

L'applicazione può avvenire mediante:
Tecnica a pennello: distribuire il prodotto in modo uniforme evitando le sovrapposizioni durante le riprese; procedere dall'alto verso il basso; interrompere l'impregnazione quando il supporto è saturo.

Tecnica a spruzzo: procedere dall'alto verso il basso, interrompere l'impregnazione quando il supporto è saturo.

Protezione della superficie trattata. È consigliabile proteggere la superficie trattata per almeno 20-30 giorni per evitarne una possibile asportazione in caso di forti piogge e per permettere al materiale un completo assorbimento.

Ripetizione dell'operazione. Alcuni prodotti applicati su determinate superfici, richiedono la ripetizione del trattamento, questo può essere eseguito a distanza di qualche giorno dal primo trattamento.

Accorgimenti. Sono ancora poche le esperienze di applicazioni a lungo termine, tuttavia dalla ricerca condotta dal «*Centro per lo studio delle cause di degrado e metodi di protezione delle opere d'arte*» del Cnr di Firenze sui prodotti sono emerse le seguenti osservazioni.

Il *Fomblin*, è un prodotto dotato di ottima idrorepellenza, ma con instabilità dell'efficacia protettiva dovuta a due fattori: assenza di gruppi funzionali polari che favoriscono l'adesione al substrato ed elevata tensione al vapore (caratteristiche che favoriscono l'idrorepellenza).

Il *Fomblin Y Met*, una formulazione del *Fomblin* nata per permettere una facile

applicazione a spruzzo. È una miscela fluida a temperatura ambiente che una volta applicata non reagisce con i componenti del materiale lapideo. In alcuni casi il risultato è stato una buona idrorepellenza senza un'importante riduzione della permeabilità al vapore, in altri casi le buone caratteristiche venivano perse al primo contatto con l'acqua. Ciò sembra attribuibile al materiale e non al prodotto.

Il *Lumiflon*, è un prodotto impiegato nella produzione di vernici idrorepellenti. Ha una buona idrorepellenza e una lunga durata, ma non è reversibile.

Cautele e limiti

I prodotti hanno un elevato costo, data la complessità del processo di produzione. Inoltre un altro limite all'uso è costituito dalla pericolosità dell'impiego, per via della loro solubilità in solventi clorofluorati, tossici e infiammabili.

La natura del prodotto, liquido a bassa tensione superficiale, favorisce sì la penetrazione anche negli strati profondi della pietra, ma potrebbe condurre nel tempo a una perdita di protettivo negli strati trattati. Per ovviare a questo inconveniente sono stati sintetizzati alcuni perfluoropolietteri funzionalizzanti, che sono in grado di interagire con il supporto lapideo e rimanere ancorati.

Le foto sono state gentilmente concesse da Media Firenze, agenzia di comunicazione, impegnata nella tutela e valorizzazione del patrimonio storico-artistico di Firenze.

22 Conservazione

Protezioni

Impregnazione con perfluoropolietteri



Settori operativi
 Interventi di consolidamento e protezione su superfici, finalizzati ad aumentarne la resistenza chimica agli agenti atmosferici e agli inquinanti.

Il restauro a Firenze del Cortile dell'Ammannati (Cortile di Palazzo Pitti). La protezione superficiale con perfluoropolietteri mediante applicazione a pennello.



Fase finale di realizzazione della protezione superficiale a pennello con perfluoropolietteri ed un particolare dopo il restauro.

Campi di applicazione e finalità
Le tecniche di protezione vengono utilizzate nel restauro per difendere un elemento architettonico da agenti che lo aggrediscono. Questi possono essere di natura fisico-chimica come gli agenti atmosferici, di natura biologica come nel caso di organismi animali e vegetali, oppure di natura meccanica, per esempio l'usura.
 Le tecniche e i prodotti utilizzati, spesso prodotti di sintesi, fanno parte dei metodi passivi, ovvero

non agiscono direttamente sulle cause del degrado, ma si pongono come «barriera» contro gli agenti aggressori.

Le caratteristiche richieste a un protettivo sono le seguenti: la idrorepellenza, ossia impedire il passaggio dell'acqua all'interno del materiale, rendendolo impermeabile, e costituire così uno schermo contro gli inquinanti atmosferici; la permeabilità al vapore, ossia la traspirabilità che mantiene un

Maria Angela Fantoni,
 Facoltà di Architettura di Genova, Dsa Dipartimento di Scienze per l'Architettura

equilibrio interno tra materiale ed esterno; possibile il ritorno a situazioni precedenti, in particolare quando il protettivo abbia perduto la sua efficacia; stabilità alle radiazioni uv; stabilità agli agenti inquinanti; facile applicabilità.

Materiali trattabili. I perfluoropolietili possono essere utilizzati su qualunque materiale lapideo (mattoni, pietra, terracotte, cemento, gessi).

I vantaggi. In virtù delle caratteristiche chimiche, in quanto il legame fluoro-carbonio è molto stabile, creano con i pori della pietra una particolare azione protettiva e dove necessario anche un aggregante, senza andare a interferire sulle caratteristiche intrinseche del materiale.

