

La vulnerabilità e durabilità delle pietre, con particolare riferimento al caso dei templi di Paestum

1. INTRODUZIONE

La pietra è stata spesso assunta nella letteratura come simbolo di solidità e durezza ma in realtà si tratta di un simbolo poco appropriato. Dal punto di vista meccanico infatti una pietra può essere considerata forte solo se è sollecitata a compressione mentre mostra un comportamento poco affidabile se sollecitata a trazione; dal punto di vista chimico poi, la maggior parte delle pietre è sicuramente durevole solo se non si trova a diretto contatto con l'atmosfera.

Le strutture dei monumenti antichi hanno subito spesso nel corso della loro storia, e continuano a subire, dei tensionamenti a trazione dovuti a movimenti imposti dall'ambiente (sbalzi termici, sismicità, subsidenza) o a particolari fenomeni insorgenti all'interno della pietra stessa se essa è porosa (gelo, cristallizzazione di sali); inoltre le pietre dei monumenti sono state, quasi sempre, lungamente a contatto con l'aria e con l'acqua di pioggia.

È quindi naturale aspettarsi un deterioramento nelle pietre esposte all'ambiente esterno da molti secoli; l'esperienza insegna però che il livello di degrado raggiunto può essere molto variabile, non solo in funzione del tipo di pietra ma anche, per lo stesso materiale, in esposizioni diverse e perfino da punto a punto nella stessa struttura. Per determinati materiali e in determinate condizioni la velocità di degrado può essere anche molto bassa e un ottimo esempio di questa possibilità è costituito proprio dai templi di Paestum.

Si potrebbero considerare quindi le alterazioni veloci come casi patologici da studiare per curarli, cioè per riportare la velocità di degrado ai valori molto bassi che dobbiamo considerare possibili.

Si potrebbe però anche pensare che i casi di mancato degrado siano delle anomalie, dovute ad un eccezionale concorso di circostanze, mentre

un'alterazione abbastanza rapida rappresenterebbe il normale corso delle cose. In questo caso è importante studiare a fondo i casi di buona conservazione (un altro esempio, oltre a Paestum, sono le superfici della Colonna Traiana, sotto i cosiddetti « scialbi ») per cercare di chiarire le circostanze eccezionali che l'hanno determinata; e questo sia nella speranza di poter riprodurre il concorso di circostanze su altre pietre bisognose di protezione che nel timore che la favorevole combinazione di eventi sia un fatto del passato, oggi modificato da nuovi fattori che potrebbero portare ad un'alterazione rapida delle superfici che si sono conservate bene finora.

2. FATTORI AMBIENTALI DI DEGRADO

Lo studio dei processi di deterioramento delle pietre è difficile perchè essi includono eventi di varia natura (meccanici, fisici, chimici, biologici) che possono sì essere studiati uno alla volta per costruire dei modelli interpretativi abbastanza semplici, ma che nei reali casi di degrado interferiscono continuamente tra loro determinando meccanismi complessi di difficile verifica sperimentale.

2.1. *Deterioramento meccanico*

Il deterioramento meccanico è legato alla fragilità della pietra, materiale duro ma incapace di deformazione plastica. La resistenza a trazione è sempre bassa, e per lo più inaffidabile, con grosse variazioni da punto a punto; questa variabilità è dovuta alla concentrazione delle tensioni che si verifica all'apice di qualsiasi microfrattura superficiale. Bisogna notare che le micro-fratture sono molto sulle superfici delle pietre perchè possono essere provocate da certi metodi di lavorazione (scalpellatura, bocciardatura ecc.) o di pulitura (ad esempio sabbiatura).

Alcune pietre subiscono anche una microfratturazione interna sotto carichi a compressione non sufficienti a determinare la completa rottura; ciò determina una deformazione permanente, che sarebbe sbagliato definire plastica, a partire da valori del carico di poco superiori al 50 % del carico ultimo a compressione.

Le microfratture non solo indeboliscono la resistenza meccanica del materiale ma aprono anche vie d'accesso all'acqua, incoraggiando i fenomeni fisici e chimici di deterioramento e quindi provocando una generale accelerazione di tutti i meccanismi di degrado.

