

## **BEYOND THE ENVIRONMENTAL MONITORING FOR THE PRESERVATION OF THE CULTURAL HERITAGE: THE FRESCOES OF THE MONUMENTAL CEMETERY OF PISA**

**P. De Nuntiis<sup>1\*</sup>, L. Branzanti<sup>2</sup>, D. Fernandez<sup>1,3</sup>, P. Mandrioli<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> CNR-ISAC, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del  
Clima di Bologna, p.denuntiis@isac.cnr.it

<sup>2</sup> Pegasoft OperaPro srl

<sup>3</sup> Universidad de León, Dep. de Biodiversidad y Gestión Ambiental

Il termine “monitoraggio ambientale” è ufficialmente entrato nel vocabolario di chi gestisce il patrimonio, ma più come dovere che come strumento di controllo attivo delle condizioni ambientali che avvolgono l'opera d'arte e ne determinano, nel bene e nel male, la durabilità. L'utilizzo del monitoraggio ambientale “integrato” permette non solo di orientare le scelte gestionali verso soluzioni corrette, ad esempio nella collocazione di un bene in un ambiente più idoneo, ma anche nelle scelte concrete di mitigazione dei fattori di rischio. Si presentano due applicazioni rese possibili grazie all'Opera Primaziale Pisana (OPA), impegnata a trovare risposte concrete, basate su basi scientifiche e tecnologie avanzate. Nel Cimitero Monumentale di Pisa, dopo l'incendio bellico del'44, iniziarono gli interventi per ricollocare gli affreschi restaurati, costituiti in origine da circa 2200 m<sup>2</sup> di superficie pittorica continua, la più estesa d'Europa.

L'OPA ha commissionato nel 2006 un primo progetto di monitoraggio ambientale al CNR-ISAC, al fine di effettuare indagini diagnostiche finalizzate alla identificazione delle cause di degrado degli affreschi e alla redazione di piani di conservazione a medio e lungo termine. Sensori cordless di temperatura e umidità relativa vennero collocati nel quadriportico, nella attigua Sala degli Affreschi (Fig.1) e al centro del chiostro dove vennero installati anche sensori per la misura della radiazione solare, velocità e direzione del vento. Nella Sala degli Affreschi venne inoltre misurata la concentrazione di anidride carbonica.



Fig. 1. Sala degli Affreschi allestita, fino al 2009, con cicli pittorici restaurati

Il sistema di monitoraggio microclimatico ISAC utilizza sensori a trasmissione radio gestiti da un datalogger e moduli di trasmissione dati via GSM che quotidianamente raggiungono l'hub remoto del CNR che controlla lo scarico dei dati, li processa, li archivia, li elabora e li pubblica in un'area web riservata. Sono state realizzate inoltre campagne stagionali di misura

per la caratterizzazione dell'aerosol atmosferico dal punto di vista fisico, chimico e biologico e campagne termografiche IR in continuo H24, per rilevare gradienti termici giornalieri e possibili fenomeni di condensa su porzioni di affresco. Il monitoraggio ambientale integrato, costituito da un monitoraggio microclimatico continuo e senza interruzioni, supportato dalle indagini diagnostiche stagionali, ha permesso di individuare i principali agenti di degrado e di mettere a punto protocolli per la protezione e la conservazione degli affreschi. A seguito delle indicazioni fornite dai rapporti ISAC (AA.VV., 2008; Sabbioni, 2008) vennero modificate le modalità di fissaggio degli affreschi sulle pareti al fine di un maggior isolamento termico (Bonazza, 2010). Il monitoraggio integrato ha permesso inoltre di elaborare strategie da impiegare non solo nella fase di conservazione e prevenzione, ma soprattutto nella gestione dei criteri di scelta per la ricollocazione nel portico delle scene ospitate fino a qualche tempo fa nella Sala degli Affreschi adiacente ad chiostro.

La formazione di condensa è risultata il fattore più pericoloso per il degrado delle superfici affrescate collocate nelle pareti del Camposanto pur garantendo, con la circolazione dell'aria tra affresco e parete, una minore inerzia termica dell'affresco-supporto. Lo studio delle dinamiche termoigrometriche, l'aggiunta di sensori per la misura della temperatura superficiale e nuove indagini termografiche hanno permesso a CNR-ISAC, in collaborazione con Pegasoft OperaPro s.r.l., di realizzare uno strumento previsionale degli eventi di condensa (Fig. 2) basato principalmente sul calcolo in tempo reale della temperatura del punto di rugiada (Mandrioli, 2013).

