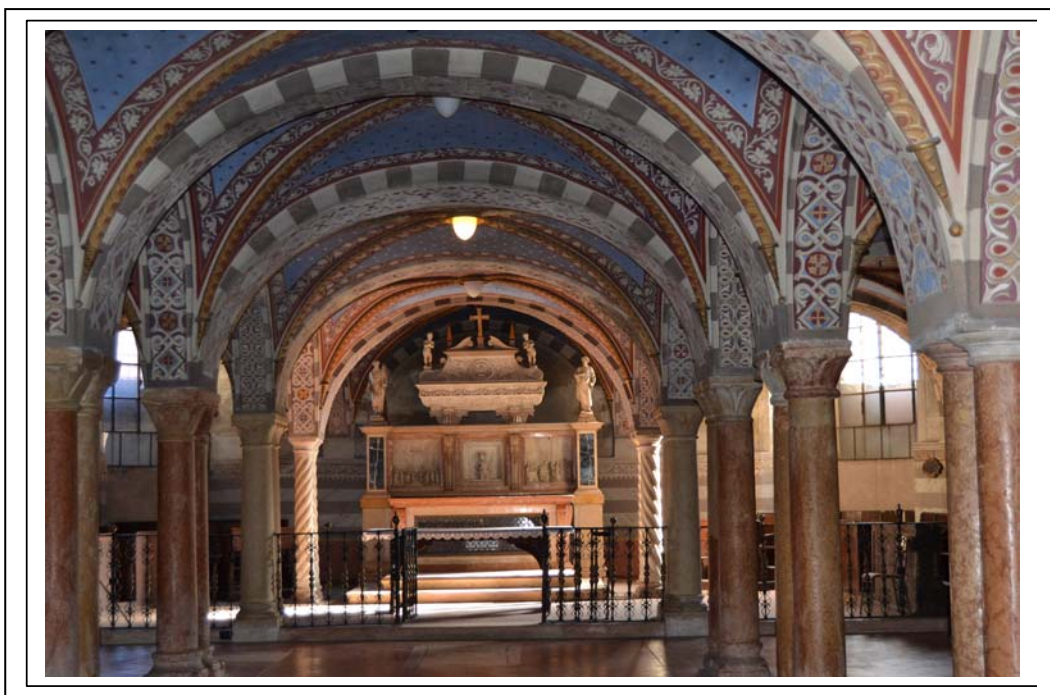


# **CATTEDRALE DI CREMONA CRIPTA**



## **MISURE DI UMIDITA' E MISURE MICROCLIMATICHE**

**Campagna di rilevazione da febbraio 2013 a gennaio 2017**

**SOROLDONI LUIGI**  
**CONSULENZE E STUDI**  
Via Oleggio, 36- 20022 CASTANO PRIMO (MI)  
Tel. 0331-883064  
e-mail : [l.soroldoni@diartlab.it](mailto:l.soroldoni@diartlab.it)

Con la Collaborazione del  
**Dr. Umberto Casellato**  
già Dirigente di Ricerca  
Associato IDPA - CNR  
Area della Ricerca  
Corso Stati Uniti 4  
PADOVA

**DIAGNOSTICA PER IL RESTAURO E LA  
CONSERVAZIONE DELLE OPERE D'ARTE**

# INDICE

|   |          |
|---|----------|
| <b>OBIETTIVI DIAGNOSTICI.....</b>                         | <b>3</b> |
| <b>METODI ANALITICI –MISURE DI UMIDITA’ .....</b>         | <b>3</b> |
| <b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE MISURE DI UMIDITA’ .....</b> | <b>6</b> |

## OBIETTIVI DIAGNOSTICI

Misure di umidità nella muratura e misurazioni microclimatiche.

## METODI ANALITICI –MISURE DI UMIDITA’

### Metodo

Sono state effettuate misure del contenuto di umidità (come acqua libera) con metodo termo-gravimetrico, come differenza di peso dopo eliminazione dell'acqua per evaporazione forzata.

### Modalità di campionamento, punti permanenti, e di laboratorio

In ciascuna zona, sono stati effettuati due prelievi di 3-5 g, uno superficiale (0-10 mm) ed uno in profondità (50-150 mm), con trapano e carotatrice (diametro 18-20 mm), al piano di calpestio e a 1,5 m circa.

I campioni sono stati pesati con bilancia di precisione (sensibilità 1 mg), conservati in appositi contenitori in vetro e posti poi in stufa a temperatura controllata (105° C) sino a peso costante.