2.2. *Deterioramento fisico*

Il deterioramento fisico è legato alla penetrazione dell'acqua in pori e fratture, risucchiata dalla forza di capillarità. L'acqua può provenire



Fig. 1. Colonne del lato nord del tempio di Cerere che mostrano l'alterazione superficiale grigia (dovuta alle alghe) e bianca (dovuta a licheni endolitici) tipica di molte superfici dei templi di Paestum.

dall'atmosfera (pioggia battente o scorrente, rugiada) o dall'interno della struttura (risalita capillare nei muri, penetrazione di pioggia, perdite da sistemi idraulici nel caso di fabbricati abitati).

Gli eventi che possono condurre ad un tensionamento interno del materiale sono il gelo, con formazione di cristalli di ghiaccio, o l'evaporazione dell'acqua, o formazione di cristalli di sali solubili. La crescita di qualunque tipo di cristallo all'interno di un sistema di pori o fratture provoca infatti tensioni quando lo spazio a disposizione per la crescita dei cristalli (costituito dai pori grandi) è piccolo mentre la riserva di acqua contenuta nella pietra (prevalentemente accumulata nei pori piccoli) è grande; tendono quindi ad alterarsi per questo tipo di processo le pietre che contengono pochi pori grandi e molti pori piccoli (e hanno resistenza meccanica relativamente bassa).

2.3. Deterioramento chimico

Il deterioramento chimico è provocato dagli acidi contenuti nell'acqua atmosferica (pioggia o rugiada) che sono capaci di disciogliere o di trasformare chimicamente i componenti della pietra, o parte di essi.

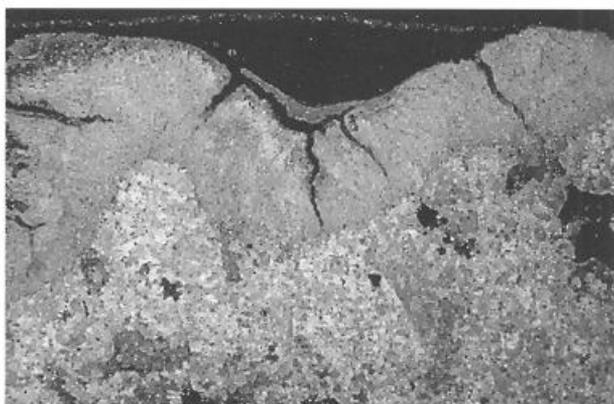


Fig. 2. Sezione attraverso un lichene bianco incrostante insediato sul travertino di una colonna del tempio di Cerere. Osservazione a luce polarizzata, nicol incrociati. Il corpo del lichene contiene molto ossalato di calcio (cristalli piccolissimi e luminosi) mentre la superficie della pietra è composta di grossi cristalli di carbonato di calcio (calcite).

L'acido carbonico, presente in tutte le atmosfere, provoca alterazioni relativamente lente nelle pietre calcaree (marmo, calcare, travertino) sciogliendo il carbonato di calcio che poi riprecipita là dove l'acqua evapora. L'acido solforico, presente nelle atmosfere inquinate da anidride solforosa, agisce più rapidamente e trasforma i carbonati in solfato di calcio (gesso) che riprecipita a distanza più o meno breve dal punto di dissoluzione. Gli ossidi di azoto, prodotti da scintille elettriche e fiamme libere, possono catalizzare la formazione di acido solforico e determinare un'accelerazione del degrado chimico pur senza causarlo direttamente.

Alcuni minerali contenuti delle pietre silicatiche (soprattutto nelle arenarie) sono sensibili anch'essi all'attacco chimico; essi perdono solo alcuni componenti (come gli ossidi di calcio e magnesio) disciolti dall'acqua leggermente acida mentre lo scheletro di silice/allumina sopravvive, un processo descritto efficacemente dal termine inglese « leaching »; la frazione residua risulta però meccanicamente indebolita.

Anche le pietre silicatiche sono quindi soggette ad alterazione chimica, però attraverso reazioni più complesse di quelle dei carbonati.

Comunque la pericolosità dell'attacco chimico aumenta grandemente se l'acqua può penetrare all'interno del materiale; questa possibilità può essere offerta sia dalla porosità originaria della pietra che dalle microfrazture derivanti dai tensionamenti meccanici subiti in passato (« memoria della pietra »: importanza della storia precedente del materiale nel determinare la velocità di deterioramento).

