

Comune di Livorno

**Oggetto:** Manutenzione del gruppo scultoreo dei "Quattro Mori"

### **Stato di conservazione dei bronzi**

Le quattro sculture di bronzo presentano evidenti segni di degrado.

Il processo di solfatazione dovuto alle piogge acide, agli inquinanti e al degrado dei protettivi applicati nel corso del restauro e dell'ultima manutenzione (1997), disgrega la superficie della patina trasformando i prodotti di corrosione più stabili in sali solubili, che successivamente vengono dilavati dalle piogge. Questo processo "consuma" lentamente la patina già formata e altera la parte sottostante della lega tramutandola in sali caratterizzati da alti coefficienti di solubilità. Il risultato di questo tipo di degrado è che si stanno allargando le aree in cui la superficie viene erosa, caratterizzate da un colore verde-azzurro, alternate a zone non erose di colore verde-nero. Tra queste aree si innesca un processo elettrochimico che accelera il processo di solfatazione delle zone che già si stanno corrodendo. Il risultato, visibile anche ad occhio nudo sulle cosce dei due Mori rivolti ad ovest, è che queste aree stanno perdendo rapidamente spessore provocando la formazione di profonde aree corrose là dove esisteva la superficie originale.

Questi fenomeni di alterazione sono conosciuti e presenti sulla maggioranza dei monumenti bronzei esposti all'aperto, ma il contesto ambientale in cui i Quattro Mori sono collocati è sicuramente molto più aggressivo. Sono presenti infatti tutti i fattori responsabili del degrado in quantità elevata: il mare dista pochi metri e nelle giornate di libeccio l'aerosol marino bagna costantemente i bronzi, la strada che costeggia il monumento è vicinissima ed è percorsa da un numero impressionante di veicoli che producono anidridi sia dello zolfo che dell'azoto ritenute, insieme ai cloruri marini, le maggiori responsabili del degrado dei metalli. Per sintetizzare abbiamo in abbondanza gli elementi chimici più aggressivi in presenza di acqua proveniente dal mare o dovuta a condense, si viene di conseguenza a creare una sorta di cella di invecchiamento accelerato con i risultati ora ben visibili.

I protettivi da noi applicati nel restauro e nella manutenzione del 1997, pur essendo i più affidabili ancora oggi, non sono in grado di resistere più di cinque o sei anni in un ambiente mediamente aggressivo e quindi nelle condizioni cui sono soggetti i 4 Mori assai di meno, salvo che non si provveda ad una manutenzione programmata che preveda la rimozione dei depositi e dei sali con il rinnovo delle protezioni ogni 4 anni circa.

Le manutenzioni leggere ma costanti rappresentano un'economia sia dal punto di vista monetario che dal punto di vista della conservazione.

Le parti rivolte verso l'alto e fortemente dilavate dalle piogge non hanno ora più alcuna protezione (foto 1), mentre le zone in sottosquadro e protette dalla pioggia presentano zone in cui i protettivi sono ancora efficienti e zone in cui questi si stanno rapidamente degradando (foto 2, 3).

Nei due Mori rivolti verso il mare si notano inoltre molti crateri di cloruri, apparsi di recente e attivi (foto 4).

I quattro mascheroni con granchi e molluschi che sorreggono le catene e le catene stesse sono invece meglio conservati, grazie alla posizione parzialmente protetta dalla cornice marmorea e anche grazie al fatto che essi furono trattati per immersione, quindi in modo più efficace; non mancano però crateri di corrosione attiva (foto 5).



Giovanni e Lorenzo Morigi restauratori

Giovanni e Lorenzo Morigi Restauratori srl  
Via Barontini, 1 - 40138 Bologna  
Tel. e fax. 051 - 253641  
www.morigi.it info@morigi.it  
Reg. Impr. Bo. 03805670373  
rea 316580  
p.iva e c.f. 03805670373  
c.s. €. 20.000,00 Iv.