La differenza tra il peso iniziale ed il peso dopo essiccazione espresso in percentuale rispetto al materiale secco, rappresenta l'umidità presente nel campione.

Per eventuali misure successive agli interventi di deumidificazione o come ulteriori valutazioni, nei fori praticati, sono stati inseriti appositi mattoncini in cotto con capacità di assorbimento di acqua rapportabile a mattoni vecchi, estraibili senza ulteriori carotaggi.

La tabella sotto indicata riporta valori di massima a cui riferirsi per la valutazione dei dati

|                   | Mattone       | Malta         | Pietra (marmi e graniti) |
|-------------------|---------------|---------------|--------------------------|
| Umidità naturale  | 1 – 3 %       | 1 – 4 %       | 0,3 – 2 %                |
| Struttura umida   | 4 – 10 %      | 4 – 15 %      | 2 – 3 %                  |
| Umidità rilevante | oltre il 10 % | oltre il 15 % | oltre il 3 %             |

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

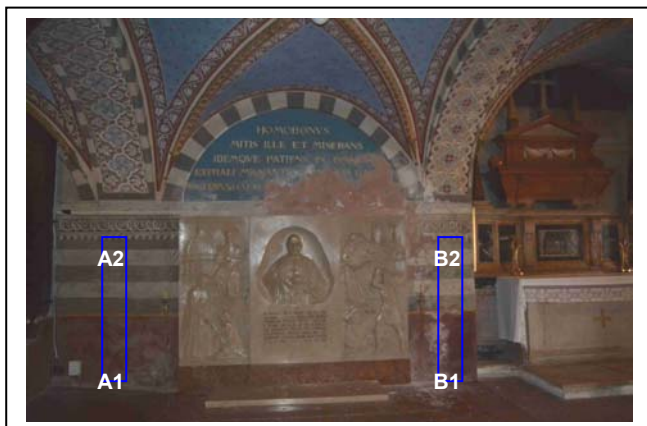


Figura 1 - Parete nord, zone A e B



Figura 2 - Parete nord, zona C



Figura 3 - Parete sud, zona D



Figura 4 - Parete sud, zona E

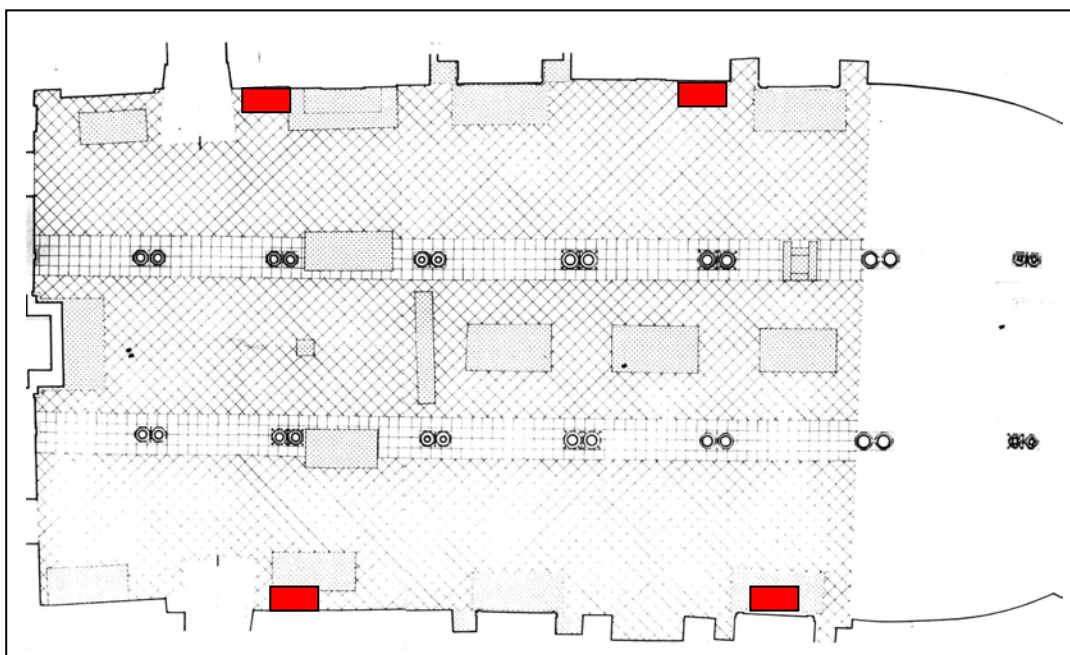


Figura 5 - Posizione dispositivi Genié della Tecnova

## VALORI DI UMIDITA'

|   | 02-02-13 | 07-03-13 | 04-09-13 | 31-01-14 | 18-06-14 | 06-05-16 | 20-01-17 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   | %umidità | %umidità | %umidità | %umidità | %umidità | %umidità | %umidità |
| <b>Parete nord, a sinistra della lapide</b>       |          |          |          |          |          |          |          |
| a 20 cm dal piano di calpestio-intonaco           | 11,2     | 11,5     | 7,7      | 2,9      | 8,1      | 3,7      | 3,8      |
| a 20 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)    | 15,9     | 16,7     | 9,8      | 16,1     | 12,5     | 3,9      | 3,9      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-intonaco          | 5,2      | 5,7      | 1,7      | 1,5      | 6,8      | 3,4      | 3,1      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)   | 4,3      | 7,7      | 3,2      | 1,7      | 8,9      | 2,7      | 2,8      |
| <b>Parete nord, a destra della lapide</b>         |          |          |          |          |          |          |          |
| a 20 cm dal piano di calpestio-intonaco           | 4,1      | 4,7      | 3,5      | 1,7      | 5,3      | 2,5      | 2,1      |
