

# CATTEDRALI EUROPEE

CONSERVAZIONE PROGRAMMATA

PISA

18/19 MAGGIO 2012



CATTEDRALI EUROPEE 2012

## Prime verifiche per un piano di manutenzione programmata delle superfici della Torre di Pisa

Gisella Capponi, Jacopo Russo,  
Sabina Vedovello, Anton Sutter

**I**l Campanile del Duomo è stato oggetto di complesse operazioni di restauro delle superfici lapidee che sono state ultimate lo scorso anno. La durata di quanto realizzato, a seguito di un consistente impegno professionale e finanziario, deve ora essere affidata alla definizione e all'attuazione di un piano di manutenzione, concepito sulle preziose conoscenze acquisite con il restauro. Un intervento complesso quello della Torre, che ha interessato circa 25.000 conci del parato murario del Campanile, per un'area di circa 7.335 mq, e ha richiesto un importo complessivo di circa 5.500.000 euro. Committenti l'Opera della Primaziale Pisana e l'ISCR, che ha contribuito al 50% del lavoro sia con i fondi ordinari del MiBAC sia con fondi provenienti dal Gioco del Lotto.

I lavori iniziati nel 2003 si sono conclusi nel 2011: nove anni di lavoro con una presenza media in cantiere di circa 12 restauratori. Accanto a loro hanno lavorato: architetti, ingegneri strutturisti, petrografi, chimici, biologi, storici, archeologici medievisti, fotografi, informatici, disegnatori, geometri, esperti di prove non distruttive, esperti dell'arte campanaria, impiantisti, responsabili della sicurezza. Un'equipe a carattere interdisciplinare che ha approfondito e integrato gli studi e le indagini che erano già state avviate nel corso dei lavori del Comitato per la Salvaguardia della Torre di Pisa e in particolare durante il cantiere di progetto, mettendo in campo attività che hanno consentito anche di documentare con grand'efficacia e completezza gli interventi che si realizzavano.

Il programma di manutenzione che si intende attuare dovrà necessariamente basarsi sulle conoscenze acquisite e sull'attenzione continua, in ossequio al concetto, semplice ma impegnativo, espresso da Giovanni

Urbani nel 1979 quando, presentando una mostra didattica sulla conservazione della scultura di marmo delle Anime Oranti organizzata dall'Istituto Centrale del Restauro che ne aveva curato il restauro, scriveva: "per salvare i nostri monumenti basta cominciare a farlo e non smettere mai".

L'esigenza di una continua sorveglianza dei monumenti e l'adozione di provvedimenti a carattere preventivo non sono temi di oggi: costituiscono saldi precetti in molti dei documenti che scandiscono la storia del restauro.

La Carta del restauro di Atene (1931) richiamava l'importanza di tale impostazione nella conservazione del patrimonio architettonico affermando: "Al di sopra di ogni altro intento debba la massima importanza attribuirsi alle cure assidue di manutenzione". Quaranta anni dopo (1972) le *Istruzioni per la condotta dei restauri architettonici della Carta italiana del restauro* evidenziavano come solo le opere di manutenzione tempestivamente eseguite possano "assicurare lunga vita ai monumenti evitando l'aggravarsi dei danni [...] anche al fine di evitare interventi di maggior ampiezza".

Ancora la *Carta CNR* del 1987, all'art. 2 individuava la manutenzione come "L'insieme degli atti programmaticamente ricorrenti rivolti a mantenere le cose di interesse culturale in condizioni ottimali di integrità e funzionalità, specialmente dopo che abbiano subito interventi eccezionali di conservazione e/o restauro".

