

STUDIO MICROCLIMATICO SULL'ARCO DI AUGUSTO DI AOSTA

Lorenzo Appolonia, Simonetta Migliorini, Denise Ponziani*

Lo studio microclimatico sull'Arco di Augusto si inserisce in un progetto avviato dalla Soprintendenza per la conoscenza dei materiali, dello stato di conservazione e delle condizioni climatiche che possono influire nella conservazione e in previsione di un prossimo intervento di restauro.

Nel corso dei secoli il monumento ha subito una serie di interventi che hanno determinato l'aspetto attuale e, sovente, hanno favorito la sua conservazione, come nel caso della copertura a base di lose che è attualmente visibile. Tra i più significativi interventi si possono ricordare la citata applicazione della copertura in lose nella prima metà del '700 e l'ultimo importante intervento, effettuato nel 1914 da Schiaparelli, il quale ha provveduto a sostituire e integrare alcune delle parti più degradate della zona sommitale.

A seguito di alcuni studi condotti dal LAS¹ (Laboratorio Analisi Scientifiche per la conservazione della Direzione ricerca e progetti cofinanziati) si è potuto verificare l'attuale stato di conservazione del monumento. Il risultato di questa prima parte di studi ha mostrato la necessità di un intervento più integrale al fine di garantire la conservazione e la fruizione del bene.

Dall'esame preliminare dello stato di conservazione del monumento sono emerse le diverse tipologie e intensità di degrado, presenti sulle quattro facciate e sulle pareti della volta interna, riconducibili probabilmente al grado di interazione del monumento con le condizioni ambientali sia storiche sia attuali. Allo scopo di verificare l'entità di questa interazione è stato avviato uno studio che permetta di comprendere la relazione monumento-ambiente

e, di conseguenza, si è provveduto a posizionare alcuni sensori e strumenti di misura in diversi punti prossimi alla superficie.

La strumentazione è stata scelta sulla base dei parametri selezionati per caratterizzare dette condizioni ambientali e comprende sensori per la misura della temperatura dell'aria, dell'umidità relativa, della temperatura superficiale della pietra, dei movimenti dell'aria e della concentrazione delle polveri sospese. La strumentazione è collegata ad un sistema di acquisizione informatico a cui trasmette, attraverso fibra ottica, le misure effettuate periodicamente. Questa tecnologia permette di accedere ai dati direttamente dai *computer* del LAS e di disporre, quindi, in tempo reale di tutte le informazioni.

Alla elaborazione dei dati e alla loro valutazione collaborano l'Università del Piemonte Orientale e il Centro di Modellistica Ambientale dell'Università di Urbino.

La campagna di misure è partita dal 2006 e la valutazione delle differenze microclimatiche in prossimità delle pareti è stata eseguita con l'installazione sulle quattro facciate (nord, sud, est e ovest) di sei gruppi sensori per la misura della temperatura, dell'umidità relativa e della temperatura superficiale della pietra, mentre, sotto la volta, sono stati posizionati un anemometro sonico, per la misura della direzione e della velocità del vento, e un misuratore ottico di polveri sospese.

Dopo un primo periodo di acquisizione e valutazione dei dati, si è ritenuto opportuno un approfondimento che risolvesse alcune tematiche conoscitive, in particolare per quanto concerne la situazione della volta interna.



1. L'Arco di Augusto.
(D. Ponziani)



2. Particolare del degrado delle facciate ovest e sud.
(S. Migliorini)

In questa seconda fase sono stati pertanto aggiunti, al di sotto della volta stessa, quattro nuovi gruppi di sonde di tipo temperatura e umidità e un anemometro sonico. Inoltre, sul tetto, sono stati posizionati un ulteriore anemometro sonico e un anemometro a coppette² associato ad un termoigrometro. Quest'ultimo è stato posizionato sul tetto ad un'altezza tale da ottenere delle misure, per quanto possibile, non perturbate dalla presenza degli edifici circostanti.

La campagna di raccolta dati permette, a questo punto, di disporre di una serie storica di circa tre anni di acquisizioni, adeguata per analisi approfondite dei cicli giornalieri ed annuali delle grandezze in esame.

Lo studio dei cicli giornalieri di temperatura e umidità evidenzia la frequenza con cui si presentano fenomeni dannosi per la conservazione del monumento quali forti escursioni termiche, condensa e congelamento dell'acqua sulla superficie e nei pori del materiale; l'analisi dei cicli annuali fornisce inoltre informazioni sull'intervallo di variazione di temperatura e umidità ed evidenzia i mesi di maggiore interazione tra ambiente e monumento.

La variabilità stagionale delle condizioni di vento prevalenti, valutata grazie ai dati ottenuti dall'anemometro a coppette, può giustificare, inoltre, alcune problematiche emerse nella mappatura del degrado sulle superfici: il loro annerimento appare, infatti, maggiore per le pareti investite meno frequentemente dal vento.