| a 20 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)    | 10,5     | 10,5     | 6,4      | 10,4     | 4,5      | 4,2      | 4,2      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-intonaco          | 4,4      | 4,7      | 3,3      | 1,2      | 2,1      | 2,5      | 2,6      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)   | 0,8      | 1,2      | 4,9      | 3,5      | 3,2      | 1,0      | 2,6      |
| <b>Parete nord, a sinistra del secondo altare</b> |          |          |          |          |          |          |          |
| a 20 cm dal piano di calpestio-intonaco           | 4,5      | 6,1      | 4,8      | 2,0      | 2,0      | 2,6      | 0,6      |
| a 20 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)    | 9,2      | 12,6     | 10,5     | 2,8      | 5,8      | 3,5      | 2,1      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-intonaco          | 3,4      | 4,6      | 4,5      | 1,1      | 1,0      | 2,7      | 2,9      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)   | 14,3     | 14,3     | 6,5      | 4,3      | 4,3      | 3,9      | 0,9      |
| <b>Parete sud, a sinistra del secondo altare</b>  |          |          |          |          |          |          |          |
| a 20 cm dal piano di calpestio-intonaco           | 6,0      | 6,8      | 2,2      | 2,5      | 3,0      | 1,6      | 1,3      |
| a 20 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)    | 9,0      | 9,9      | 3,3      | 3,5      | 3,3      | 3,0      | 1,8      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-intonaco          | 6,7      | 7,0      | 8,4      | 1,3      | 1,9      | 1,4      | 1,4      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)   | 8,2      | 8,8      | 1,8      | 6,4      | 3,3      | 1,2      | 2,3      |
| <b>Parete sud, a destra del primo altare</b>      |          |          |          |          |          |          |          |
| a 20 cm dal piano di calpestio-intonaco           | 3,7      | 4,2      | 1,6      | 1,8      | 2,4      | 2,1      | 1,5      |
| a 20 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)    | 5,3      | 5,4      | 2,9      | 2,7      | 2,6      | 0,6      | 2,2      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-intonaco          | 4,1      | 4,1      | 1,5      | 0,9      | 1,4      | 1,9      | 1,7      |
| a 150 cm dal piano di calpestio-mattone (15 cm)   | 8,3      | 8,3      | 6,7      | 4,7      | 3,8      | 2,2      | 0,1      |