Sui criteri e le procedure da adottare per definire un piano di manutenzione è oggi in corso un ampio dibattito: non si è ancora acquisita una metodologia univoca sul come razionalizzare le procedure d'intervento, a partire dalla fase di acquisizione dei dati sul ciclo di vita dei singoli elementi. Né sono mutuabili per gli edifici monumentali procedure basate su sistemi che intendono la durabilità dei materiali come tempo necessario al materiale stesso per passare dallo stato integro alla sua esclusione dall'uso per deterioramento. È chiaro che l'individuazione del tempo limite, dopo il quale occorre reintervenire, scaturisce da una quantità di parametri che differiscono da monumento a monumento e sono tali da assicurare probabili fallimenti a ipotesi di scadenze predefinite a priori.

La tempistica con cui sono stati eseguiti i diversi interventi è basilare per poter indicare un primo scadenziario di controllo, anche perché non sempre la successione risponde a criteri omogenei.

Nel nostro caso la tempistica dell'intervento è stata fortemente condizionata dai tempi necessari all'elaborazione di una struttura speciale da utilizzare come ponteggio, e pertanto le prime zone trattate sono state quelle raggiungibili con ponteggi di tipo tradizionale.

La pendenza della Torre, la statica del tutto speciale che ha fatto del campanile pisano un'icona, hanno costituito vincoli assai rilevanti e inderogabili per la scelta, la progettazione e l'esecuzione dei ponteggi e di tutte le opere provvisorie necessarie a consentire alla squadra di restauratori di operare in assoluta sicurezza, garantendo al tempo stesso la possibilità di raggiungere tutti gli elementi architettonici e decorativi, compresi quelli in aggetto, su cui spesso si concentravano i fenomeni di degrado.

Con fondi MiBAC nel 2003 si è dato inizio ai lavori di restauro della cella campanaria e dello spazio interno al piano terra.

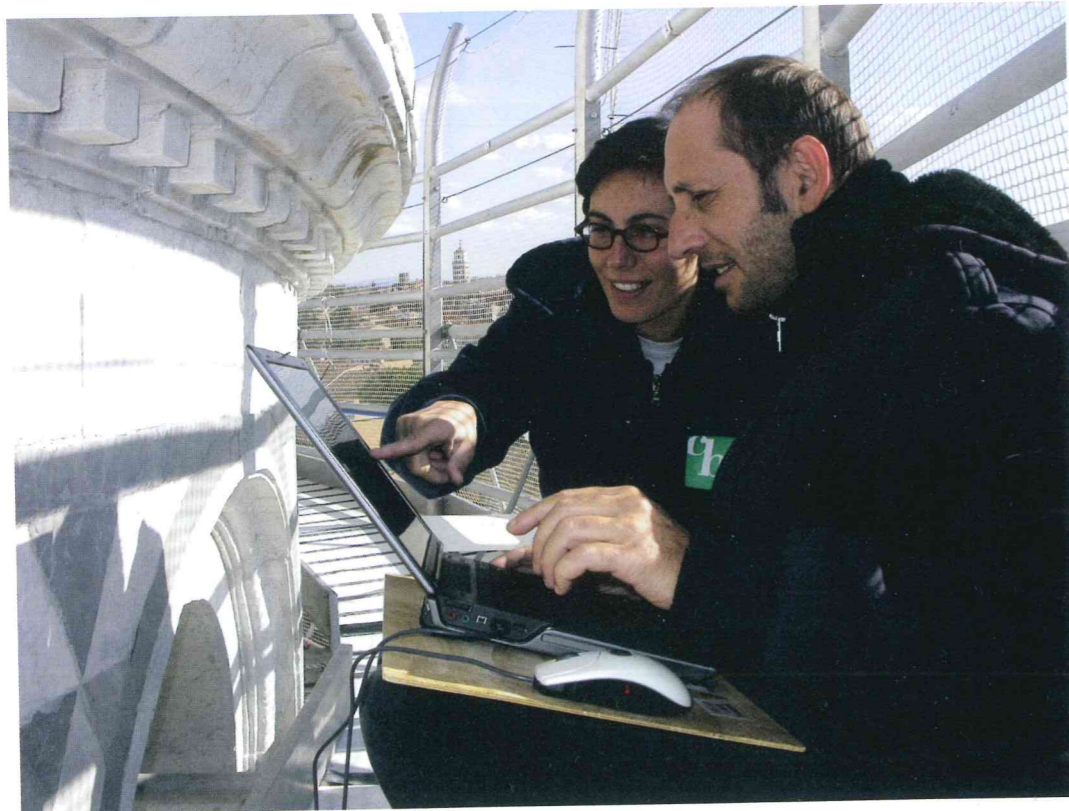
Concluso l'intervento sulla cella campanaria, da febbraio 2004 ad aprile 2011 il restauro si è spostato sul corpo principale del monumento: si è proceduto prima al restauro delle superfici lapidee del 1° Ordine e poi, a seguire, delle zone interne dei loggiati dal 2° al 7° Ordine, a salire. Contemporaneamente, dal 2006 al 2008, sono state restaurate le scale e l'interno della canna. Con l'avvento del nuovo ponteggio circolare esterno si sono affrontate le superfici esterne dei loggiati, portate a termine nella primavera del 2011<sup>1</sup>.