### **Stato conservativo delle parti lapidee**

Ad un primo esame la pietra pare aver subito un degrado generalizzato. La superficie appare compatta ma fortemente dilavata e porosa. Nelle parti sottostanti i bronzi i sali solubili del rame sono percolati impregnando di sali di rame verdi la pietra. Non vi è alcuna traccia di protettivi, almeno nelle parti ispezionate.

Nelle zone di sottosquadro si notano croste gessose scure piuttosto incoerenti, mentre, in prossimità degli spigoli acuti delle cornici, alcune piccole fessurazioni stanno provocando il distacco di piccoli frammenti. I riquadri in rosso di Verona hanno subito un degrado maggiore: si nota una disgregazione componente chiara della pietra, che causa distacco dei clasti rossi.

Il Cartiglio si è distaccato dalla statua di Ferdinando, cadendo a terra. La frattura appare netta. Il distacco è probabilmente dovuto alla spinta dell'acqua ghiacciata durante lo scorso inverno; la parte caduta presenta al suo interno una massa cementizia frammista a pezzetti di mattone. Lo spessore del marmo che compone il cartiglio è di circa 5-7 mm. La parte da cui il frammento si è distaccato presenta un elemento di ferro leggermente piegato verso l'alto assicurato alla mano per mezzo di malta.

### **Indagini**

Servendoci invece delle foto di archivio, produrremo un documento di confronto, grafico e fotografico, tra lo stato presente e quello antecedente al primo restauro, in modo da verificare eventuali criticità su cui porre maggior attenzione in fase di restauro. I risultati saranno inseriti in un elaborato grafico che indichi le zone ritenute più critiche.

Prima del nostro intervento faremo alcuni prelievi di prodotti di degrado e dei protettivi residui sui bronzi. In base a questi risultati sarà possibile confermare le tipologie previste di degrado ed eventualmente individuarne di nuove.

Sulle parti lapidee, pur essendo prevedibile la presenza di fenomeni comuni di degrado del marmo, potrà essere prelevato un campione di crosta nera in corrispondenza di un forte sottosquadro.

### **Intervento**

Dopo la costruzione di un ponteggio che arrivi circa all'altezza del petto di Ferdinando II, tutto il monumento sarà lavato con acqua corrente e tensioattivi non ionici per allontanare i depositi incoerenti di origine organica.

### **Bronzi**

Le sculture di bronzo saranno sottoposte a lavaggi con getti di vapore e acqua deionizzata calda per rimuovere i protettivi sollevati e contemporaneamente solubilizzare gli ioni cloro presenti sulla patina. I residui di Inccralac saranno poi rimossi mediante impacchi con solventi organici e con mezzi meccanici.

Le acque di lavaggio saranno controllate per misurare la presenza di cloruri con apposito test e la conducibilità in  $\mu$ Siemens. Il lavaggio verrà interrotto solo quando la conducibilità si stabilizzerà intorno a valori di 25/50  $\mu$ Siemens.

I nuovi crateri di corrosione attiva, individuati prima delle operazioni descritte, saranno prima svuotati con mezzi meccanici, come piccole punte di rame, bisturi, o ablatori ad ultrasuoni, poi lavati con abbondante acqua deionizzata mista a vapore per rimuovere la maggior parte dei cloruri presenti all'imboccatura dei crateri, ma anche per portare in soluzione la nantochite (cloruro rameoso) presente all'interno dei crateri.

Le sculture saranno poi sottoposte a un ciclo di camera a umido per mettere in luce eventuali crateri di corrosione ancora attivi. Questa operazione prevede la chiusura dei quattro mori



Giovanni e Lorenzo Morigi restauratori

Giovanni e Lorenzo Morigi Restauratori srl  
Via Barontini, 1 - 40138 Bologna  
Tel. e fax. 051- 253641  
www.morigi.it info@morigi.it  
Reg. Impr. Bo. 03805670373  
rea 316580  
p.iva e c.f. 03805670373  
c.s. €. 20.000,00 Iv.

all'interno di grandi sacchi di polietilene in cui sarà insufflato vapore acqueo fino a saturazione. Nel caso fossero presenti cloruri essi svilupperanno delle efflorescenze verde acceso, composte da ossicloruri di rame; questi saranno rimossi mediante estrazione elettrochimica al fine di attirare gli ioni cloro su una laminetta di alluminio per mezzo di un gel conduttivo frapposto tra alluminio e bronzo.