Figura 6 – Tabella con dati delle diverse misure effettuate

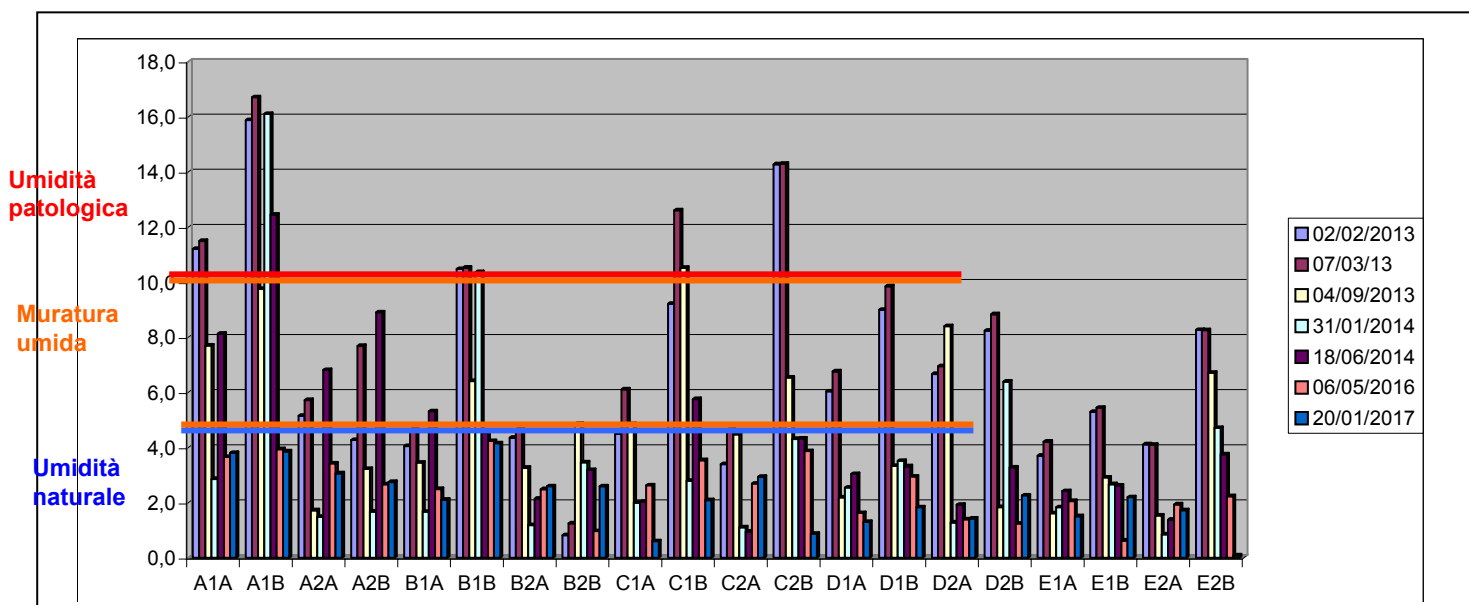


Figura 7– Grafico con dati delle diverse misure effettuate



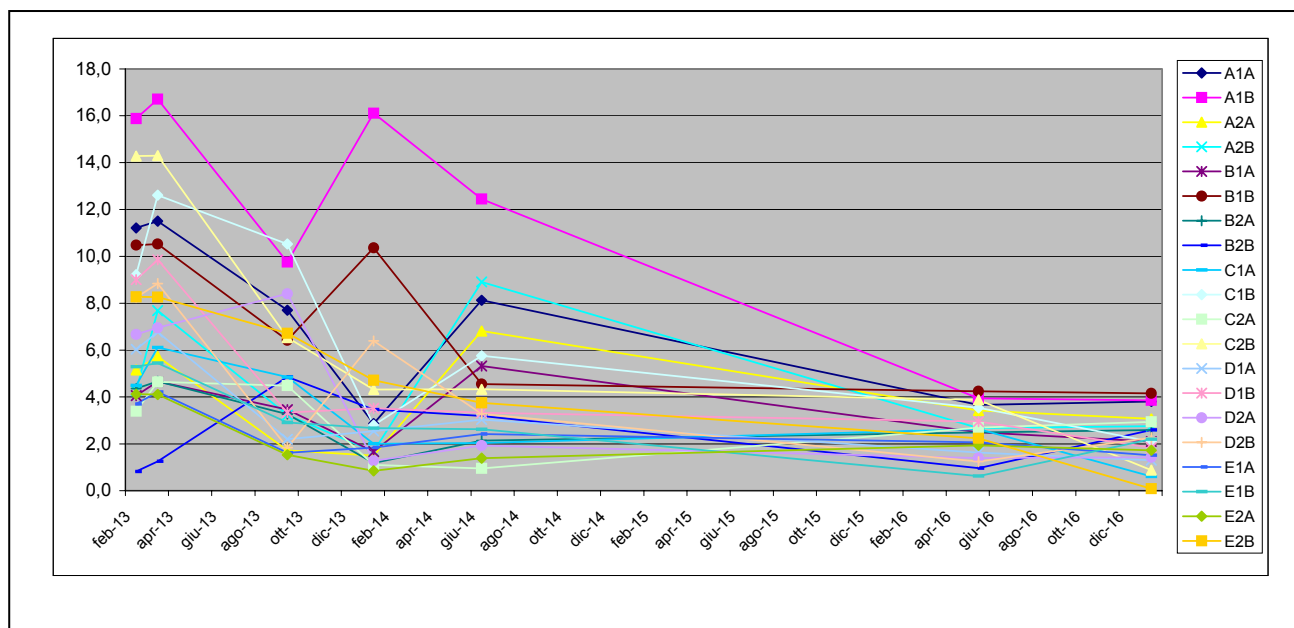


Figura 8– Grafico con variazioni umidità

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE MISURE DI UMIDITA'

### 02 febbraio 2013

Sono evidenti sul lato nord fenomeni imputabili alla umidità da risalita: sollevamenti e distacchi dell'intonaco, polverizzazioni dello strato pittorico sono conseguenze dei movimenti dell'acqua e soprattutto degli scambi con l'ambiente interno nelle fasi di evaporazione e condensazione.

Le misure effettuate hanno evidenziato la presenza di umidità lungo la parete nord con valori alti soprattutto al piano di calpestio, sia in superficie che in profondità (10-16%).

A 1,5 m circa la presenza di umidità si attesta nella norma per un ambiente interrato (3-5% nelle zone A e B), con valori più alti nella parte interna della zona C (14.%)

Anche la parete nord presenta al piano di calpestio valori alti di umidità nella parte più interna (8-9%) e nella zona E anche a 1,5 m (8%).

### 04 settembre 2013

Dopo sette mesi di funzionamento dei dispositivi GENIE ( 1 dispositivo + 1 satellite sia sulla parete sud che su quella nord) si è notato una generale diminuzione dei valori di umidità, con cali del 30-40% nelle zone più umide sia al piano di calpestio che a 1,5 m. Unica eccezione un aumento di umidità nella parte interna della zona D a 1,5m del piano di calpestio.

### 31 gennaio 2014

Dopo un anno si riscontra ancora la presenza di umidità, al piano di calpestio lungo la parete nord, soprattutto nelle zone A e B, con valori simili a quelli iniziali di febbraio (10-16%), mentre nella zona C si ha un notevole calo (70%).

La parete sud si presenta invece decisamente più asciutta.