Le prime verifiche a scopo manutentivo sono state condotte sulle superfici della cella campanaria e del 1° Ordine, a cinque anni dal completamento del loro restauro.

Le verifiche si sono basate sulle dettagliate mappature dello stato di conservazione e degli interventi eseguiti che hanno fatto da guida a riscontri mirati: l'insorgere di riprese del danno si sono controllate prioritariamente nelle zone che già il danno avevano subito, individuando le cistiche che mettono a maggior rischio l'integrità del materiale costitutivo.

L'efficacia del programma di manutenzione e la sua applicabilità si fondano principalmente sulla disponibilità e sul livello di fruizione

<sup>1</sup> Il lungo e complesso restauro ha visto coinvolte più ditte, che si sono avvicinate in tempi e zone diverse: la Ditta Pelliccioni per la cella campanaria; la C.B.C. e le maestranze dell'Opera Primaziale per tutte le restanti superfici esterne; la CooBEC di Spoleto in RTI con la C.B.C. per le superfici interne.



dei dati necessari a definire lo stato dell'opera attraverso le vicende costruttive e conservative fino agli interventi più recenti effettuati nel corso del restauro. La completezza dei dati raccolti e un'accessibilità semplice costituiscono le indispensabili premesse di un qualsivoglia programma manutentivo.

Il programma di manutenzione non dovrà tralasciare, a restauro ultimato, di mettere a punto un sistema di controlli in grado di valutare in tempo utile l'incidenza degli agenti di danno che si sono individuati. Le prove da mettere in campo per l'attuazione del programma devono basarsi sull'impiego di una strumentazione semplice, di reale applicabilità, limitando i prelievi a situazioni localizzate che privilegino l'asporto di campioni provenienti dai materiali applicati nel corso dell'ultimo restauro.

Una procedura di manutenzione che richiederà controlli strumentali e indagini analitiche è prevista per i capitelli che presentavano il degrado più grave. Lo studio approfondito che era stato effettuato sui fenomeni del loro degrado aveva evidenziato infatti prodotti di

alterazione in concentrazioni elevate che si accompagnavano a gravi forme di disgregazione.

In molti campioni, oltre a cristalli di cloruro di sodio si è notata la presenza di cristalli di gesso aghiformi nonché di sodio, cloro, zolfo, silice, potassio, magnesio e alluminio e, non di rado, buone percentuali di ferro. In alcuni la presenza di fluoro e la concomitante maggior percentuale di silice in cavità del marmo lascia ipotizzare trattamenti a base di fluorosilicati.

I consolidamenti effettuati per immersione e con l'utilizzo di nanosilici hanno costituito un intervento limite, condotto su elementi di cui si era paventata la sostituzione; pertanto la frequenza dei controlli dovrà essere molto ravvicinata nel tempo, essendo consapevoli di aver potuto solo arginare i processi di degrado.