Se l'attacco è determinato da acqua di pioggia esso causa un'erosione superficiale, asportando una quantità di materia che dipende sia dalla quantità e acidità dell'acqua che dalle condizioni di porosità e microfratturazione del materiale; in atmosfere umide e molto inquinate si può arrivare a velocità di erosione del marmo, o del travertino, di diversi millimetri per secolo.

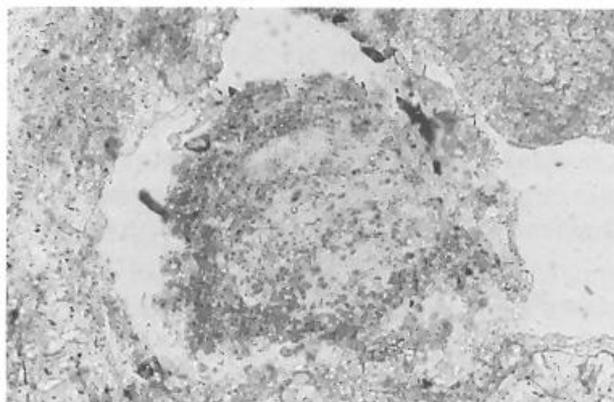


Fig. 3. Osservazione in sezione di un lichene che si è addentrato nel travertino di una colonna del tempio di Cerere.

Se l'attacco chimico è causato da acqua di condensazione (cioè da rugiada) i suoi effetti sono evidenti soprattutto sulle superfici protette contro l'azione diretta dell'acqua di pioggia; infatti l'acqua di condensazione contiene, oltre agli acidi atmosferici, anche le particelle sospese nell'atmosfera (fumo, polvere ecc.). Come risultato della deposizione di rugiade si accumulano quindi sulle superficie riparate degli strati di materiale grigio/nero nel quale le particelle di fumo e polvere sono progressivamente cementate dai prodotti dell'attacco acido, cioè carbonato di calcio (nelle atmosfere poco inquinate) o solfato di calcio (nelle atmosfere molto inquinate). Questi strati sono chiamati di solito « croste nere ».

Se i liquidi di condensazione riescono a penetrare all'interno della pietra attraverso pori o microfratture, dietro alle croste superficiali si formano delle plaghe di materiale indebolito e si può giungere al collasso di tutta la crosta superficiale con grave danno per la pietra che perde così tutta la superficie originale fino a profondità di diversi millimetri.

L'attacco chimico in atmosfera inquinata porta quindi ad un netto contrasto ottico tra le parti esposte alla pioggia, erose ed in genere sbiancate da un effetto di dispersione della luce (descritto dal termine inglese « scattering »), e quelle riparate che diventano progressivamente nere. In atmosfere poco inquinate il contrasto è molto minore per la minore erosione e per il colore più chiaro della polvere sospesa nell'aria, ma esisterà sempre una differenza di aspetto tra le aree battute dalla pioggia e quelle protette.

2.4. Deterioramento biologico

Il deterioramento biologico può essere dovuto a piante superiori o microorganismi. Nel caso delle *piante* superiori il deterioramento da esse indotto è di tipo meccanico, causato dalle radici, ed è fortemente dipendente dal tipo di pianta.

L'*attacco microbiologico* è più frequentemente dovuto ad alghe o licheni ; era stata avanzata in un recente passato l'ipotesi che batteri capaci di sintetizzare acido solforico o acido nitrico fossero una causa frequente di degrado delle pietre, ma alla luce dei risultati complessivi delle indagini di questi ultimi anni questa ipotesi sembra confinata, come possibile spiegazione del degrado, a pochi casi di alterazioni solfatiche che si presentano in ambiente non inquinato da anidride solforosa.

L'effetto degradante di alghe e licheni è chiaramente visibile sulle superfici sottoposte al loro attacco ; nelle rovine i colori sviluppati dalle colonie di microorganismi sono considerati spesso come un abbellimento, una patina che dà una testimonianza viva del trascorrere del tempo. Questa patina è però quasi sempre distruttiva per la superficie della pietra ed è quindi esiziale per sculture e rilievi o per superfici dipinte.

Le *alghe*, sia blu che verdi, sono in genere l'organismo vivente che per primo colonizza le superfici minerale ; esse formano strati nerastri sulle superfici di pietre ed intonaci, sotto ai quali le colonie verdi o bluastre di microorganismi si sviluppano fino a uno-due millimetri di profondità. Studi recenti fanno sospettare un loro contributo importante al degrado delle maioliche esposte all'esterno nelle quali esse si sviluppano sotto lo smalto, sulla superficie del corpo ceramico.

