

L'impatto dell'inquinamento atmosferico sul patrimonio culturale italiano

Il progressivo degrado dei beni culturali esposti all'aperto

Negli ultimi decenni, il degrado del patrimonio culturale italiano esposto all'aperto ha subito un'accelerazione, causata soprattutto dall'inquinamento atmosferico. Si tratta di un processo progressivo e irreversibile, che ha luogo in particolare nelle aree urbane dove si

concentra il maggior numero di beni culturali; questi sono privi di sistemi di smaltimento o di eliminazione delle sostanze inquinanti con cui vengono a contatto e quindi in breve tempo si assiste al loro accumulo sulle superfici (Bonanni et al. 2006, 67).

Fonti di emissione delle sostanze inquinanti

Le sostanze inquinanti possono essere emesse da diverse fonti, tra cui: il traffico veicolare, che produce ossidi di carbonio (CO), azoto (NO_x), e zolfo (SO_x), particolato (PM10, PM2.5), polveri provenienti dall'usura di manti stradali, di pneumatici e idrocarburi incombusti (HC); il riscaldamento domestico e i processi di combustione negli impianti industriali, che

producono CO, biossido di zolfo (SO₂), idrocarburi, aldeidi, ceneri composte da cloruro di sodio (NaCl) e di magnesio (MgCl₂), particelle carboniose, ecc.; la lavorazione dei manufatti nei processi industriali e la combustione dei rifiuti, che producono vapori di solventi organici, anidride solforica (SO₃), acido cloridrico (HCl), NO_x, HC, PM10, PM2.5 (Bonanni et al. 2006, 23).

Gli inquinanti atmosferici

Tra le sostanze inquinanti, quelle considerate maggiormente aggressive

per le superfici dei beni culturali sono: l'anidride carbonica (CO₂); gli ossidi di

zolfo (SO_x); gli ossidi di azoto (NO_x); il particolato atmosferico (PM10, PM2.5) (Gaddi 2021). La CO_2 , per esempio, che in questi anni è aumentata in maniera costante a causa dell'intensificarsi dei processi di combustione di combustibili fossili, reagisce con l'acqua presente in atmosfera e genera una soluzione di acido carbonico (H_2CO_3) che degrada le superfici calcaree o in arenaria a cemento calcareo (Bonanni et al. 2006, 18-19). Gli SO_x , poi, presenti in atmosfera come anidride solforosa o biossido di zolfo (SO_2), l'acido solforico (H_2SO_4) e i solfati metallici (MSO_4 , $\text{M}_2(\text{SO}_4)_3$), ecc., vengono emessi dai processi di combustione di combustibili fossili e di fusione dei minerali non ferrosi (19). Per NO_x ,

invece, si intendono tutti i composti tra l'azoto e l'ossigeno nei vari stati di ossidazione, che si formano nei processi di combustione ad alte temperature (19). Quando la SO_2 e gli NO_x entrano in contatto con il vapore acqueo o la pioggia presenti in atmosfera avvengono delle reazioni che producono rispettivamente H_2SO_4 e acido nitrico (HNO_3), e quindi le piogge acide che corrodono i beni culturali.¹

A questi si aggiunge il particolato sottile (PM), ossia un insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che restano in sospensione nell'aria per via delle ridotte dimensioni, tra cui il PM10 con diametro aerodinamico inferiore a $10\ \mu\text{m}$, e il PM2.5 inferiore a $2,5\ \mu\text{m}$ (Bonanni et al. 2006, 20).

Le principali forme di degrado

L'inquinamento atmosferico comunque non agisce da solo, ma sinergicamente con i fattori climatici, accelerando i naturali processi di deterioramento dei beni culturali, comportando un danno di tipo estetico e/o strutturale che ne compromette la comprensione e la fruizione, causandone la perdita del valore (Gaddi et al. 2017, 7). I tempi e i modi del degrado differiscono in base al tipo di materiale, alle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze inquinanti coinvolte (Bonanni et al. 2006, 67), e alle condizioni climatiche e ambientali del territorio con cui interagiscono i beni culturali (Gaddi et al. 2017, 7).

Le principali forme di degrado sono: la perdita di materiale dalle superfici lapidee, causata da CO , CO_2 , SO_2 , HNO_3 , NO_2 , O_3 , PM10, RH (idrocarburi volatili) e piogge acide (Gaddi s.d.); lo sporcamento, causato dal deposito di particelle carboniose; la formazione delle croste nere, stratificazioni eterogenee che inglobano depositi di PM sulle superfici, soprattutto di natura calcarea;² la corrosione dei metalli, con conseguente alterazione cromatica (Gaddi et al. 2017, 7). Da menzionare anche la contaminazione biologica e lo stress fisico, causato da fattori climatici e microclimatici (Bonanni et al. 2006, 65, 68).

1 <https://www.legambientevicenza.it/territorio/vicenza-un-patrimonio-storico-artistico-da-tutelare-inquinamento-atmosferico-e-beni-culturali/>.

2 <https://www.legambientevicenza.it/territorio/vicenza-un-patrimonio-storico-artistico-da-tutelare-inquinamento-atmosferico-e-beni-culturali/>.