L'obiettivo che ci si pone è quello di arrivare a definire lo scenario evolutivo utile ad elaborare modelli di confronto nel tempo attraverso un sistema integrato di archiviazione dei dati, che costituirà il parametro di riferimento per la definizione dei controlli ciclici da effettuare e per l'individuazione delle operazioni di manutenzione.

Una buona documentazione è un punto di partenza imprescindibile per definire qualsiasi piano di conservazione programmata. Nel caso della Torre pendente abbiamo a disposizione una documentazione straordinariamente ricca e dettagliata sui problemi conservativi e su tutti gli interventi eseguiti in cantiere. Il progetto per il restauro delle superfici lapidee infatti, è nato da un'attenta analisi dello stato di conservazione del monumento. L'estensione delle superfici su cui era necessario intervenire (oltre 7700 mq), la difficile accessibilità delle superfici e la complessità dei problemi conservativi richiedevano in fase di progettazione una valutazione molto precisa delle metodologie di intervento e dell'entità delle varie lavorazioni da eseguire. Approssimazioni normalmente accettabili in altri cantieri, avrebbero potuto compromettere in questo caso il buon esito dell'intervento: tutto doveva essere attentamente previsto e pianificato fin dalle prime fasi. Per queste ragioni la documentazione ha avuto un ruolo di primo piano sia prima che durante l'esecuzione dell'intervento conservativo.

La raccolta e l'organizzazione di questa grande mole di dati è stata un'operazione complessa che ha visto coinvolti diversi operatori con competenze specifiche.

Con l'avvio del cantiere della Torre sono stati revisionati ed integrati con un rilievo diretto i grafici di base che delineano l'architettura, realizzati prima del restauro con una restituzione stereofotogrammetrica. L'accessibilità delle superfici e la rimozione di spessi strati di incrostazione hanno permesso soprattutto di leggere integralmente i giunti tra i blocchi lapidei, con una precisione non raggiungibile prima del restauro.

Il rilievo geometrico è stato accompagnato da una mappatura dettagliata dei materiali costitutivi. Questa operazione è stata eseguita da un petrografo che, concio per concio, ha classificato ogni tipo di pietra. Oltre al litotipo, per ciascun blocco vengono riconosciute e catalogate le tracce, ancora oggi leggibili, degli strumenti con cui la pietra è stata lavorata; questo tipo di informazione aggiunta permette di leggere nel paramento murario le vicende costruttive che hanno interessato la Torre. L'interpretazione di questi dati è stata affidata ad un archeologo, con l'intento di individuare nella muratura dati oggettivi riconducibili alle fasi costruttive.

Man mano che il cantiere interessava nuove zone, si procedeva a una revisione della mappatura dello stato di conservazione, già redatta in fase di progetto. Un restauratore e un architetto hanno lavorato fianco a fianco direttamente in cantiere: in questo modo è stato possibile correggere o integrare con precisione le zone interessate dalle diverse forme di alterazione, basandosi su un lessico normalizzato raggruppato in otto tematismi di sintesi:

- **Disgregazione ed esfoliazione**

Disgregazione: Fenomeni di decoesione avanzata, con perdita di consistenza e di materiale, uniti a distacchi superficiali dei cristalli di calcite.

Esfoliazione: Alterazione che si manifesta con rigonfiamenti e distacco di strati superficiali paralleli tra loro.

- **Croste nere e croste dendritiche**

Croste nere: depositi superficiali addensati in strati consistenti e tenaci

Croste dendritiche: aggravarsi in spessore e consistenza dei depositi di cui al punto precedente

- **Vegetazione e patine biologiche**

Vegetazione: presenza di muschi alghe e piante infestanti

Patine biologiche: presenza di licheni muschi ed alghe depositati in uno strato sottile, aderente alle superfici e stratificato nelle discontinuità del materiale.