I *licheni*, formati da una simbiosi tra funghi ed alghe, seguono spesso queste ultime nella colonizzazione delle superfici ; il loro sviluppo è assai più lento ma la loro capacità di penetrazione nella pietra è maggiore.

Lo sviluppo microbiologico di alghe e licheni richiede una temperatura favorevole, un'umidità almeno a tratti abbondante e un apporto di energia fornito dalla luce ; esso è quindi particolarmente importante nei climi umidi e abbastanza caldi. Generalizzato all'esterno, esso è però limitato negli interni per la frequente scarsità di luce e umidità. Un'influenza favorevole sull'attacco microbiologico hanno anche quasi certamente i fenomeni meccanici e fisici di degrado che creano fratture facilitando l'insediamento delle spore sulle superfici e aiutando a trattenere l'umidità necessaria per lo sviluppo delle colonie.

La presenza di alcuni inquinanti atmosferici, come l'anidride solforosa, sembra invece inibire completamente lo sviluppo dei licheni e anche limitare quello delle alghe.

3. LE PIETRE DEL TEMPIO DI CERERE A PAESTUM

3.1. Travertino

Il basamento, le colonne, i capitelli, la trabeazione, i timpani e i muri della cella sono stati tutti realizzati in un travertino locale, una pietra

calcarea dalle caratteristiche piuttosto singolari che ha dimostrato una grande resistenza all'azione distruttiva dell'ambiente.

Queste pietre infatti si trovano in una condizione ragionevolmente buona, mostrando erosioni superficiali e attacchi biologici ma non decoesione in profondità anche se, dopo la distruzione della chiesa cristiana (in epoca imprecisata, ma probabilmente prima del mille), sono rimaste a lungo senza la protezione di un tetto.

Caratteristico del travertino di Paestum è il grande numero di buchi che talvolta attraversano la pietra per una lunghezza notevole; essi sono originati dal materiale organico rimasto intrappolato nel sedimento calcareo e poi sparito.

Un'altra caratteristica importante, meno evidente, è l'estrema compattezza e rigidità delle parti piene. I materiali di migliore qualità presentano un numero relativamente basso di buchi (porosità intorno al 13 %) e proprietà meccaniche relativamente elevate (ad esempio 580 Kg/cm² a compressione e circa 50 Kg/cm² a trazione, misurati in un pezzo di geison del Tempio di Cerere); essi sono stati impiegati per gli elementi architettonici di maggior rilievo estetico o sottoposti a sollecitazioni più pericolose (come le architravi).

Il materiale usato per il basamento e gli scalini è invece di qualità inferiore, con porosità più grandi (oltre 20 %) e resistenza a compressione minore (circa 300 Kg/cm²); il modulo elastico è però sempre alto, anche nel caso del materiale con molti buchi (380.000 Kg/cm²) e la rottura del materiale è assolutamente fragile, quasi senza una precedente deformazione permanente.

Quest'ultima caratteristica mostra che il travertino non subisce microfratturazioni anche sotto sollecitazioni notevoli, esso cioè o si spezza, su scala macroscopica, o resta compatto. Considerando la grande importanza delle microfratturazioni nei processi fisici e chimici di degrado, si può asserire che queste speciali proprietà meccaniche sono probabilmente una delle cause principali della grande resistenza ambientale di questa pietra. Un altro fattore che deve aver contribuito alla conservazione del travertino è la finitura superficiale che gli era stata applicata in origine; si tratta di uno strato di qualche millimetro di spessore, bianco, oggi composto esclusivamente da carbonato di calcio ed estremamente duro e aderente alla pietra. Questo stuccino superficiale è sopravvissuto solo su superfici molto riparate, ad esempio su alcuni capitelli, sulla sommità di alcune colonne e sotto diverse architravi; oggi è quasi ovunque ricoperto da un sottile strato giallastro ricco in ossalato di calcio. Prima di sparire esso deve però aver esercitato un'azione protettiva importante anche sulle superfici esposte (protezione di sacrificio).

Su questa finitura superficiale si sono trovate esigue tracce di una policromia: pigmenti blu e rosso, oltre a cristalli verdi di un prodotto di

corrosione del rame (ma potrebbe trattarsi anche di un pigmento), per lo più nascoste sotto incrostazioni provocate da scolature d'acqua.

