

Matera

Chiesa Rupestre di Santa Lucia alle Malve

01 settembre 2019 – 29 febbraio 2020

MONITORAGGIO AMBIENTALE



Consorzio Aureo Conservazione e Restauro



Premessa

Nel corso del 2019, l'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro, nell'ambito del PON Cultura e Sviluppo FESR 2014-2020 Asse I, con il progetto "Capolavori in 100 km, Chiese Rupestri in Matera, Museo all'aperto", ha avviato un programma di interventi conservativi, indagini diagnostiche, disinfezione e monitoraggio ambientale in due chiese rupestri: Santa Lucia alle Malve, nel Sasso Caveoso e San Pietro nel Sasso Barisano.

In particolare, nella chiesa rupestre di Santa Lucia alle Malve, un sito con alta affluenza di pubblico è stato condotto un monitoraggio seguendo il protocollo di monitoraggio ISCR della "Scheda Ambientale"¹, adattando la raccolta dei dati alla singolarità del sito.

Durante i mesi da settembre 2019 a febbraio 2020 e fino a dicembre contemporaneamente allo svolgimento degli interventi conservativi, sono stati monitorati gli andamenti della temperatura (T °C), dell'umidità relativa (UR %) e della temperatura del punto di rugiada.

I valori di questi tre parametri sono stati registrati ogni 30 minuti da quattro sensori, per un totale di 48 misurazioni giornaliere. I dati provenienti da queste acquisizioni, inviati in tempo reale, potevano essere scaricati in remoto da una piattaforma on-line dedicata.

La posizione dei sensori è stata scelta in corrispondenza delle pareti in roccia con dipinti murali che apparivano interessate da fenomeni di degrado possibilmente collegati alle variazioni microclimatiche locali ma anche alle condizioni al contorno. La raccolta dati si è concentrata quindi anche sull'osservazione dell'estradosso della chiesa, ovvero la porzione del pianoro alla sommità del banco roccioso in corrispondenza delle tre navate.



Postazioni di rilevamento termo-igrometrico D1 E D2 posizionate in prossimità dell'apertura della navata e della parete.

¹ Scheda sviluppata sulla base delle indicazioni contenute nel documento "Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei" (D. Lgs. n.112/98 art. 150 comma 6). Il protocollo di monitoraggio ISCR della "Scheda Ambientale" è stato messo a punto per lo studio di luoghi adibiti alla conservazione ed all'esposizione permanente e temporanea di opere.

Studio dell'ambiente esterno

Sono state effettuate delle riprese fotografiche e video HDM da drone per ottenere un fotomosaico del pianoro che restituisse un'immagine normale alla pianta della chiesa, per visualizzare e sottolineare le relazioni di continuità tra interno ed esterno. La posizione degli elementi architettonici interni è stata individuata rispetto all'estradosso, grazie anche alla collaborazione degli esercenti locali che hanno permesso il transito in locali attigui alla chiesa.



Sovrapposizione in pianta

Il pianoro detto "del Cimitero Barbarico" è stato utilizzato fin dall'antichità per sepolture rupestri. Nonostante sia ora parzialmente pavimentato con un conglomerato cementizio di ciottoli, reca ancora le tracce delle antiche guide per l'imbrigliamento e lo smaltimento delle acque. Tuttavia, il profilo del banco subisce costantemente progressive modifiche dovute all'azione naturale e antropica e alla non sufficiente manutenzione programmata. Sono riscontrabili i fenomeni di accumulo delle acque meteoriche nelle zone depresse e l'erosione delle creste del banco roccioso, con gravi conseguenze conservative per l'ambiente rupestre interno ed esterno.



Sito rupestre di Santa Lucia alle Malve: fenomeni di accumulo delle acque nelle depressioni dell'estradosso della chiesa (evidenziati graficamente in verde)



Estradosso di Santa Lucia alle Malve: attuale direzione di deflusso delle acque meteoriche



Lato nord: crescita e distribuzione differenziale di colonie licheniche e patine algali



Azione antropica a carico delle creste dei rilievi



Ambiente privato attiguo alla parete nord-ovest, in continuità con la navata destra della chiesa.



Tipologie di impianti che corrono lungo il lato nord del sito



Discendente non ispezionabile



Crescita di piante dalla radice fittonante

Studio dei parametri ambientali

Vengono di seguito presentate le tabelle di sintesi che mostrano il confronto fra i valori minimi, medi e massimi rispettivamente della temperatura e dell'umidità relativa. In queste tabelle sono riportate anche le variazioni di questi due parametri, variazioni che ben evidenziano la maggiore o minore stabilità ambientale in diversi punti dell'ambiente rupestre.