- **Mancanze e stucature frammentarie**

Mancanze: significative perdite di materia dovute a sollecitazioni meccaniche, caduta di frammenti, accentuati fenomeni di disgregazione e polverizzazione.

Stucature frammentarie: perdita di consistenza e lacune evidenti delle varie malte di riempimento.

- **Elementi metallici**

Sono state riportate la posizione e la forma effettiva di elementi metallici come chiodi, grappe, cunei, catene o barre in ferro o rame, di allettamenti o barrette in piombo e l'ingombro delle strumentazioni di controllo fissate attualmente alle superfici della Torre.

- **Incrostazioni calcaree**

Depositi provocati da scorrimento dell'acqua sulla superficie o da infiltrazioni dall'interno delle murature, quando tali depositi sono ben evidenti e distinguibili.

- **Scagliature**

Frammenti staccati o materiale in buone condizioni che tende a sfaldarsi in corrispondenza di fessure strutturali, di sollecitazioni meccaniche di vario tipo o lungo disomogeneità del materiale costitutivo (venature, clasti).

- **Fessure e fratture**

Sono state segnalate soluzioni di continuità di qualunque entità, sia legate alle condizioni specifiche e strutturali dei diversi blocchi, che agli spostamenti e alle sollecitazioni della struttura del monumento; linee di rottura delle scagliature.

Con il procedere del restauro, e con lo stesso metodo operativo, è stata redatta una mappatura completa degli interventi conservativi.

Le mappature del restauro della Torre registrano dettagli minuziosi e sono estese su superfici molto vaste. Gestire in maniera rigorosa questi elaborati non è un compito facile. Per avere un'idea dei nu-

meri in questione immaginiamo che il solo layer delle mancanze sul paramento esterno del 1° Ordine contiene 11.000 poligoni, con più di 69.000 vertici. Questo è solo uno dei layer redatti: il paramento esterno del 1° Ordine contiene più di 100 layer. Questo elaborato, infine, è solo una delle 83 diverse tavole necessarie a rappresentare compiutamente le superfici della Torre.

Dobbiamo poi considerare che questi grafici non vengono prodotti esclusivamente per essere visualizzati o stampati. Le mappature vengono infatti inserite in un sistema GIS e per questa ragione debbono essere disegnate con particolari attenzioni. Per fare un esempio: è necessario che i poligoni siano tutti chiusi, che non presentino intersezioni e autointersezioni, ed altro ancora.

Per rendere il lavoro degli operatori più veloce e sicuro è dunque stata sviluppata una libreria di funzioni per AUTOCAD dedicate al disegno delle mappature. Installando il pacchetto, l'utente ha a disposizione un menù aggiuntivo con funzioni personalizzate, sviluppate nel corso degli anni in base alle esigenze degli operatori che hanno disegnato le mappature. Ad esempio, le utility permettono di:

- intercettare e correggere automaticamente una casistica di errori tipici dei poligoni;
- selezionare i poligoni in base a relazioni spaziali tra loro come; contenimento, intersezione, tangenza - funzioni queste, tipiche dei sistemi GIS;
- creare automaticamente poligoni filiformi di spessore predefinito;
- eseguire operazioni di tipo booleano sui poligoni.

Apposite funzioni consentono inoltre di armonizzare automaticamente il colore, la denominazione e l'ordine di visualizzazione dei layer. In questo modo è più facile ridurre gli errori e predisporre eventuali elaborati per la stampa.

La grande mole di dati, raccolti prima e durante l'esecuzione dell'intervento, fornisce un quadro completo delle problematiche conservative presenti sul monumento. Dal confronto tra la mappatura dello stato di conservazione e la mappatura degli interventi eseguiti è possibile individuare con chiarezza le zone critiche che nel tempo dovranno essere monitorate per controllare il nuovo insorgere dei fenomeni di alterazione.