L'assenza di incrostazioni nere ricche in gesso indica che fino agli ultimi anni l'atmosfera della zona è rimasta non inquinata. L'attacco da acido carbonico ha provocato una leggera erosione delle superfici esposte e la formazione di incrostazioni lungo le scolature di acqua di pioggia; questa spesso viaggia per linee interne valendosi dei lunghi buchi del travertino che sono orientati verticalmente nei fusti delle colonne.

Le rugiade contenenti acido carbonico, piuttosto che causare corrosioni, sembrano aver determinato una innumerevole serie di ricristallizzazioni del carbonato di calcio superficiale portando in definitiva all'indurimento dei resti dello stucchino originario sulle superfici riparate dalla pioggia.

Pure di scarsa entità sono i fenomeni di degrado di tipo fisico dato che il clima locale rende poco probabile il gelo dopo periodi di pioggia, mentre le analisi non hanno mostrato la presenza di quantità significative di sali solubili. In ogni caso la scarsa tendenza della pietra alla microfratturazione la rende poco suscettibile ad un attacco da cristallizzazione di sali ed alla conseguente erosione di tipo eolico; questo tipo di degrado è invece importante nelle calcareniti dei templi greci conservati in altre località dell'Italia meridionale (per esempio ad Agrigento).

Il degrado meccanico è quindi essenzialmente macroscopico e dipende da forti sollecitazioni a trazione o flessione che il tempio ha subito nella sua storia. La frattura di molte architravi dovrebbe dipendere da forti carichi o movimenti sismici, o termici, della struttura; un incendio di materiale accumulato sul pavimento (tetto crollato?) potrebbe essere responsabile della frammentazione superficiale di molti rocchi basali delle colonne.

Oltre a questi violenti avvenimenti di natura termica e meccanica, le pietre del tempio sembrano aver subito nei secoli essenzialmente un attacco di tipo biologico che è tuttora in corso ma che ovviamente procede con grande lentezza.

Un esame preliminare della flora lichenica, ancora insufficientemente studiata, indica uno sviluppo abbastanza intenso sul basamento e sul sommo degli architravi, nonché su tutti i pezzi crollati e conservati sul suolo circostante. A stretta vicinanza col suolo è anche importante lo sviluppo del muschio. Minore è lo sviluppo di licheni sulle superfici delle colonne, praticamente nullo sulle superfici riparate che conservano ancora lo stucchino bianco coperto spesso dal film giallastro ricco in ossalati.

I licheni che crescono sui fusti delle colonne, sebbene poco numerosi e limitati a certe aree, hanno però una grande importanza per l'effetto estetico che producono, modificando completamente la colorazione giallorosata della pietra ammirata dai visitatori di Paestum sin dal secolo XVIII.

Nei primi saggi sono stati identificati sulle colonne un lichene incrostante («*Dirina Massiliensis*») e un lichene endolitico (del tipo «*Verrucaria*»). Il primo è molto visibile, dato che forma caratteristiche chiazze bianche rotondeggianti, ma non eccessivamente pericoloso; esso tende a consumare leggermente le superfici, perforandole in alcuni punti con i suoi elementi rizoidi.

Dopo l'eliminazione del lichene bianco incrostante, che è tutto sommato relativamente facile, si ritrova una superficie abbastanza liscia e rosata, anche se perforata in alcuni punti.

Le pietre però sono spesso affette dal lichene endolitico che pone un problema assai più difficile perchè, quasi invisibile dall'esterno, si addentra per alcuni millimetri nella pietra, rilavorandola chimicamente; a quanto pare esso forma in definitiva uno strato di carbonato di calcio che però appare più morbido di quello della pietra originaria e di colore diverso, perché è decisamente bianco (forse per uno «scattering» causato dalla cristallizzazione molto più minuta) e non mostra più la colorazione rosata caratteristica delle colonne ben conservate di questi templi.

Questi licheni meritano però studio più approfondito; una prima verifica della flora superficiale del tempio di Cerere, e dei suoi effetti, è infatti prevista per l'estate 1989.