Quando le espulsioni di cloruri saranno del tutto assenti le sculture saranno abbondantemente lavate con acqua deionizzata per allontanare la salsedine presente in superficie, quindi disidratate mediante getti di aria calda e pennellature di acetone puro, che estrae tutta l'umidità anche dai pori del bronzo.

Il protettivo che finora ha dato i migliori risultati in letteratura è un sandwich di vernice acrilica specifica per bronzi (Incralac) e strati di cere microcristalline e polietileniche (R21). Appena evaporato tutto l'acetone si applicherà una mano di Incralac a spruzzo. Questa prima mano servirà a impermeabilizzare le superfici, permettendo agli operatori di applicare successive mani di protettivo addizionato con terre e pigmenti stabili alla luce. Il Ritocco cromatico sarà eseguito in modo da ridurre il forte contrasto tra le parti chiare e quelle scure della patina, senza però obliterarle completamente, essendo comunque tracce del tempo passato.

Nell'applicare i protettivi acrilici è importante assicurarsi che gli spessori siano omogenei, in questo modo il degrado dello strato protettivo sarà più omogeneo e non si avranno aree di degrado più accentuato accanto ad aree ancora ben protette.

Per questo lo spessore del protettivo verrà applicato anche su placchette di controllo poste in zone significative della scultura fino a che il protettivo superi i 50  $\mu$  su tutta la superficie. La presenza di uno strato di almeno 50 $\mu$  ha dimostrato essere più resistente nel tempo, soprattutto all'azione disgregatrice dei raggi ultravioletti.

Dopo aver verificato lo spessore del protettivo con uno spessimetro digitale sia sulle statue sia sulle piastrine di controllo, si applicheranno a pennello tre mani di cera microcristallina e polietilenica in sospensione di acquaragia, avendo cura di lucidare la superficie cerosa asciutta prima di applicare la mano successiva.

## **Pietra**

Dopo i lavaggi della superficie saranno applicati trattamenti biocidi ad impacco, per mezzo di fogli di cellulosa impregnati con Cloruro di Benzalconio in soluzione acquosa, mantenendo l'area trattata in condizioni di saturazione di vapore per almeno 24 ore.

Applicheremo complessanti dei sali di rame mediante impacchi, in modo da rimuovere il più possibile i sali verdi che sono stati assorbiti e carbonato d'ammonio sulle zone interessate da croste nere. Le stuccature degradate saranno rimosse e le fessure anch'esse disinfestate con applicazioni puntuali di Cloruro di Benzalconio.

I riquadri di rosso di Verona saranno consolidati mediante impregnazione con dispersioni acquose di nano particelle di silice fino a rifiuto e quindi protetti con prodotti per materiali lapidei reversibili insieme al resto del basamento e della statua di Ferdinando II.

Le commessure tra i vari conci saranno liberate dalle stuccature incoerenti e rinnovate con malte a base di calce e polvere di marmo opportunamente a tono.

La riparazione del cartiglio avverrà in due fasi. La prima prevede la rimozione dell'interno del cartiglio, abradendo la massa cementizia per mezzo di ablatori ad ultrasuoni, piccole frese diamantate e altri strumenti meccanici, avendo cura di non sollecitare il marmo.

Una volta rimossi almeno 6-7 centimetri di materiale, eventualmente risparmiando gli strati più prossimi al marmo perimetrale, la superficie del marmo sarà consolidata con nano particelle di silice e il foro sarà chiuso con una sottile reticella di acciaio inossidabile scuro a chiudere il foro. Per aumentare la resistenza del cilindro di marmo sarà valutato un eventuale rinforzo interno al cilindro stesso con resine rinforzate con tessuto di vetro. La parte distaccata



Giovanni e Lorenzo Morigi Restauratori srl  
Via Barontini, 1 - 40138 Bologna  
Tel. e fax. 051- 253641  
www.morigi.it info@morigi.it  
Reg. Impr. Bo. 03805670373  
rea 316580  
p.iva e c.f. 03805670373  
c.s. €. 20.000,00 i.v.