In particolare, sono riportate:

- max/p = massima del periodo del mese considerato
- min/p = minima del periodo del mese considerato
- med/p = variazione media del periodo del mese considerato
- Δ_{max}/p = variazione massima del periodo del mese considerato
- Δ_{maxg}/p = variazione massima giornaliera del periodo del mese considerato
- Δ_{medg}/p = variazione media giornaliera del periodo del mese considerato

Di seguito alle tabelle sono riportate le elaborazioni grafiche dei rilevamenti mensili relativi all'esterno (dati ottenuti dalla postazione di rilevamento posta presso Palazzo Lanfranchi) e all'interno della chiesa, insieme ai dati relativi alla temperatura di rugiada in corrispondenza dei quattro punti di rilevamento all'interno, da mettere in relazione con i fenomeni di imbibizione a carico delle pareti dipinte osservati durante i lavori di restauro.

Vengono riportati anche i risultati delle misure a spot di illuminamento e di qualità dell'aria effettuate con strumentazioni portatili, in tre differenti postazioni scelte in seguito all'osservazione dei fenomeni di degrado microbiologico in atto.

Gli intervalli raccomandati² per la tipologia di materiale lapideo naturale (la roccia di cui è composto il banco in cui è scavata la chiesa) e artificiale (intonaci, porzioni in muratura) sono:

² da "Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei" (D.Lgs n°112/98, art.150 comma 6, ambito VI, sottoambito I, Tabella 2 – Condizioni microclimatiche per la prevenzione di attacchi microbiologici su materiali

Pietre, rocce, minerali, meteoriti (porosi) stabili	Umidità relativa %	Δ UR % max/giornaliera*	Temperatura (°C)	Δ T (°C) max/giornaliera
	40-60	6	19-24	-

Tali intervalli sono da considerarsi di riferimento, perciò è previsto che siano tollerabili anche valori al di fuori del range indicato, a fattori che di volta in volta si possono presentare.



Affluenza e sosta di pubblico con apertura dell'accesso principale della navata centrale

In considerazione del fatto che per la conservazione dei dipinti murali è necessario che il microclima, ed in particolare l'umidità relativa, sia mantenuto quanto più stabili possibile, è molto importante che le porte di accesso al sito vengano attentamente controllate e richiuse immediatamente dopo l'ingresso dei visitatori e che il numero dei visitatori sia contingentato.

I grafici mostrano, infatti, che mentre la temperatura varia lentamente in relazione alle condizioni climatiche stagionali, l'umidità relativa, pur mantenendosi costantemente elevata, è soggetta a variazioni, talvolta anche considerevoli, determinando così fenomeni evaporativi, responsabili della formazione di velature (sali) sulle superfici dipinte.

Inoltre, poiché la luce favorisce lo sviluppo di biodeteriogeni, anche l'illuminazione, artificiale e naturale, dovrebbe essere ripensata, sia per quanto riguarda i tempi di accensione dell'impianto di illuminazione, sia per quanto riguarda l'intensità delle sorgenti luminose, in modo tale da ridurre al minimo la radiazione che investe gli affreschi. Per la luce naturale l'intervento da effettuare consiste nell'oscuramento delle finestre dalle quali la radiazione luminosa entra, investendo principalmente la navata sinistra, navata dove sono stati riscontrati i fenomeni di degrado biologico più severi (v. Report lux e UV)



Misurazioni lux e UV e della qualità dell'aria con strumenti spot

Registrazione, trasmissione ed elaborazione dei dati

Durante la campagna di monitoraggio sono state elaborate circa 3000 acquisizioni di temperatura e umidità relativa al mese, per ognuno dei 4 dispositivi Grillo-bee ® installati nelle diverse postazioni di rilevamento.

