

■ **Scelta dei prodotti.** I parametri più importanti da tenere in considerazione nella scelta dei prodotti chimici utilizzati nella disinfestazione sono:

Efficacia. Riguarda l'azione che il prodotto impiegato è in grado di esercitare contro i diversi tipi di biodeteriogeni e dovrebbe essere massima quando utilizzato al minimo dosaggio e di lunga durata.

Tossicità. La caratteristica tossicologica di un biocida deve essere valutata sia in funzione del rischio di esposizione cui sono sottoposti gli operatori e gli utenti, sia del rischio di inquinamento ambientale.

Non interferenza con il substrato. Riguarda la necessità che non vi siano interazioni di tipo chimico né di tipo fisico tra il prodotto utilizzato e i materiali da trattare. L'interferenza con il substrato può verificarsi per reattività con alcuni componenti del materiale oppure per effetti di natura percettiva come la colorazione, l'opacizzazione e l'aumento della brillantezza del materiale.

■ **I prodotti.** I biocidi usualmente utilizzati per l'eliminazione degli organismi vegetali derivano principalmente dal settore medico (disinfettanti, insetticidi) e dal settore agrario (battericidi, fungicidi, erbicidi).

Fluosilicati. Solitamente sali di zinco e magnesio, liberano silice e sono impiegati per l'eliminazione di funghi, batteri e attinomiceti (microorganismi a metà strada fra i batteri e i funghi).

Metalli pesanti e i loro sali. Hanno una buona efficacia, ma presentano diverse controindicazioni, come l'elevata tossicità e la forte interferenza potenziale con i materiali trattati (per esempio i derivati del rame possono colorare il substrato).

Biocidi anionici. Sono i borati e i fenati. Hanno anch'essi una buona efficacia, ma possono formare sali solubili dannosi ai manufatti trattati.

Biocidi cationici. I più impiegati sono i sali di ammonio quaternario, molto usati per trattamenti contro i cianobatteri, le microalghe verdi, i funghi e i

licheni. Poco costosi, hanno tossicità relativamente bassa, ma non hanno un effetto di lunga durata. Nell'eliminazione dei licheni, in particolare, i sali d'ammonio quaternario danno risultati soddisfacenti se sono miscelati con altri biocidi.

Sostanze ossidanti. Sono l'acqua ossigenata e il permanganato di potassio che liberano ossigeno nascente o altri composti attivi in grado di uccidere gli organismi infestanti. Possono causare cambiamenti di colore; per esempio sulla pietra, dopo l'applicazione dell'acqua ossigenata, si nota un notevole effetto di sbiancamento. L'acqua ossigenata, inoltre, è un catalizzatore della trasformazione di anidride solforosa in acido solforico, con effetto dannoso per le superfici intonacate, poiché trasforma il carbonato di calcio in solfato di calcio, ossia in gesso.

Fenoli. Anche i trattamenti attuati con i fenoli possono dare origine a macchie rosse o brune su pietre leggermente colorate, dovute alla loro reazione con il ferro eventualmente presente nella pietra.

Acidi. Sono l'acido cloridrico e l'acido solforico che necrotizzano le cellule con cui vengono in contatto (quindi uccidono i micro e macro organismi che s'intende eliminare); possono però essere corrosivi verso le eventuali componenti carbonatiche e silicee dei manufatti.

Alcali o basi. Agiscono sulle sostanze organiche disgregandone le cellule e saponificando i grassi. La potassa caustica, la soda caustica e l'idrato di calce (o latte di calce), trovano in particolare impiego soprattutto per la disinfezione di pavimenti lapidei.

Alcoli. Esplicano sulle strutture biologiche un'azione di disidratazione che dipende dalla concentrazione in solvente acquoso. Questi prodotti hanno anche una spiccata azione disinfettante.



8, 9. Esempio di superfici intonacate interessate da licheni fogliosi.



10. Esempio di incrostazione biologica presente su una superficie intonacata.

3 Conservazione

Disinfestazione e disinfezione

Disinfestazione con prodotti biocidi



1. Esempio di pianta superiore (parietaria) insediata nelle discontinuità di una muratura in pietra in parte intonacata.

Settori operativi
Interventi di pulitura preliminare su superfici interessate da infestazioni dovute ad agenti biodeteriogeni, prima di procedere a operazioni di consolidamento, integrazione e pulitura.