Anche rilevante dal punto di vista estetico è l'attacco delle alghe verdi che riguarda i fusti di molte colonne del Tempio di Cerere non ancora raggiunte dai licheni; le zone infestate appaiono grigie, ma il colore verde che si manifesta durante la pulitura dimostra che si tratta di alghe pienamente vitali. Le alghe non sembrano determinare un cambiamento permanente del colore della pietra dato che nell'esperimento di pulitura di una colonna nell'estate 1988 è stata recuperata una superficie rosata dopo l'eliminazione delle alghe; occorre però ricordare che la colonizzazione da parte delle alghe può essere il primo passo verso l'installazione dei licheni e una possibile trasformazione più profonda della superficie lapidea.

3.2. *Arenaria*

Un secondo tipo di pietra è stato però anche impiegato nella costruzione di alcune parti del Tempio di Cerere; si tratta di un'arenaria, pure locale, che è stata usata per i pezzi che richiedevano una lavorazione superficiale più complessa (metope, triglifi, cornici a ovoli, fiori al centro dei cassettoni dei cornicioni). Anche questa pietra era sicuramente rifinita con uno stucco superficiale, ma di questo ben poche vestigia sono rimaste dato il deterioramento molto più forte che questo materiale ha subito.

Il comportamento di questa arenaria di fronte all'ambiente è del tutto diverso da quello del travertino data la prevalenza di processi di degrado

meccanico-fisico-chimico e la quasi totale assenza di colonizzazione microbiologica delle superfici.

Concorrono a questa diversa prestazione sia il differente tipo mineralogico (Quarzo, Feldspato e Mica) che la diversa dimensione dei pori, con prevalenza di una porosità microscopica e l'assenza di grandi buchi.

Le prove meccaniche mostrano una pietra sostanzialmente di ottima qualità, con resistenza a compressione di poco inferiore a quella del miglior travertino; il modulo elastico è però decisamente più basso e, molto prima della rottura, compare una evidente deformazione permanente che denuncia la formazione di microfratture.

La penetrazione di acqua in micropori e microfratture causa trasformazioni chimiche, ad esempio dei feldspati e delle miche in argille, e tensionamenti da cristallizzazione; il risultato è lo sfaldamento progressivo della superficie, accelerato dall'azione del vento che fa avvenire ad una leggera profondità il processo di evaporazione dell'acqua e della cristallizzazione dei materiali in essa disciolti.

La pietra arenaria quindi si sfalda progressivamente secondo linee di frattura parallele alla superficie, fenomeno questo che è chiaramente visibile nelle sezioni petrografiche e che forse non permette che avvenga il lento sviluppo dei licheni sulle superfici.

Nelle parti più danneggiate l'arenaria ha perso uno spessore di alcuni centimetri arrivando a suscitare preoccupazioni statiche là dove essa sostiene la parte superiore dei frontoni.

4. IL PROBLEMA CONSERVATIVO DELLE PIETRE DEL TEMPIO DI CERERE

4.1. *Trattamento della pietra arenaria*

Tra i due materiali di cui è costituito il tempio è quindi l'arenaria che presenta la massima vulnerabilità e richiede provvedimenti conservativi con una certa urgenza. Fortunatamente il numero delle pietre in questione non è grande e la tecnologia attuale mette a disposizione dei metodi di intervento abbastanza affidabili, anche se occorre sottolineare che non ci si può aspettare di ottenere un totale arresto del degrado per un tempo indefinito; tutti i metodi di conservazione dei materiali esposti all'esterno permettono soltanto un rallentamento dei processi di deterioramento, spesso sostanziale ma temporaneo, mentre la protezione a lunga scadenza deve essere affidata ad un sistema di ispezione e manutenzione, cioè ad una periodica ripetizione dei trattamenti conservativi.

Il trattamento previsto, che è stato in buona parte già sperimentato sulle arenarie del tempio nell'estate 1989, include i seguenti passi:

1. sigillatura con uno stucco adatto di tutte le fratture visibili sulla superficie ;
2. iniezioni nelle fratture profonde di miscele idrauliche (fratture grandi) o silani (fratture sottili) ;
3. consolidamento chimico a base di silicato di etile, da applicare solo dove la pietra difetta di coesione ;
4. applicazione di un protettivo superficiale siliconico.

4.2. *Trattamento del travertino*

Il problema della conservazione delle superfici di travertino è meno urgente, per la lentezza con la quale si svolge lo sviluppo di alghe e licheni sulla superficie, ma assai più complesso.

