

CHIESA di SANTA LUCIA al SEPOLCRO e CHIESA di SANTA LUCIA alla BADIA SIRACUSA

MONITORAGGIO MICROCLIMATICO Confronto dei parametri microclimatici

Il laboratorio di Fisica del C.R.P.R. ha avviato una campagna di monitoraggio dei parametri microclimatici dal 19/12 2014 al 31/12/2015, presso la Chiesa di Santa Lucia al Sepolcro e presso la Chiesa di Santa Lucia alla Badia al fine di monitorare le condizioni microclimatiche di entrambe le Chiese e valutare un eventuale riposizionamento del dipinto “Seppellimento di Santa Lucia” di Michelangelo Merisi, attualmente custodito nella Chiesa di Santa Lucia alla Badia.

Inizialmente, è stata fatta una valutazione circa l'individuazione dei punti di posizionamento dei sensori così come indicato dalla norma UNI 10829 del 1999 “ Beni di interesse storico-artistico – condizioni ambientali di conservazione, misurazioni e analisi”. Sono state effettuate, per lo scopo, con apparecchiatura portatile ELSEC 764 Environmental Monitor, all'interno della Chiesa Santa Lucia al Sepolcro e all'interno della Chiesa Santa Lucia alla Badia delle misure istantanee di temperatura e umidità relativa secondo una griglia virtuale, i cui nodi rappresentano i punti di rilevamento. Considerato che non sono state evidenziate variazioni significative dei valori misurati in ciascun nodo si è stabilito di posizionare un sensore all'interno della Chiesa Santa Lucia al Sepolcro e uno all'interno della Chiesa Santa Lucia alla Badia (Fig.1- Posizionamento sensore presso la Chiesa Santa Lucia alla Badia).

Per il monitoraggio in continuo si sono utilizzati i sensori HOBO H8PRO della Onset, che consentono di acquisire valori di Temperatura dell'aria e Umidità Relativa ad intervalli di tempo programmabili; nel caso specifico l'acquisizione dei dati è stata effettuata ad intervalli di tempo di un'ora.



Fig.1 – Posizionamento Sensore Chiesa Santa Lucia alla Badia

Nella seguente tabella (Tab.1) è riportato l'elenco dei sensori posizionati.

Tab.1 – Elenco Sensori

DATA	SENSORE	AMBIENTE	POSIZIONE
19/12/2014	H8PRO – 601066	Portico	Esterno
19/12/2014	H8PRO – 601059	Abside Centrale	Chiesa Santa Lucia alla Badia
19/12/2014	H8PRO – 1267059	Abside Centrale	Chiesa Santa Lucia al Sepolcro

La campagna di misura ha avuto inizio il 19 dicembre 2014 e si è conclusa il 31 dicembre 2015.

Elaborazione dei dati

I dati acquisiti sono stati elaborati secondo quanto prescritto dalla norma UNI 10829 del 1999 “Beni di interesse storico artistico – condizioni ambientali di conservazione, misurazione ed analisi”, la quale fornisce una metodologia unificata per la misurazione in campo delle grandezze ambientali ritenute significative ai fini della conservazione dei beni stessi, nonché le indicazioni relative alle modalità di elaborazione e analisi dei dati rilevati.

Per l’individuazione dei valori limite che indicano i *range* di accettabilità si è tenuto conto dei valori di riferimento consigliati dalla Appendice **A** della già citata norma UNI 10829 del 1999.

Nel caso specifico, per ciò che attiene ai dipinti su tela i valori consigliati sono i seguenti:

- Temperatura: 19-24°C
- Umidità relativa: 40-55%

Nell’**Allegato I** sono riportate le seguenti elaborazioni:

- Andamenti mensili dei valori orari di Temperatura;
- Andamenti mensili dei valori orari di Umidità Relativa;
- Andamenti mensili dei valori giornalieri medi di Temperatura;
- Andamenti mensili dei valori giornalieri medi di Umidità Relativa.

La Norma UNI consiglia, inoltre, di valutare e di verificare le escursioni massime giornaliere di Temperatura e di Umidità Relativa degli ambienti contenenti beni di interesse storico-artistico. A tal fine la stessa Norma fornisce, sempre in Appendice “**A**”, dei “valori consigliati” da adottare in relazione alle categorie di manufatti artistici esaminati. Nello specifico, per ciò che attiene ai dipinti su tela i valori consigliati sono i seguenti:

- Massima escursione giornaliera di Temperatura $\Delta\theta_{\max}$ 1,5 °C
- Massima escursione giornaliera di Umidità Relativa Δu_{\max} : 6%

Nell’**Allegato II** sono riportati:

- i diagrammi mensili delle escursioni massime giornaliere di Temperatura ed Umidità Relativa che permettono di verificare il rispetto dei valori consigliati dalla Norma UNI 10829.

