idraulicità del legante. La sabbia non sembra di provenienza locale, sono infatti presenti e predominanti frammenti di quarzo in frammenti di roccia metamorfica e magmatica, siltiti, selce, qualche ca micritico e ca spatico, qualche ofiolite e argillite.

L'intonaco appare essere quindi pre-industriale ma già caratterizzato da una migliore cottura, di tipo **semi-industriale** (relitti più piccoli) e provenienza non locale della sabbia (Lugli et al., 2007). Al momento non è possibile stabilire con certezza la provenienza della sabbia, che comunque non è stata prelevata da corsi d'acqua modenesi.

## Conclusioni

L'analisi delle malte della muratura della cuspide della torre ha evidenziato l'utilizzo di calce idraulica ottenuta dalla cottura di calcari impuri. In alcuni casi, l'idraulicità è stata ottenuta aggiungendo di coccio pesto all'impasto.

Le stratigrafie condotte sugli intonaci della cuspide della Torre Ghirlandina hanno permesso di evidenziare la presenza di tre principali livelli di intonaco (E, D e B), dei quali il più superficiale è costituito da cemento posto in opera recentemente (livello E)

L'intonaco del livello B (il più antico) presenta caratteristiche nettamente pre-industriali e, seppure non databile direttamente, potrebbe risalire al 1600-1700.

L'intonaco del livello D presenta caratteristiche semi-industriali e, seppure non databile direttamente, potrebbe risalire al 1800 o a un'epoca più tarda. Esso può essere riprodotto in base ai parametri calcolati utilizzando l'analisi d'immagine con un rapporto aggregato-legante da 1,4-1,3:1. La sabbia da utilizzare deve essere medio-grossolana. Il confezionamento di un intonaco dalle caratteristiche compatibili con quello del livello D potrebbe vedere l'utilizzo di sabbie del Fiume Secchia che vengono oggi estratte nei comuni di Casalgrande e Rubiera.

## BIBLIOGRAFIA

Elsen J. (2006) - *Microscopy of historic mortars — a review* - Cement and Concrete Research, Volume 36, 8, 1416-1424

Lugli S., Marchetti Dori S. & Fontana D., (2007). *Alluvial sand composition as a tool to unravel the Late Quaternary sedimentation of the Modena Plain, northern Italy*. In: Arribas, J., Critelli, S., and Johnsson, M.J., eds., *Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry: Geological Society of America Special Paper 420*, p. 57-72.

Rattazzi A. (2007) – *Conosci il grassello di calce? Origine, produzione, impiego del grassello in architettura, nell'arte e nel restauro*. EdicomEdizioni, pp 221.