La tecnica è adatta al trattamento di manufatti su cui si sono insediate piante superiori o patine biologiche costituite da funghi, batteri, licheni, muschi e alghe, penetrando a volte negli interstizi di eventuali fratture e zone di decoesione, o nelle zone di distacco di intonaci e pellicole pittoriche. La disinfestazione eseguita con prodotti ad azione biocida è un **trattamento a base di sostanze chimiche** teso a eliminare organismi dannosi (piante e animali) senza interferire chimicamente o meccanicamente con la superficie e il materiale che costituisce il manufatto. In generale, le sostanze chimiche utilizzate sono sia prodotti di **sintesi** («biocidi») sia prodotti d'origine **biologica** («antibiotici»). I **biocidi** eliminano gli organismi agendo per contatto, bloccando, per esempio nei vegetali, la fotosintesi, o per assimilazione, e hanno ciascuno uno specifico spettro

Carla Arcolao
Facoltà
di Architettura
di Genova,
Dsa Dipartimento
di Scienze per
l'Architettura

d'azione, più o meno ampio, secondo il tipo di principio attivo utilizzato. Gli **antibiotici**, invece, agiscono specificatamente su un singolo e particolare gruppo di organismi (funghi, batteri e attinomiceti). È pertanto indispensabile conoscere le caratteristiche dell'organismo bersaglio, per scegliere il prodotto più idoneo alla sua eliminazione.

Scopi e finalità

Il problema della rimozione degli organismi biologici (vegetali e animali) interessa molti manufatti architettonici all'aperto o in abbandono, soprattutto in climi caldi e umidi e in condizioni ambientali e climatiche favorevoli all'attecchimento e alla crescita dei diversi organismi. Occorre anzitutto **valutare il tipo di infestazione biologica** che ha colpito il manufatto e il grado effettivo di pericolosità per la sua conservazione.

Piante superiori. Svolgono un'azione distruttiva principalmente attraverso la **pressione** esercitata all'interno supporto su cui hanno attecchito a causa dell'accrescimento del loro apparato radicale che può spingersi dentro le discontinuità e le macrofratture preesistenti (**immagine 1**), o crearne di nuove producendo notevoli danni meccanici, oltre a facilitare l'accesso dell'acqua all'interno della costruzione innescando ulteriori processi di degrado.

Vegetazione inferiore e i microrganismi. Hanno un'azione sia diretta (ricoprente, meccanica, corrosiva) che indiretta, in quanto creano l'ambiente adatto all'ulteriore impianto di altre specie come licheni, briofite (muschi ed epatiche) e tracheofite (piante) e di altri micro e macro organismi infestanti.

Fasi e modalità operative

■ **Fasi.** Le operazioni preliminari per qualsiasi tipo di intervento per l'eliminazione della vegetazione inferiore e superiore prevedono:

1. Identificazione degli agenti responsabili del degrado, attraverso prelievi di campioni da analizzare in laboratorio;

2. analisi delle cause dello sviluppo della vegetazione; in genere, fondamentali per la crescita di organismi indesiderati, sono i fattori ambientali come la luce, l'umidità, la temperatura e i prodotti di nutrizione;

3. conoscenza del substrato su cui si agisce, del suo **stato di conservazione** e del **tipo di interazione esistente tra microrganismi e substrato**, per valutare il tipo e l'entità del danno, e per scegliere, infine, il **prodotto biocida** più adatto oltre che il **metodo** con cui applicarlo per ottenere i migliori risultati. Vanno eseguite opportune prove di laboratorio o in situ, su porzioni del manufatto scelte per controllare gli effetti della sostanza biocida prescelta sul substrato (per esempio formazione di sali solubili, formazione di macchie o cambiamenti di colore).

4. In funzione del tipo di crescita biologica presente, può essere opportuna una preventiva **parziale rimozione** della biomassa, da eseguire con metodi meccanici (bisturi o mediante una leggera spazzolatura delle superfici).

Dopo l'applicazione dei prodotti biocidi può essere eseguita una **pulitura del substrato** mediante **lavaggio con acqua**, per rimuovere i residui delle colonizzazioni biologiche (funghi, alghe, licheni, ecc.) macroscopicamente ancora presenti, soprattutto quando c'è incompatibilità con protettivi e consolidanti per le fasi successive, quando si vuole evitare una possibile interferenza con i materiali del substrato o quando si siano utilizzati biocidi a rischio tossicologico non trascurabile.

■ **Modalità di applicazione.** Le procedure per applicare i prodotti biocidi sono diverse.

Irrorazione o trattamento a spruzzo. Il biocida va diluito in acqua (generalmente allo 0,1-1%) e la quantità di soluzione dipende dalla superficie complessiva da sottoporre a trattamento.

L'**irrorazione** può essere eseguita con particolari annaffiatoi, dotati di pompe manuali simili a quelli per disinfestare le vigne o più specifici nebulizzatori; il **trattamento a spruzzo** è da preferirsi per ampie superfici o per superfici dipinte in precarie condizioni di conservazione (**immagini 2-3-4-5**).

Quest'ultimo sistema, però, deve essere adottato con le dovute cautele, sia per gli operatori, che devono essere dotati di opportune maschere protettive con filtro, per evitare pericolose inalazioni e danni all'apparato respiratorio, sia quando si agisca su attacchi fungini in fase di sporificazione, perché le spore fungine possono essere facilmente diffuse nell'ambiente e determinare nuove colonizzazioni o danni alla salute.