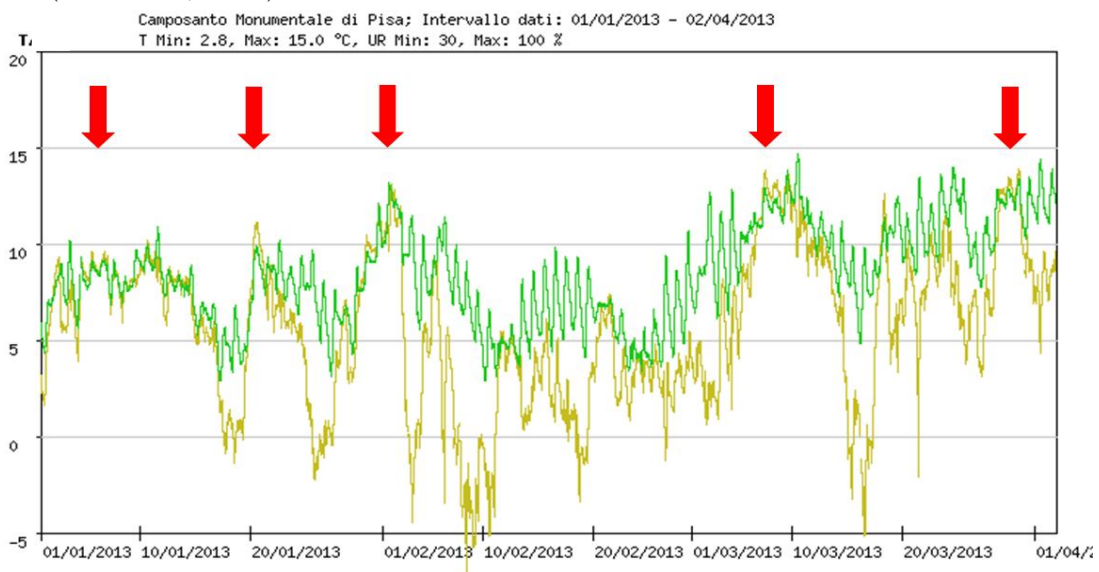


Fig. 2. Eventi di condensa registrati nei primi mesi del 2013. In giallo la T di rugiada, in verde la T superficiale affresco.

Dall'analisi degli eventi di condensa registrati in questi anni nel Camposanto si evince che essi si verificano generalmente in inverno e dipendono da specifiche condizioni meteorologiche, possono essere di diversa durata, da qualche ora a qualche giorno e di diversa intensità e interessano aree del portico variamente localizzate (Fig. 3).

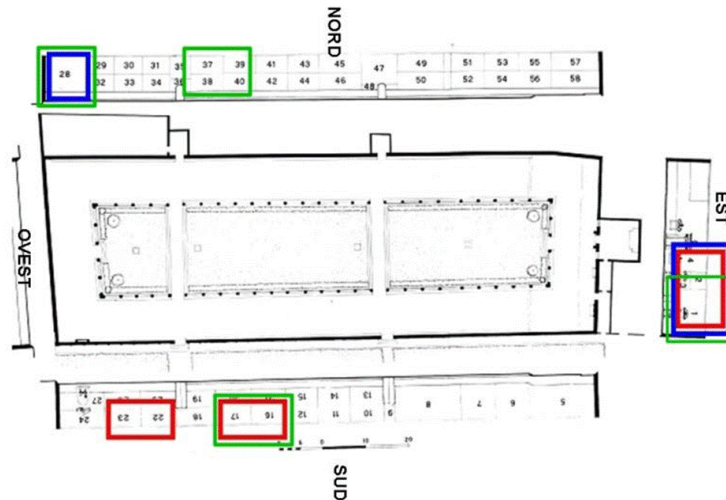


Fig. 3. Eventi di condensa su porzioni del portico e relative scene affrescate del Camposanto Monumentale di Pisa nei mesi invernali degli anni 2009-10, 2010-11 e 2011-12

Durante gli eventi brevi l'aspetto estetico degli affreschi cambia visibilmente, ma se il fenomeno è protratto nel tempo si può verificare scorrimento di acqua sulle superfici verticali con conseguente solubilizzazione e perdita dei pigmenti impiegati nel restauro, come avvenuto nell'evento del dicembre 2009 nell'angolo sud-est del portico. Un modello previsionale non ha utilità pratica se non può determinare azioni concrete di mitigazione del fenomeno da contrastare. E' stata pertanto istituita una commissione scientifica che ha individuato la metodologia più efficace, economicamente sostenibile e di basso o nullo impatto visivo, orientata a garantire una temperatura di superficie dell'affresco superiore al valore della temperatura di rugiada (*dew point*), calcolata ogni 10 minuti dal datalogger. La Direzione dell'OPA prevede di mettere in opera i primi affreschi muniti di protezione automatica anti-condensa nei primi mesi del 2014 (Bentivoglio, 2013).

## Bibliografia

- AA. VV., 2008. Il Camposanto di Pisa. Un progetto di restauro integrato. Atti Convegno 6-8 marzo 2008. Opera Primaziale Pisana, pp 75.
- Bentivoglio G., Innocenti R., Mandrioli P., 2013. Monitoraggio ambientale applicato alla ricollocazione degli Affreschi del Camposanto di Pisa. In *Monitoraggio Ambientale per i Beni Culturali: dalla ricerca all'applicazione*. A cura dell'OPA, Workshop 20-21/06/2013, Pisa.
- Bonazza A., De Nuntiis P., Ghedini N., Guaraldi C., Mandrioli P., Ozga I., Sabbioni C., Tittarelli F., 2010. Monitoraggio delle cause ambientali di degrado degli affreschi del camposanto monumentale di Pisa, per la messa a punto dei protocolli di manutenzione, campagne di misura 2009. Report Tecnico ISAC, pp 101.
- Mandrioli P., De Nuntiis P., 2013. Cultural Heritage Conservation: indoor environmental monitoring. In *Facciamo germogliare le nostre idee*, Quaderno della III Scuola Nazionale di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali. A cura di Papa E., Perrone M.G., Piazzalunga A., pp: 103-105, ISBN 978-88-91059-80-2.
- Sabbioni C., Mandrioli P., Bonazza A., De Nuntiis P., Guaraldi C., 2008. Indagini diagnostiche finalizzate alla identificazione delle cause di degrado degli affreschi del camposanto monumentale di Pisa. Report Tecnico ISAC, pp 154.