È infatti possibile che, in assenza di un intervento, lo sviluppo microbiologico arrivi a modificare sostanzialmente il colore di parti estese delle superfici di pietra. Il Tempio di Cerere presenta oggi sulle colonne uno sviluppo di macchie grigie (dovute essenzialmente alle alghe) e macchie bianche (derivanti o dall'azione dei licheni endolitici o da incrostazioni provocate dallo scorrimento di acqua di pioggia sulle superfici o nei buchi) che ne altera già in modo consistente l'aspetto e lo differenzia dal Tempio di Nettuno in cui predomina la colorazione giallo-rosata (anche se su alcune colonne si notano, ad un esame ravvicinato, i primi sintomi della colorazione bianco-grigia).

Anche il terzo tempio, la cosiddetta Basilica, presenta su molte colonne questo aspetto a chiazze bianche e grigie che noi pensiamo sia legato all'alterazione biologica della pietra.

Dopo una conferma sperimentale di queste ipotesi, occorrerà affrontare il problema dell'eliminazione delle alghe e dei licheni superficiali (che come si è detto più sopra è abbastanza facile) e lo studio di un intervento volto ad arrestare l'azione dei licheni endolitici.

L'esperimento eseguito sulla colonna dell'angolo sud-est del tempio di Cerere nell'estate 1988 ha dimostrato che la pulitura con impacchi elimina abbastanza facilmente alghe e licheni incrostanti. Gli strati bianchi prodotti dai licheni endolitici o da incrostazioni calcaree non sono invece rimuovibili ; la loro formazione va quindi considerata come un fatto irreversibile che modifica stabilmente la superficie delle pietre.

Non è ancora chiaro quale possa essere il risultato dell'applicazione di agenti biocidi su queste superfici ; alcuni lichenologi ammoniscono che si potrebbe rischiare il collasso dello spessore di pietra (qualche millimetro) al disotto del quale il lichene sta lavorando. Questo spessore potrebbe però essere consolidato con silicato di etile o silani.

Sarebbe comunque desiderabile ridurre la quantità d'acqua che circola liberamente all'interno dei fusti delle colonne ; questo si può realizzare

stuccando i buchi da cui l'acqua di pioggia penetra all'interno. Il primo esperimento prova però che un'estesa stuccatura dei buchi determina un certo cambiamento dell'aspetto della colonna che non sappiamo se sarà giudicato accettabile.

Per limitare la penetrazione di acqua nel travertino sarebbe anche importante realizzare delle copertine sulla sommità degli architravi e dei capitelli, ma anche questa semplice misura pone problemi su scala architettonica.

Pure difficile si presenta la possibile applicazione sulla pietra di uno strato protettivo che per alcuni anni potrebbe limitare fortemente lo sviluppo di alghe e licheni.

Le prove di laboratorio eseguite nel 1988 indicano che la variazione cromatica provocata sul travertino da alcuni dei siliconi oggi più usati è forte, mentre il potere idrorepellente che essi possono esercitare è abbastanza limitato per la possibilità di penetrazione offerta all'acqua dai buchi.

Per il momento quindi il problema del trattamento conservativo del travertino resta aperto e non si è in grado di avanzare una proposta sostenuta da un numero sufficiente di dati. La specifica insufficienza di informazioni per il caso si ricollega per di più anche ad una generale mancanza di conoscenze sui modi e gli effetti dell'alterazione microbiologica delle pietre; non si può quindi pensare che in un tempo limitato, come quello permesso dallo svolgimento dell'attuale progetto generale di sistemazione e restauro dell'intera area di Paestum, si possano colmare lacune così importanti e giungere ad un progetto di intervento conservativo che non costituisca in qualche modo un azzardo.

Le superfici dei templi richiederebbero invece una sperimentazione paziente su aree limitate, condotta in parallelo ad una serie di esperimenti ed analisi di laboratorio, e protratta su tempi abbastanza lunghi che permettano una valutazione spassionata dei risultati; è abbastanza fortunato il fatto che in questo caso la velocità di degrado è tale da lasciare alla sperimentazione tutti i tempi necessari per un approfondimento.

Sembrirebbe quindi imperativo sfruttare questa occasione favorevole ed evitare soluzioni frettolose imposte dalla logica del grande cantiere; se ne avvantaggerebbero certamente le nostre conoscenze sulla conservazione delle pietre e anche le colonne di Paestum.

Prof. Giorgio TORRACA
Arcotech Studio Associato
Via Tor Millina, 35
I - 00187 ROMA