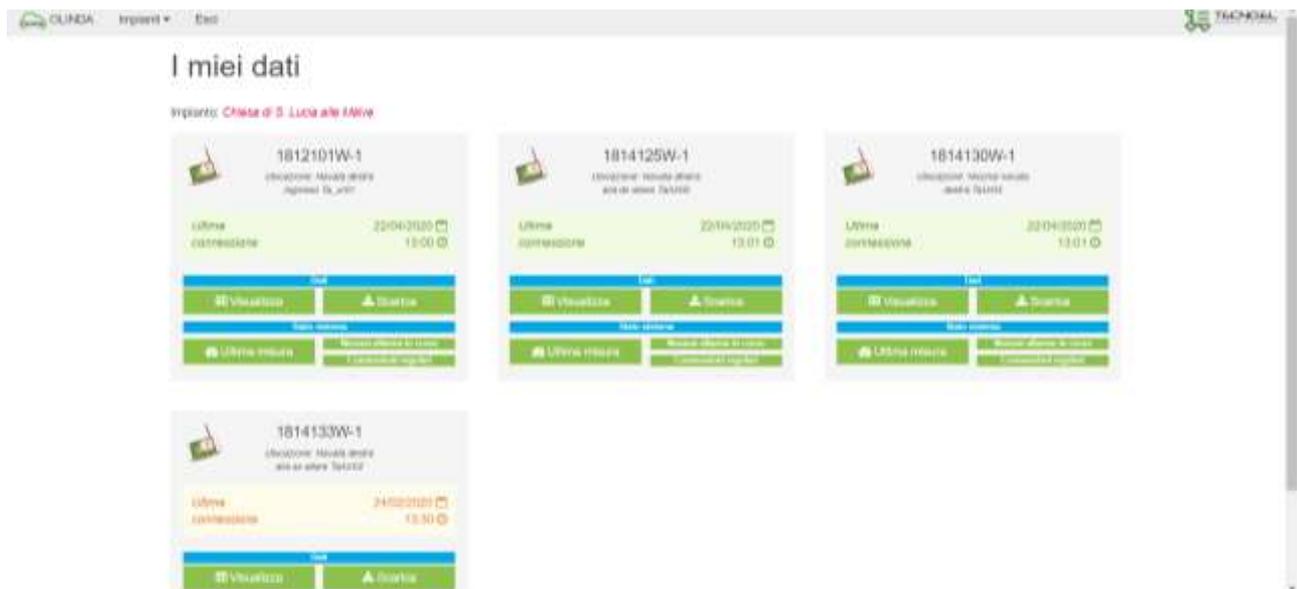


Postazione di rilevamento nella Sala 6 e sistema di misura Grillo-bee ®

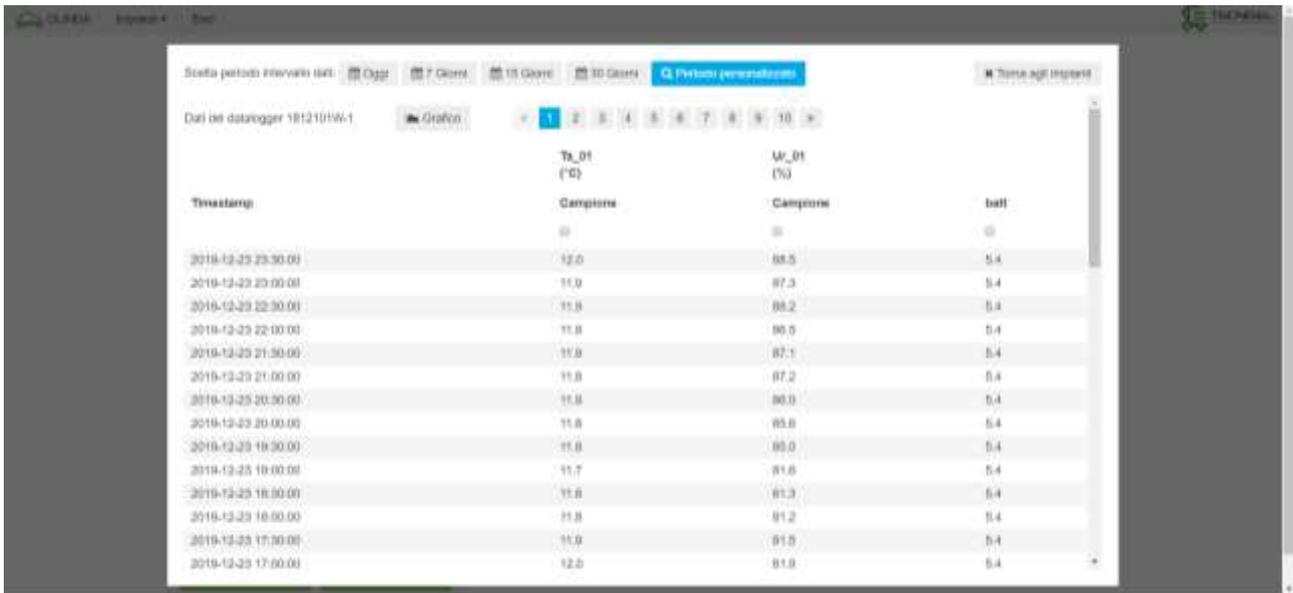
Questi sistemi di misura sono composti da due trasduttori progettati per misurare parametri ambientali e da un microcontrollore embedded che acquisisce, memorizza e trasmette i dati. Operano come unità stand alone a bassissimo consumo. I dati memorizzati alimentano un database personale, protetto da "nome utente" e "password", al quale si accede on line attraverso il cloud OLINDA.