Oltre alle precedenti elaborazioni, al fine di ottenere indicazioni utili per valutare le condizioni di rischio, sono stati calcolati gli “Indicatori di Scostamento”.

La Norma UNI 10829 definisce come “Indicatore di Scostamento”, relativamente ad una certa grandezza, la percentuale di tempo in cui la grandezza in esame si mantiene al di fuori del

campo ritenuto accettabile. La percentuale di tempo suddetta si ricava dal diagramma della relativa Frequenza Cumulata su base mensile.

Pertanto, a partire dai valori di Temperatura ed Umidità Relativa registrati ed elaborati su base mensile, per gli ambienti monitorati si sono tracciati i diagrammi delle Frequenze Cumulate delle seguenti grandezze orarie:

- variazione di Temperatura nell'arco di un'ora;
- variazione di Umidità Relativa nell'arco di un'ora.

Successivamente, utilizzando il *range* di valori di riferimento per ciascun parametro diagrammato e riportando tale *range* sul relativo diagramma delle Frequenze Cumulate, si è calcolata la percentuale di tempo in cui ciascun parametro assume valori al di fuori del campo ritenuto accettabile; tale percentuale di tempo costituisce l'Indicatore di Scostamento per la variabile in esame.

Per quanto riguarda i valori limite che individuano i *range* di accettabilità, come già detto, si sono considerati i valori consigliati dalla Appendice A della citata norma UNI 10829 del 1999, già indicati.

Nell'**Allegato III** sono riportati:

- i grafici delle Frequenze Cumulate di Temperatura e Umidità Relativa (da cui si ricavano gli Indicatori di Scostamento) che riportano per ogni mese le percentuali di tempo in cui i valori di Temperatura ed Umidità Relativa rilevati da ogni sensore si trovano al di sotto, all'interno o al di sopra del range di accettabilità individuato dalla Norma UNI.

In particolare, con riferimento al parametro Temperatura, mediante il grafico di Frequenza Cumulata relativo ad ogni singola zona e ad un prefissato mese, fissato un valore di temperatura T_0 sull'asse delle ascisse l'intercetta sulla curva permette di ricavare in ordinata la percentuale di tempo nel mese considerato in cui il parametro Temperatura si è mantenuto al di sotto della prefissata temperatura T_0 ; ovviamente quanto detto vale anche per i diagrammi di Frequenza Cumulata relativi all'Umidità Relativa.

Su ogni diagramma sono individuate tre aree, delle quali quella centrale, delimitata dai valori limite di Temperatura (o Umidità) suggeriti dalla Norma rappresenta l'intervallo accettabile di Temperatura (o Umidità) per la conservazione dei beni contenuti nelle zone monitorate. In ognuna delle tre aree viene riportato un valore in percentuale che indica per quanto tempo, nel mese considerato, il parametro ambientale (Temperatura o Umidità Relativa) della zona monitorata si è trovato al di sotto, all'interno o al di sopra del *range* ritenuto accettabile secondo la Norma UNI.

Infine, nell'**Allegato IV** si riporta:

- il quadro sinottico delle Frequenze Cumulate mensili di Temperatura e di Umidità Relativa con gli indicatori di scostamento;
- il diagramma di confronto tra le percentuali di tempo all'interno del range di accettabilità di Temperatura e Umidità Relativa suggerito dalla norma, relativo ai sensori per tutto il tempo monitorato.

Analisi dei risultati

L'analisi dei risultati ha evidenziato, una certa analogia nella risposta dei sensori collocati all'interno delle due Chiese con una significativa correlazione con le condizioni climatiche stagionali.

In particolare, relativamente al parametro **Temperatura** si osserva dai valori di Frequenza Cumulata che, per i mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile e dicembre 2015, questi

cadono totalmente al di sotto del *range* (19-24%) consigliato con valori percentuali che si attestano dal 100% 99% in entrambe le Chiese. Solo per i mesi di maggio, giugno, ottobre e novembre i valori si attestano all'interno del *range* per il 96-71% con differenze minime nelle due Chiese. Mentre nei mesi di luglio, agosto e settembre i valori risentono delle temperature esterne e dell'influenza stagionale e cadono tutti al di sopra del limite superiore consigliato con valori che si attestano al 100%. Pertanto, l'influenza stagionale causa lo stesso andamento in entrambe le Chiese.

Per ciò che attiene al parametro **Umidità Relativa**, i valori superano quasi sempre per l'intero arco temporale annuale il *range* (40-55%) consigliato con valori superiori rispetto al limite massimo che si attestano tra il 74% e il 100%.

Con riferimento ai diagrammi mensili delle **escursioni giornaliere di Temperatura** si nota che per tutto il periodo monitorato, le differenze tra i valori massimo e minimo giornalieri si mantengono mediamente all'interno del $\Delta\theta_{\max}$: 1,5 °C, consigliato dalla Norma UNI.