Sono particolarmente insensibili all'ossidazione e a tutti i tipi di attacchi chimici, risolvendo così il problema dell'utilizzo delle resine sintetiche. Le resine sintetiche invece spesso sono soggette a un biodeterioramento, oltre ad alterare l'aspetto originale del materiale. **Sceita del protettivo.** A seconda della natura del supporto e del metodo di applicazione. È sconsigliata l'applicazione in pieno sole. **Finalità.** A lavoro terminato la pietra è impregnata di un film che ha la finalità di fare da «barriera» agli agenti aggressori.

Materiali, strumenti e requisiti generali Gli impieghi dei seguenti prodotti prevedono l'utilizzo di polimeri fluorati, solventi clorofluorati, pennelli, pennellessi, nebulizzatori, guanti, occhiali protettivi. **I perfluoropolietili.** Sono polimeri fluorati, ovvero composti nei quali l'idrogeno di una normale sostanza organica è stato sostituito da atomi di fluoro. Questo determina una notevole stabilizzazione del materiale polimerico verso le sollecitazioni termiche, meccaniche e chimico-ossidative. Vengono utilizzati quando la pietra si presenta in uno stato avanzato di disfacimento, in quanto in primo luogo sono consolidanti e solo in seconda battuta sono protettivi. La quantità di prodotto impiegata dovrà variare a seconda della porosità del materiale lapideo. Per esempio un marmo di Carrara può richiedere 50g/m², mentre per un arenaria di media porosità possono essere necessari 80g/m².

Caratteristiche. Sono oli incolori e trasparenti, utilizzati allo stato liquido. L'azione idrorepellente è esercitata da un film liquido che offre il vantaggio di evitare tensionamenti interni nel caso dovesse aver luogo una cristallizzazione dietro la pellicola protettiva. Altro aspetto caratteristico è la facile reversibilità (per alcuni prodotti), dovuta alla solubilità in solventi organici. A queste qualità si uniscono la traspirabilità, la trasparenza alle radiazioni luminose



Dopo il preconsolidamento, e la rimozione dei depositi di polvere e delle piccole scaglie decese con pennelli e spazzole in setola morbida e con aspiratori, si è proceduto alla pittura della superficie con acqua nebulizzata a bassa pressione.



nell'intera gamma della luce solare, l'idrorepellenza. Tra i prodotti in commercio troviamo: *Fomblin Y Met* (una formulazione dello stesso *Fomblin*, ma che permette una facile applicazione a spruzzo), *Lumfflon* (buona idrorepellenza e lunga durata, ma non reversibile), *Procem F1* (prodotto con base ad acqua).

Azione esercitata. Il fluido, penetrando all'interno della pietra per capillarità, ne riveste le pareti impedendo la penetrazione dell'acqua e delle soluzioni aggressive. **Svantaggi.** Hanno un alto costo e sono solubili in solventi clorofluorati. **Cautela.** I perfluoropolietili sono oli spesso incolori e trasparenti, che possono essere tossici e pericolosi specialmente ad alte temperature. Si deve prevedere l'utilizzo di occhiali e guanti nell'utilizzo di queste sostanze. È necessario inoltre attenersi a tutte le misure di sicurezza in fase di stoccaggio, utilizzo e smaltimento previste dal fornitore per il relativo prodotto.

Norme di sicurezza. Poiché i prodotti utilizzati possono essere tossici, tutte le operazioni devono essere effettuate nel rispetto di tutte le direttive e norme di sicurezza. **Analisi preliminari.** È importante stabilire preliminarmente la porosità del materiale lapideo. La porosità andrà a variare il



quantitativo di prodotto da utilizzare (maggiore la porosità e maggiore sarà il quantitativo). **Sceita del protettivo.** La scelta del prodotto è subordinata alle condizioni termiche e igrometriche, oltre ai tempi di applicazione, e alla tecnica di applicazione. I tempi di applicazione sono legati al tipo di solvente e alla sua volatilità. Il solvente da utilizzare dipende dal prodotto scelto, è necessario attenersi alle istruzioni fornite dalla ditta produttrice. **Compartimentazione area di intervento.** Prima di iniziare il trattamento occorre delimitare la zona di intervento con teli o pannelli di protezione per proteggere le aree circostanti. **Preparazione delle superfici e degli strumenti operativi.** Per garantire un buon risultato è bene usare alcuni accorgimenti: le superfici da trattare devono essere pulite, asciutte, prive di polvere o incrostazioni saline, materiale organico e trattamenti di finiture o protezione. Nel caso in cui si utilizzzi la tecnica a pennello controllare che i pennelli siano ben puliti e che il prodotto non sia inquinato da residui presenti sul pennello e dovuti a lavorazioni su superfici limitrofe. Nel caso in cui si utilizzzi la tecnica a spruzzo controllare che l'erogatore produca un getto molto nebulizzato. **Applicazione del protettivo.** Il prodotto si presenta liquido, e deve essere applicato in modo da penetrare nel materiale.



Il consolidamento della pietra è avvenuto tramite iniezioni con resina epossidica e in alcuni casi, per le parti distaccate di maggiori dimensioni, si è effettuato l'inserimento di alcuni perni in vetroresina per raggiungere una maggiore sicurezza di tenuta.