Poter individuare con precisione dove determinate metodologie e materiali sono stati applicati è fondamentale per verificare nel tempo l'efficacia dei trattamenti e il comportamento dei materiali.

Dall'analisi di questi dati infine, è possibile ottenere previsioni quantitative sugli interventi attesi. Questo approccio, alla base dell'intervento conservativo, è di ausilio nella programmazione di interventi futuri.

Per ogni zona interessata dall'intervento la documentazione grafica è accompagnata da una esaustiva documentazione fotografica. Si tratta di un'attività onerosa in termini di tempo e difficoltà operative. Per procedere in maniera sistematica le riprese sono state attentamente pianificate, individuando un set di inquadrature tipiche e di zone significative, da riprendere sistematicamente durante i diversi momenti dell'intervento. In alcune zone della Torre sono stati provati mosaici di immagini rettificata, riprese da una distanza molto ravvicinata. Queste immagini ad alta definizione, ottenute immediatamente dopo l'intervento conservativo, possono essere confrontate con la mappatura e, in futuro, con altre immagini riprese con le stesse modalità per una valutazione visiva dell'evoluzione dei fenomeni di alterazione della superficie.

Per l'archiviazione e la catalogazione del materiale fotografico è stato sviluppato un database ed un applicativo ad hoc. Il database prevede una scheda in cui registrare per ogni scatto:

- informazioni sulla fotografia (autore, data dello scatto, tema, occasione ecc);
- informazioni sul soggetto (identificazione, specifiche, localizzazione);
- informazioni sulla collocazione (negativo, positivo, file).

Ogni immagine viene archiviata in tre formati:

- in formato JPEG ad alta risoluzione;
- in formato JPEG a bassa risoluzione per le anteprime;
- in formato TIFF.

La struttura dell'archivio è basata su blocchi di dimensione finita ed è tale da permettere di organizzare i file su più supporti e, al limite, su più server. L'applicazione consente di localizzare immediatamente i file indipendentemente dalla loro collocazione fisica. Attraverso un'interfaccia di ricerca, l'utente può eseguire interrogazioni basate

su uno o più campi, visualizzando immediatamente i file selezionati. I risultati di un'interrogazione possono essere aggiunti, sottratti o intersecati con la selezione precedente. In questo modo è possibile eseguire delle ricerche complesse per step successivi in maniera molto flessibile. L'applicazione permette inoltre di estrarre dall'archivio i file selezionati ed organizzarli in un albero di cartelle e sottocartelle definito dall'utente in base ai dati contenuti nelle schede.

L'organizzazione logica e quella fisica dei file sono in questo modo completamente svincolate, in quanto i file possono essere sempre riorganizzati secondo nuovi criteri, indipendentemente dalle cartelle create in fase di archiviazione. Il paziente e metodico lavoro di restauratori e fotografi che hanno seguito le riprese dal progetto alla catalogazione, permette di confrontare lo stato delle superfici in diverse fasi dell'intervento.

Ad oggi sono state catalogate 13.161 fotografie:

- 1.994 relative agli esterni del I ordine;
- 7.221 relative alle superfici esterne dei loggiati;
- 2.172 per lo studio delle tecniche di lavorazione;

Mentre è ancora in corso la catalogazione delle immagini relative ai lavori nell'interno della Torre.

Un'applicazione GIS integrata con il database dell'archivio fotografico permette la consultazione delle foto direttamente dalla cartografia. Le foto sono individuate grazie a riferimenti quali l'ordine, la quota relativa, la quota assoluta, la numerazione Polvani degli elementi architettonici (numerazione radiale), il numero di gradino o lastra per le scale. Per la Canna interna le foto sono identificate in base ad un numero definito di tasselli campione su cui sono state effettuate le riprese.

