

Il degrado naturale a cui sono soggette le opere d'arte è fortemente accelerato dall'inquinamento ambientale. Una delle maggiori difficoltà, nel campo della salvaguardia dei Beni Culturali, è stabilire dei "valori critici" intesi come valori massimi di inquinamento accettabile, con riferimento al danno causato ai materiali costituenti le opere d'arte. La normativa italiana attualmente vigente ha stabilito livelli di concentrazione di inquinanti aerodispersi per la protezione della salute dell'uomo e per gli ecosistemi [1]; tali livelli non possono essere utilizzati come riferimento delle opere d'arte che, contrariamente ai sistemi biologici, sono prive di meccanismi di autodepurazione e rigenerazione. Il problema del deterioramento dei Beni Culturali, causato dall'inquinamento atmosferico, ha quindi occupato, in tutti questi anni, un ruolo marginale.

Ciò che è emerso da alcuni studi effettuati sull'argomento è la necessità, per la conservazione dei manufatti artistici, di mettere a punto strumenti normativi contenenti valori "soglia" dei parametri ambientali raccomandati e le modalità per la loro misura e controllo. È in questo contesto che si è inserito il progetto di ricerca elaborato nel 2000 dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT) e dall'Istituto Centrale per il Restauro (ICR) sulla "valutazione del rischio connesso all'inquinamento atmosferico sui beni di interesse storico-artistico italiani esposti all'aperto"¹. La ricerca è stata finalizzata a catalizzare l'attenzione sul problema ed a riunire le competenze nazionali sull'argomento, individuando, sulla base delle conoscenze fino a questo momento disponibili, una metodologia idonea alla quantificazione del danno causato dall'inquinamento atmosferico sui beni culturali italiani. Il progetto si è proposto inoltre di verificare se il percorso metodologico basato sul calcolo delle funzioni di danno, dei livelli critici e dei valori di soglia, finora applicato in Italia solo per ecosistemi naturali, possa essere adottato anche per la salvaguardia del patrimonio nazionale. Questa prima collaborazione tra ICR e APAT, conclusasi nel 2002, ha permesso di valutare il fenomeno nel suo insieme e di constatare che, i fattori principali del degrado di materiali lapidei esposti all'aperto sono l'**erosione** e l'**annerimento**. Mentre per quanto riguarda il fenomeno dell'erosione esistono specifici algoritmi o funzioni di danno che permettono di valutare gli effetti delle sostanze inquinanti presenti in atmosfera sul degrado dei materiali esposti all'aperto [4], per l'annerimento, invece tali funzioni non sono ancora state esplicitate.

L'indice di annerimento risulta genericamente funzione della concentrazione del particolato totale sospeso e della sua velocità di deposizione.

$$I_{\text{annerimento}} = f(\text{PST Vel. Dep.})$$

Tale indice così come formulato non tiene conto dei fattori in grado di influire sulle interazioni fra il materiale e l'ambiente circostante associati al materiale, la porosità, la struttura, ecc.

In una prima fase degli studi, fu introdotto per tale motivo il concetto di *stress fisico*, che considerava alcuni parametri quali: il "tempo di inumidimento" valutabile come periodo annuo in cui l'umidità relativa è superiore all'80%, la frequenza di oscillazione della temperatura ambiente attorno a 0°C, la gelività del materiale.

Il contributo dello stress fisico fu però considerato non correlabile ai fenomeni di erosione e annerimento.

¹ Nell'ambito di tale progetto è stato costituito un gruppo di lavoro di esperti nel settore a livello nazionale di cui APAT e ICR sono coordinatori e che vede coinvolte varie istituzioni (CNR - ISAC - Bologna, CNR - Montelibretti - Roma, ENEA e MBAC).

Dagli studi effettuati sull'argomento è anche emerso che molte forme di deterioramento dei materiali lapidei sono causate dall'azione di agenti biodeteriogeni aerodispersi che possono anche giocare un ruolo sinergico sui danni tipicamente chimico- fisici.

Pertanto ai tre parametri considerati , si è ritenuto opportuno affiancare un nuovo indicatore che tenesse conto dell'effetto di tali agenti "biologici", genericamente definito **indice di contaminazione biologica**, che è correlato al grado di colonizzazione, ad esempio ad opera di organismi quali funghi, licheni e muschi, del materiale che costituisce il monumento o opera d'arte.

Gli organismi contraggono stretti rapporti con il substrato, e la loro azione biodeterogena viene esplicita tramite due meccanismi: il primo di tipo puramente meccanico, dovuto alla penetrazione di apparati di sostegno specializzati con i quali essi si fissano al substrato (rizine, rizoidi, ecc.), il secondo è invece di natura chimico-corrosiva ed è attribuibile alle sostanze acide rilasciate sul substrato.

Tali sostanze sono infatti in grado di sciogliere o comunque rendere solubile il materiale lapideo che viene poi dilavato con facilità dalla pioggia.

La determinazione di tali funzioni di danno è stata quindi l'obiettivo del progetto di ricerca relativo allo "*studio sperimentale per la caratterizzazione del danno connesso all'annerimento e all'azione di organismi biodeteriogeni per i beni di interesse storico - artistico esposti all'aperto*" che si è concluso nel mese di aprile 2005.

In particolare la ricerca si è proposta di definire funzioni o algoritmi che correlino la concentrazione in aria di polveri sospese all'annerimento dei manufatti e la concentrazione di biodeteriogeni alla contaminazione biologica dei materiali.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, in collaborazione con gli esperti del tavolo tecnico, sono state pianificate e realizzate due campagne di monitoraggio in due città del territorio italiano ad alto tasso di inquinamento atmosferico: Roma e Milano.

La finalità della fase sperimentale è quella di mettere a punto una metodologia per misurare, in modo semplice e ripetibile, il danno provocato dal deposito di particolato aerodisperso in particolare su manufatti di natura lapidea.