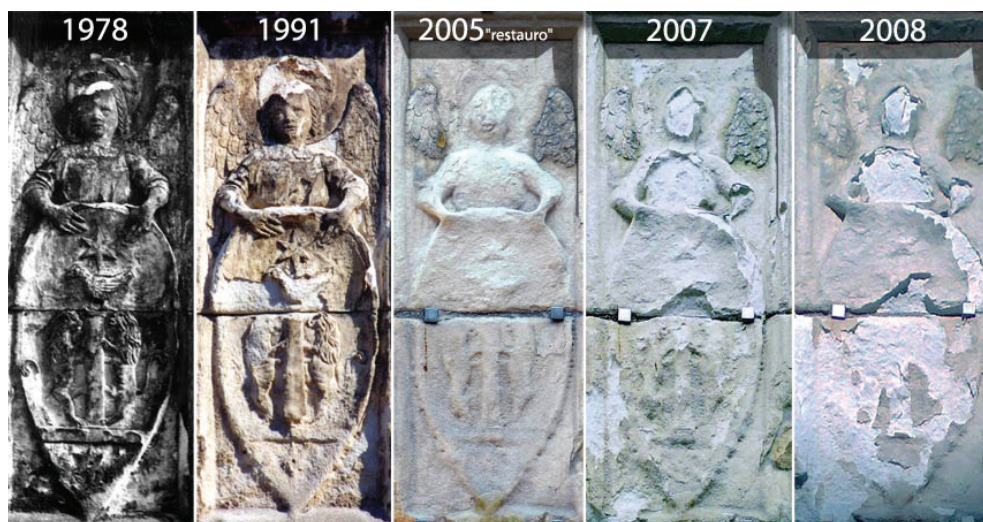


Figura 1 Antonio Rizzo, bassorilievo raffigurante un angelo con scudo (progressiva solfatazione). Seconda metà del XV secolo. Pietra calcarea. Venezia, Cannaregio, Rio Terà Frutariol

Beni culturali ‘cancellati’: un caso veneziano

Un ambiente come quello di Venezia, per esempio, risulta estremamente sfavorevole per la conservazione del suo patrimonio culturale, e a questo si aggiungono l'inquinamento urbano e industriale di Mestre e Porto Marghera (Fassina 1979, 61). Negli ultimi anni, infatti, i beni culturali veneziani esposti all'aperto hanno subito dei rapidi e profondi processi di deterioramento che, in molti casi, ne hanno compromesso irreversibilmente l'esistenza (59). Tra questi, il bassorilievo raffigurante un Angelo con scudo attribuito allo scultore

Antonio Rizzo (1430-1499) in Rio Terà Barba Frutariol, a Cannaregio, nei pressi del Campo Santissimi Apostoli.³ Nel giro di pochi anni, dal 1930 al 2011, la sua superficie calcarea appare ormai scomparsa a causa del fenomeno della solfatazione: la reazione fra H_2SO_4 e carbonato di calcio ($CaCO_3$) ha portato alla formazione di solfato di calcio (gesso; $CaSO_4$) che diffondendosi, penetrando e cristallizzando all'interno dei pori, essendo friabile ne ha causato la disgregazione (Bonanni et al. 2006, 19) [fig. 1].

Conclusioni

L'inquinamento dell'aria, dunque, non solo provoca il degrado del patrimonio culturale italiano, ma, come afferma la UNECE (United Nations

Economic Commission for Europe), rappresenta anche una grave perdita economica, caratterizzata da elevati costi di manutenzione e restauro e una

³ <https://nuovavenezia.gelocal.it/veneziana/cronaca/2015/03/21/news/l-angelo-di-rio-tera-barba-frutariol-ormai-e-scomparso-1.11094242>.

potenziale diminuzione del turismo.⁴

Al momento la legislazione italiana non definisce dei livelli di soglia specifici per gli effetti dell'inquinamento atmosferico sui beni culturali. Tuttavia l'Italia, in quanto custode di un importante patrimonio culturale, dovrebbe impegnarsi a ridurre notevolmente le emissioni di

sostanze inquinanti.⁵ A tal proposito, come indicato dai documenti europei per lo sviluppo sostenibile, per i prossimi anni ci si pone l'obiettivo di definire i valori limite degli inquinanti atmosferici in modo da consentire la formulazione di specifiche direttive per una tutela efficace (Bernardi, Morselli 2002, 11).

Bibliografia

- Bernardi, E.; Morselli, L. (2002). «L'interazione inquinanti/beni culturali». *RICHMAC Magazine*, 84, 11.
- Bonanni, P. et al (2006). *I risultati dello studio sperimentale APAT-ICR per la valutazione del danno dei beni storico-artistici esposti all'aperto*. Roma: APAT-ICR.
- Fassina, V. (1979). *L'inquinamento atmosferico e il degrado delle opere d'arte a Venezia*. Venezia: Associazione Civica Venezia Serenissima.
- Gaddi, R. (2021). *Gli effetti dell'inquinamento atmosferico e dei fattori climatici sul patrimonio culturale architettonico*. Roma: Ispra. <https://dgspatrimonioculturale.beniculturali.it/wp-content/uploads/2021/01/gli-effetti-dellinquinamento-atmosferico-e-dei-fattori-climatici-sul-patrimonio-culturale-architettonico-Elaborazione-dei-dati-di-Pericolosita-ambientale-Raffaella-Gaddi.pdf>.
- Gaddi, R. et al. (2017). *Inquinamento atmosferico e beni culturali: effetti sui materiali a Roma*. Rapporti 270. Roma: Ispra.

4 <https://romasitounesco.it/cambiamento-climatico-e-patrimonio-culturale/>.

5 https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/italiasicura/151contributo_itali.pdf.