Per raccogliere sistematicamente tutte le informazioni relative al monumento è stato sviluppato un sistema informativo ad hoc: *Akira leaning tower gis server*, un sistema GIS pensato per gestire informazioni di tipo geografico ed alfanumerico relative alla Torre. Akira nasce dall'esigenza di avere un *atlante* di tutte le superfici su cui localizzare:

- gli elementi costitutivi del manufatto quali capitelli, colonne, conci ecc.;
- le informazioni relative allo stato di conservazione, agli interventi e in generale ogni tipo di informazione rappresentabile attraverso una mappatura vettoriale;



- le informazioni contenute in allegati esterni di vario genere, georeferenziate sulla base grafica.

Akira calcola automaticamente la superficie di sovrapposizione tra i tematismi delle mappature e gli elementi costitutivi della Torre. Interrogando un qualsiasi elemento, come un concio, il sistema elenca tutte le mappature che lo interessano, con le relative aree di sovrapposizione e viceversa.

Questo approccio deriva dai sistemi informativi territoriali, in cui la base grafica è la rappresentazione di una superficie essenzialmente piana; la Torre invece è caratterizzata da una notevole complessità geometrica; per poter rappresentare compiutamente tutte le sue parti le superfici sono state sviluppate in 83 diversi elaborati. Akira è in grado di gestire e visualizzare le informazioni localizzate su diversi *sistemi di riferimento*. Determinati elementi quali capitelli, conci d'angolo stipiti di finestre e simili hanno uno sviluppo di superficie tale da dover essere rappresentati contemporaneamente su diversi elaborati. La struttura del database di Akira tiene conto di questo aspetto e rispecchia la reale struttura del monumento. Diverse rappresentazioni in piano delle superfici di un medesimo oggetto tridimensionale, diverse *parti*, sono ricondotte a un unico elemento, a un unico *oggetto*, al quale sono attribuite le proprietà dell'oggetto fisico (litotipo tipologia, esposizione ecc.).

Si tratta di un patrimonio di conoscenze acquisite insostituibile, una *cartella clinica* da cui partire per la manutenzione di un monumento così importante e particolare.

## LA MANUTENZIONE DELLA CELLA E DEL 1° ORDINE

Come si è detto il restauro, durato dall'estate del 2003 al 2011, è iniziato dal vasto paramento della parte basamentale seguito dal cantiere sulla cella campanaria.

Su queste zone restaurate per prime si è affrontata, a distanza di cinque anni, una prova di controllo e di intervento manutentivo.

Sulla base di esperienze già disponibili, anche se riferite a complessi di beni differenti come musei, superfici decorate in interno o strutture architettoniche, si è cercato di impostare un metodo di lavoro che potesse essere lasciato in eredità alle maestranze dell'Opera Primaziale per la pianificazione futura.

Oltre alla messe di documentazione già disponibile realizzata per il progetto e il restauro descritta nei paragrafi precedenti, per la manutenzione della cella si è testato un sistema informatico complesso, messo a punto dal Dipartimento B.E.S.T. del Politecnico di Milano: è un software costruito appositamente per impostare Piani di Manutenzione Programmata sull'edilizia storica. Ovviamente è stata necessaria una taratura per il controllo di superfici restaurate, con lessici e tipizzazione di danni e interventi dedicati<sup>2</sup>.

Lo scopo era verificare la possibilità di coordinamento con la banca dati di Akira e la predisposizione di uno strumento informatico di programmazione degli interventi nel tempo, come supporto ai controlli in situ<sup>3</sup>.

Per impostare il lavoro operativo si è partiti dalla raccolta e dal confronto della documentazione esistente, soprattutto grafica: tenendo ferma la schematizzazione e la numerazione Polvani degli elementi architettonici, si sono radunate le informazioni sulle aree critiche individuate al momento del restauro, sugli interventi eseguiti e sui prodotti utilizzati.