A differenza delle **escursioni giornaliere di Umidità Relativa** per le quali le differenze tra i valori massimo e minimo giornalieri superano il limite previsto del Δu_{\max} (6%), consigliato in quasi l'intero arco temporale annuale.

Quanto osservato sulle percentuali di tempo, in cui i parametri termoigrometrici degli spazi monitorati si trovano all'interno dei *range* di accettabilità di temperatura ed umidità relativa suggeriti dalla Norma UNI, si evince ulteriormente dai diagrammi di confronto riportati in Allegato **II** che permettono di avere un quadro completo di tutto il periodo monitorato.

Conclusioni

Dai risultati ottenuti dall'indagine effettuata è emerso che i valori di Temperatura risultano per un'elevata percentuale di tempo al di fuori dei *range* di accettabilità consigliati dalla Norma e risentono significativamente dell'influenza stagionale in entrambe le Chiese con valori che nei mesi freddi sono tutti al di sotto del limite minimo dell'intervallo di accettabilità e nei mesi caldi ricadono tutti al di sopra del *range* consigliato.

Particolare attenzione merita il parametro Umidità Relativa, i cui valori risultano per l'intero periodo monitorato al di sopra del limite massimo consigliato in entrambe le Chiese, indicando valori tipici di ambienti particolarmente umidi.

Nella valutazione di tali risultati è necessario tener conto di quanto specificato dalle Norme: queste avvertono infatti che i valori limite in esse contenuti ed in base ai quali elaborare i diagrammi di frequenza cumulata “*devono essere intesi come “valori consigliati” da adottate in mancanza di specifiche prescrizioni o norme sull'argomento*” [UNI 10829 p.3: Condizioni ambientali di riferimento]. Le norme altresì avvertono che “*in certi casi mantenere l'oggetto nelle condizioni ambientali riportate, oppure portarlo quando proviene da condizioni diverse, può risultare molto pericoloso*”. [UNI 10829, Appendice A, nota al prospetto A.1]. Le avvertenze contenute nelle norme indicano che se un bene è stato mantenuto per lungo tempo in certe condizioni termoigrometriche sarebbe un errore portarlo bruscamente in altre condizioni anche se queste fossero quelle indicate dalle norme; ciò vuol dire che il danno ad un manufatto artistico deriva essenzialmente dalle variazioni che le grandezze ambientali manifestano.

Inoltre, bisogna tener conto anche delle raccomandazioni generali dettate dalla Norma UNI EN 15757 del Novembre 2010, che così recita: “i materiali organici igroscopici richiedono un intervallo di Umidità Relativa Medio poiché gli estremi (intervalli di Umidità Relativa alto e basso) che influiscono sul contenuto di Umidità di Equilibrio, possono provocare danno strutturale, deformazione e fessurazione. Tuttavia, un materiale che è stato immagazzinato per periodi di tempo significativi anche di scarsa qualità si sarà acclimatato alle condizioni”.

L'eventuale modifica dei parametri ambientali dovrebbe essere condotta, cioè, con una velocità sufficientemente bassa da consentire un adattamento graduale e le uniche possibili modifiche accettabili potrebbero interessare solamente una diminuzione delle fluttuazioni delle

condizioni climatiche.

Per una immediata lettura dei dati è stata elaborata una tavola comparativa (Tabella n.2) tramite una legenda di colori per cogliere visivamente le situazioni di criticità.

TAB. 2 - TAVOLA COMPARATIVA DELLE FREQUENZE CUMULATE												
Temperatura (dipinti su tela, pitture a olio su tela e canovaccio, tempere, guazzi) - Limiti ottimali 19-24°C												
	gen-15	feb-15	mar-15	apr-15	mag-15	giu-15	lug-15	ago-15	set-15	ott-15	nov-15	dic-15
Chiesa Santa Lucia al Sepolcro	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Red	Red	Red	Light Green	Green	Blue
Chiesa Santa Lucia alla Badia	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Blue
Umidità Relativa (dipinti su tela, pitture a olio su tela e canovaccio, tempere, guazzi) - Limiti ottimali 40-55%												
	gen-15	feb-15	mar-15	apr-15	mag-15	giu-15	lug-15	ago-15	set-15	ott-15	nov-15	dic-15
Chiesa Santa Lucia al Sepolcro	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Chiesa Santa Lucia alla Badia	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
LEGENDA												
Al di sotto del limite (con percentuali comprese tra il 70-100%)				Entro i limiti (con percentuali comprese tra il 70-100%)				Al di sopra del limite (con percentuali comprese tra il 70-100%)				
Parzialmente al di sotto (con percentuali comprese tra il 50-70%)				Parzialmente entro i limiti (con percentuali comprese tra il 50-70%)				Parzialmente al di sopra (con percentuali comprese tra il 50-70%)				