Grazie allo strumento per la misura delle polveri sospese, posizionato all'altezza del primo cornicione sotto la volta, è stato possibile determinare un profilo della concentrazione del particolato che, depositandosi sulle superfici, causa l'annerimento. Il danno provocato dal deposito atmosferico, tuttavia, non è esclusivamente estetico, in quanto gli elementi che costituiscono il particolato atmosferico possono innescare reazioni chimiche con il

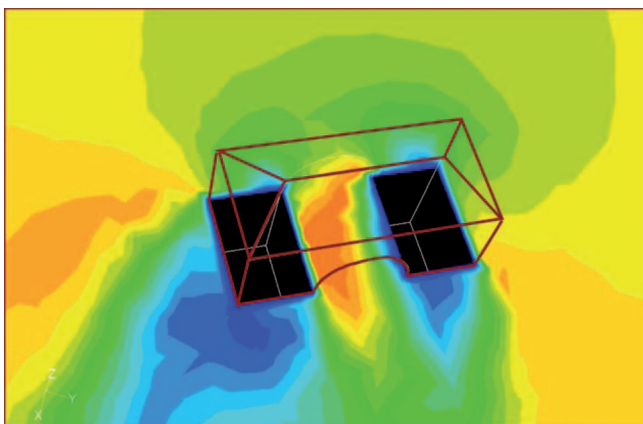
substrato, le quali possono risultare tanto più dannose quanto più sono critiche le condizioni microclimatiche, arrivando anche a provocare la perdita di materiale dal manufatto. In considerazione del fatto che la velocità di deposizione del particolato sulle superfici è regolata non solo dalla concentrazione e dalle dimensioni ma anche dalle condizioni ambientali, per una maggiore comprensione del problema è stato necessario relazionare tali dati riguardanti le polveri sospese con i dati microclimatici.

L'elaborazione dei dati raccolti dagli anemometri sonici viene effettuata in collaborazione con il Centro di Modellistica Ambientale dell'Università di Urbino che, con l'ausilio di un codice computazionale, ha messo a punto un modello numerico di simulazione del campo di vento che si genera in un intorno del monumento. I dati sperimentali hanno avuto una duplice funzione: confrontati con i dati meteorologici sul territorio, hanno consentito di verificare quanto la circolazione delle masse d'aria nell'arcata interna fosse influenzata dalla stessa geometria e, inoltre, hanno permesso di validare il modello di simulazione delle turbolenze che interessano zone limitrofe alla superficie. Le turbolenze che si generano dall'impatto delle masse d'aria con il monumento sono state ricostruite dal modello, permettendo di verificare l'importanza che questi fenomeni hanno nella genesi di alcune tipologie di degrado presenti principalmente sotto la volta, come l'alveolizzazione di numerosi conci.

Infine, le misure microclimatiche acquisite nell'area del monumento sono state confrontate con i rilevamenti di centraline meteorologiche presenti sul territorio, di proprietà dell'ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) e della Protezione Civile. Il confronto è stato utile in primo luogo per validare i dati acquisiti dalla strumentazione posta sull'Arco d'Augusto ed inoltre per



3. Sensori per l'acquisizione di temperatura e umidità posizionati sotto la volta del monumento. (D. Ponziani)



4. Campo dell'intensità del vento elaborato mediante un software di fluidodinamica computazionale di tipo commerciale. Le zone corrispondenti ad una maggiore intensità del vento sono colorate in giallo-arancio. (P. Semprini)

definire un modello matematico di stima delle condizioni microclimatiche nell'area del monumento. La funzione di tale modello è quella di consentire un monitoraggio continuo delle condizioni ambientali riguardanti il bene architettonico anche successivamente alla rimozione della strumentazione posta su di esso. Questo permetterà in futuro un controllo maggiore dell'incidenza dei fattori di degrado e, di conseguenza, la possibilità di predisporre un'adeguata programmazione della manutenzione conservativa del monumento, ottimizzandone così tempi e costi, ma soprattutto migliorando la capacità di conservazione di un bene pubblico.

Abstract

An in-depth survey has studied the climatic and micro-climatic effect on Aosta's Augustan Arch and via this data experts aim to relate inspectional data which has enabled them to map the decline of the monument. Such data is metrical and relates to weather temperature, temperature of the surface (or contact), humidity and wind direction and speed. This information has been evaluated from two points of view, that which refers to decline and that which provides the possibility of developing mathematical models that can supply information relative to environmental damage and are useful for planning preventive conservation measures.

1) L. APPOLONIA, S. MIGLIORINI, A. IDONE, A. PICCIRILLO, *L'Arco di Augusto in Aosta: un esempio di percorso programmato tra progettazione e diagnostica*, in BSBAC, 4/2007, 2008, pp. 215-228.

2) La presenza di un anemometro a coppette permette il confronto fra l'impiego degli anemometri sonici, ancora poco utilizzati nel settore dei beni culturali, e i sistemi classici di valutazione al fine di definire pregi e difetti degli uni rispetto agli altri e di meglio comprendere le relazioni fra i dati analitici raccolti.

*Collaboratrice esterna: Denise Ponziani, borsista Fondo Sociale Europeo (FSE) in Metodologie e Tecnologie per la valorizzazione dei beni culturali.