Giovanni e Lorenzo Morigi restauratori

sarà poi riadesa per mezzo di resine e piccoli perni in acciaio inseriti nel rimanente corpo del cartiglio.

In seguito, se richiesto dalla D.L, potrà essere applicato su tutta la superficie un prodotto antigraffiti sacrificale a base di cere e polimeri organici in soluzione acquosa.

### Preventivo

#### Indagini

n° 3 analisi chimiche con relazione tecnica,  
documentazione grafica stampata in formato A3,  
documentazione fotografica 150 fotografie  
(50 prima, 50 durante, 50 dopo) in formato digitale  
con una stampa formato 15x20 cm,  
relazione di restauro in tre copie e file digitale.

€

#### Cantiere

Allestimento ponteggio secondo norme vigenti  
con tubo e giunto e piani di lavoro,  
ricoperto esternamente di tessuto frangivento bianco.  
Allestimento e noleggio per 90 gg

€

#### Bronzo

Lavaggi con acqua corrente e nebulizzazione sia della pietra  
sia del bronzo

€

Rimozione protettivi con solventi

€

Trattamento di estrazione degli ioni cloro

€

Disidratazione, applicazione protettivo acrilico  
ritocco cromatico, applicazione protettivo ceroso  
controllo spessori del protettivo

€

#### Pietra

Pulitura delle superfici, estrazione dei sali di rame con impacchi,  
rimozione croste gessose con impacchi

€

Consolidamento del pannello di rosso veronese  
con nano particelle di silice

€

Rifacimento stuccature con malte a base di calce

€

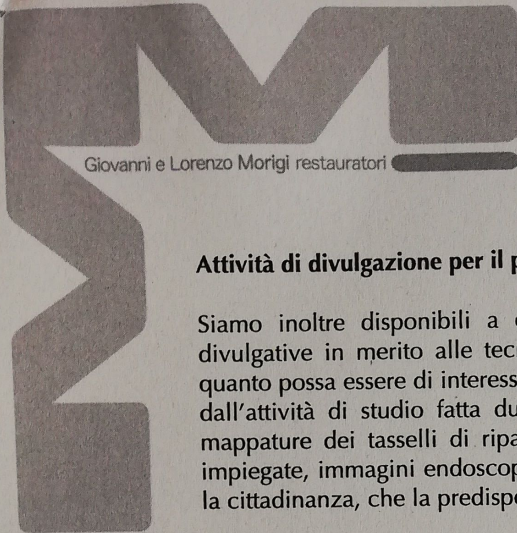
Protezione della pietra e antigraffiti

€

**Totale preventivo**

€

**Esclusa IVA**



Giovanni e Lorenzo Morigi restauratori

Giovanni e Lorenzo Morigi Restauratori srl  
Via Barontini, 1 - 40138 Bologna  
Tel. e fax. 051- 253641  
www.morigi.it info@morigi.it  
Reg. Impr. Bo. 03805670373  
rea 316580  
p.iva e c.f. 03805670373  
c.s. €. 20.000,00 i.v.

### **Attività di divulgazione per il pubblico**

Siamo inoltre disponibili a organizzare, con il Vostro prezioso aiuto logistico, attività divulgative in merito alle tecniche di fusione dei Mori, a tematiche relative al restauro e quanto possa essere di interesse del pubblico, impiegando i risultati grafici e di studio scaturiti dall'attività di studio fatta durante il primo restauro del monumento, tra i quali vi sono mappature dei tasselli di riparazione dei difetti, ipotesi grafiche delle tecniche di fusione impiegate, immagini endoscopiche. L'attività divulgativa potrebbe essere sia un incontro con la cittadinanza, che la predisposizione di apparati grafici in prossimità del cantiere.

Lorenzo Morigi

Bologna 19 marzo 2013