### **18 giugno 2014**

La situazione appare stabilizzata con valori tra 2% e 4% lungo la parete sud e nella zona B della parete nord.

La zona A invece si presenta ancora umida (muratura interna (12%), superficie (8-9% ).

Complessivamente si può affermare dal posizionamento dei dispositivi GENIE nel luglio 2013 al giugno 2014 la situazione all'interno della cripta ha subito un evidente miglioramento globale, nonostante il persistere di una anomalia dovuta presumibilmente alla consistente presenza di sali (nitrati) nella muratura.

La stabilità della situazione è confermata anche dai dati microclimatici rilevati da luglio 2013 a giugno 2014 esposti nei grafici allegati, dai quali risulta come la parete nord sia più fredda soprattutto nei mesi freddi ma poi nei mesi di maggio e giugno sia più predisposta a fasi di condensazione interstiziale con aumento della umidità nella muratura.

Questa predisposizione alla condensazione interstiziale e la presenza di sali sono quindi cause reali del persistere di valori elevati di umidità evidenziati nella zona A, nella quale si ritiene indispensabile un intervento mirato alla eliminazione dei sali.

### **06-05-2016**

In tutte le zone indagate si è rilevata una situazione stabilizzata tra il 2 e il 4% di umidità. La presenza di abbondante efflorescenza salina, costituita soprattutto da nitrati e solfati, evidenziata soprattutto sulla parte bassa della muratura nord, ne conferma il costante asciugamento.

Sono stati nuovamente inseriti i mattoncini in cotto per una ulteriore e successiva valutazione.

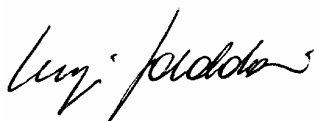
### **20-01-2017**

La situazione si è decisamente stabilizzata con una umidità tra il 2 e il 4%.

Si decide di interrompere il ciclo di misurazioni.

Data :gennaio 2017

LUIGI SOROLDONI



UMBERTO CASELLATO