I dati registrati dai datalogger possono anche essere scaricati in locale, direttamente su PC, e venir poi elaborati con programmi quali excel, etc.

Se i dati vengono scaricati su piattaforma on line, possono essere visualizzati in forma numerica o grafica selezionando il periodo di interesse; nella forma grafica è inoltre possibile visualizzare i dati di temperatura e umidità relativa contemporaneamente.

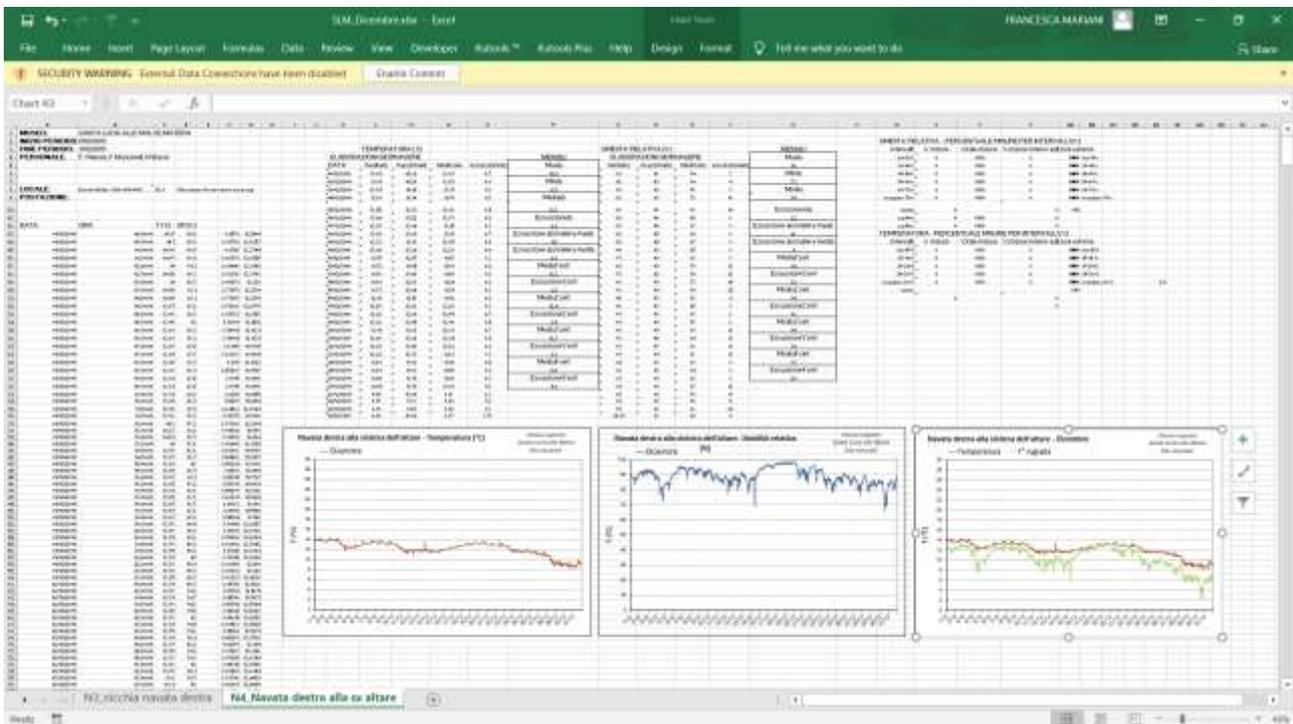


Schermata della piattaforma on-line OLINDA® con alcuni dei sensori della navata destra nella chiesa rupestre di Santa Lucia alle Malve



Visualizzazione dei dati on-line

I dati sono stati acquisiti ed elaborati mensilmente. Entrando sulla piattaforma, è stato possibile accedere ai diversi dispositivi e visualizzare o scaricare i dati di tutti i sensori in tempo reale. Per la presentazione finale dei risultati della campagna di monitoraggio, i dati di ogni sensore sono stati raggruppati mensilmente, in formato .csv e successivamente elaborati su foglio di calcolo Excel™.