Applicazione a pennello. Il biocida va diluito in acqua (generalmente allo 0,1-1%) e la quantità di soluzione dipende dalla superficie complessiva da sottoporre a trattamento. Il metodo a pennello (non

applicabile nel caso delle piante) ha il vantaggio di consentire una più profonda penetrazione dei biocidi nel substrato.

Iniezione. Quando si devono eliminare piante legnose di una certa dimensione, così inserite nel substrato da non poter essere estirpate meccanicamente (**immagine 6**) senza danni, si consiglia di procedere anzitutto al taglio del tronco, nella zona del colletto radicale, e di eseguire poi un trattamento chimico, con iniezioni di soluzioni biocide concentrate nella parte tagliata. Per facilitare la penetrazione del prodotto, si praticano alcuni fori con un trapano con punta da 10 mm al massimo, distribuiti a brevi intervalli su tutta la ceppaia. Il disseccamento dell'intera pianta avviene generalmente dopo 3/4 settimane dal trattamento. Questo procedimento ha il vantaggio di evitare la dispersione del prodotto biocida al di fuori dell'area trattata e una sua possibile interferenza indesiderata con il manufatto e con le sue componenti materiali e costruttive.

Impacco. Un altro trattamento, che limita la dispersione del prodotto nell'ambiente ed è efficace contro le piante lignificate e le incrostazioni (**immagine 7**), è il sistema cosiddetto «ad impacco». È utilizzato soprattutto per **incrementare i tempi di contatto** delle soluzioni biocidi e per sfruttare l'**azione ammorbidente** dell'acqua. È generalmente realizzato con polpa di carta o argilla, a cui sono aggiunte le soluzioni biocide.

Ricoperto con fogli di polietilene (o con pellicola di alluminio, cotone idrofilo, garza...) per evitare una evaporazione dell'acqua troppo rapida, viene lasciato in situ per un tempo variabile da uno a qualche giorno. In genere a distanza di 24 ore si procede alla **pulitura meccanica** ossia con spazzole morbide e a un **leggero lavaggio** delle superfici trattate, con acqua distillata.

Nel trattamento di materiali lapidei e di affreschi si sono ottenuti buoni risultati con l'impiego dell'Ab57,

sostanza composta da bicarbonato di sodio e ammonio, sospesa in polpa di carta, applicata con impacchi per 24 ore, seguiti da altri impacchi disinfettanti, costituiti da un sale di ammonio quaternario, diluito al 10% in acqua, sospeso in polpa di carta, per una durata di circa 4 ore. Il trattamento tuttavia può provocare un imbrunimento dei microrganismi, comunque eliminabile successivamente tamponando la superficie con compresse di cotone idrofilo imbevute in alcool etilico puro al 95° o con acqua ossigenata a 130 vol.

Dispersione di formulazioni granulari. Il trattamento prevede lo spargimento sulla zona infestata di sostanze biocide in granuli e può essere applicato solo su superfici orizzontali (per esempio le aree pavimentali e quelle di scavo). Consiste nell'impiego di formulazioni granulari che, una volta disperse sul terreno, per l'azione dilavante delle piogge, rilasciano lentamente i loro principi attivi.

Materiali, strumenti e requisiti generali

■ **Classificazione dei prodotti.** La classificazione di questi prodotti, detti «biocidi», varia in funzione delle loro stesse caratteristiche.

Natura chimica. Si distinguono in composti organici o inorganici.

Organismo bersaglio. Si hanno circa una ventina di tipi di prodotti. Per il controllo del biodeterioramento dei manufatti lapidei vengono considerati utilizzabili solo battericidi, fungicidi, alghicidi, lichenicidi, ed erbicidi, utili per combattere rispettivamente batteri, alghe, funghi, licheni (**immagine 8 - 9**) e piante superiori.

Modalità di azione. Si distinguono prodotti che interferiscono su specifici meccanismi di biosintesi e attività metaboliche.

Tipo di formulazione. Per esempio formulazioni liquide (soluzioni, aerosol, emulsioni, fumiganti) o formulazioni solide (polveri, cristalli, granuli...).



2. Il manufatto prima del trattamento. Sulla superficie erano presenti, muschi, licheni e patine. Delimitazione della superficie campione.



3. Applicazione del prodotto biocida (Ipoclorito di sodio) con spruzzatore manuale.



4. Risciacquo della superficie con acqua e rimozione della biomassa ormai necrotizzata con l'azione meccanica di uno spazzolino.



5. La superficie campione dopo il trattamento.



6. Un manufatto completamente avvolto dalla vegetazione.



7. Esempio di incrostazione biologica su superficie intonacata.