Esempio di elaborazione dati su foglio di calcolo

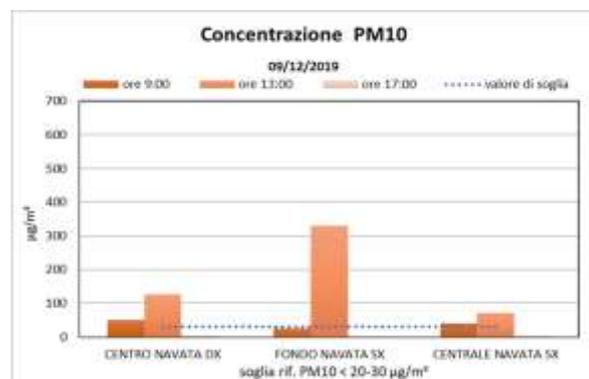
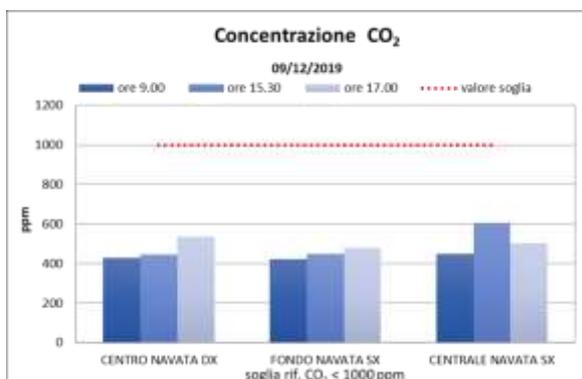
I dati acquisiti sono poi stati elaborati ed analizzati in maniera più approfondita. Gli andamenti mensili della temperatura, dell'umidità relativa e della temperatura di rugiada sono stati rappresentati graficamente.



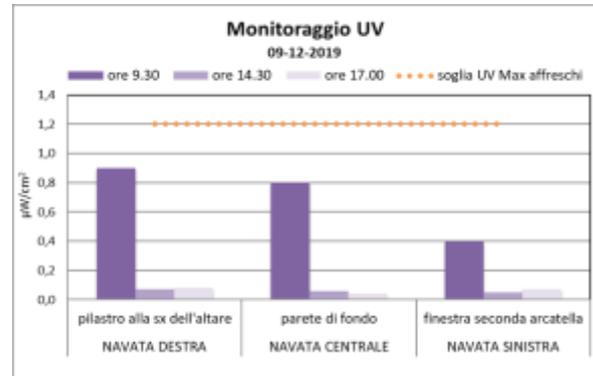
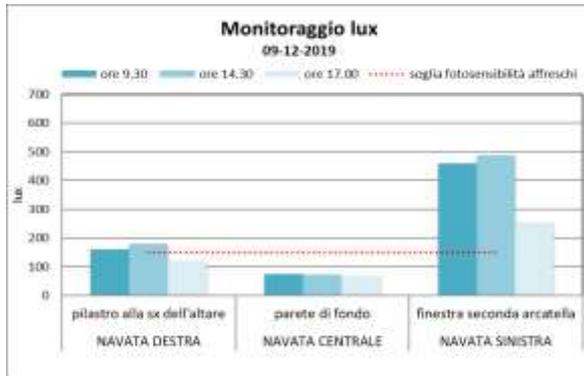
Esempio di rappresentazione grafica finale dei dati termo-igrometrici



Esempio di confronto grafico della temperatura di rugiada e della temperatura ambientale



Esempio di rappresentazione grafica finale dei dati relativi alla qualità dell'aria



Esempio di rappresentazione grafica finale dei dati di illuminamento e UV

In generale, come verrà illustrato nella sezione successiva, durante il periodo di monitoraggio era possibile osservare come i valori dei parametri termo-igrometrici risultavano variabili soprattutto in relazione alle condizioni atmosferiche e quindi anche in funzione dell'affluenza di pubblico e dell'apertura e chiusura degli accessi alla chiesa.

E' consigliabile estendere la durata del monitoraggio ambientale per verificare le condizioni in interno e in esterno, ai fini della redazione di un piano di manutenzione ordinaria efficace e per intraprendere nuovi provvedimenti per la mitigazione degli effetti dei fattori ambientali.

Posizionamento dei sensori e misure spot