Il primo passo è stato un esame generale per controllo visivo, particolarmente minuzioso sulle aree considerate a rischio in base al confronto documentale. Andavano individuati sia il riproporsi di situazioni critiche che l'eventuale insorgere di nuove forme di degrado, verificandone modalità, gravità e localizzazione; infine la tenuta dei prodotti applicati negli interventi conservativi.

## DEPOSITI E CONDIZIONI DEL PROTETTIVO

Nuovi addensamenti di deposito coerente si rintracciavano sui piani orizzontali o inclinati, più importanti sulla cella dove c'è maggior passaggio di turisti, meno invasivi sul 1° Ordine, dove si concentrano sugli aggetti della decorazione e in qualche punto del cornicione marcapiano a Sud.

<sup>2</sup> Questa prova è stata impostata per le superfici della cella campanaria e condotta dall'Arch. Sara D'Aurelio con la restauratrice Giulia Scolari.

<sup>3</sup> Il lavoro ha dato risultati incoraggianti, ma è risultata evidente la necessità di modifiche sostanziali alla struttura del software, per poterlo realmente collegare ai problemi specifici di un restauro di questo genere.



Lungo le vie di scorrimento dell'acqua piovana si rilevano già colature scure, dovute all'addensarsi di polveri e residui in corrispondenza delle zone bagnate, concentrate dall'azione idrorepellente del protettivo. Anche questo fenomeno appariva consistente sulle pareti della cella campanaria, in particolare all'interno.

Lo strato di protettivo superficiale a sua volta appariva non più idrorepellente in diverse aree, in genere quelle maggiormente esposte al vento o al dilavamento, ma ancora piuttosto funzionale sulla maggior parte delle superfici.

Questo ha reso piuttosto semplice la rimozione delle colature raggiungibili, eseguita con acqua e leggera spazzolatura.

#### PATINE BIOLOGICHE E VEGETAZIONE

Una vegetazione infestante, in genere muschi, si ripresenta circa nelle stesse zone interessate dal fenomeno prima dell'intervento conservativo, solo leggermente modificata dalle stuccature eseguite nel restauro. La localizzazione coincide con stuccature fessurate o con giunti sottili, non stuccati o dove la stuccatura è saltata.

Qualche patina biologica è stata rinvenuta in zone di ristagno d'acqua, come gli scalini sia nella cella che alla base della Torre, e su stuccature generalmente nei paramenti rivolti a Nord.

Il trattamento con biocida, eseguito per irrorazione o con piccoli impacchi localizzati nelle zone raggiungibili, ha funzionato efficacemente, con un unico trattamento. Non ha inoltre provocato alterazioni significative alla superficie delle stuccature.

#### STUCCATURE

Hanno tenuto, tanto che sono molto diminuiti, anzi quasi scomparsi, i depositi calcarei da infiltrazione dalla muratura. Sono saltate solo le stuccature più sottili tra i conci del 1° Ordine e le sigillature dei gradini della cella, difficili da realizzare per la tecnica costruttiva adottata.

Risultano invece consumate le microstuccature sugli oggetti e nelle zone con problemi di disgregazione: già a suo tempo questa soluzione era stata adottata con l'intento di costituire una superficie di sacrificio e protezione per le aree sofferenti.

Dove è stato possibile, si è operata una pulitura delle malte con rimozione mediante spazzolatura delle parti incoerenti e successiva integrazione delle mancanze.

#### DISGREGAZIONE

Dopo cinque anni si è ripresentata nelle zone già a suo tempo critiche del 1° Ordine, in modo ancora contenuto ma preciso: gli oggetti dei capitelli, gli angoli delle mensole e delle cornici delle geometrie a rombo, qualche concio del paramento a sud.

Dove è stato possibile, si è riproposto il consolidamento con lo stesso prodotto utilizzato nel restauro.

#### ELEMENTI METALLICI, DISSUASORI, IMPIANTISTICA

Soprattutto nella cella si sono notate ossidazioni degli elementi metallici, quali gli agganci della campana e le staffe degli impianti di controllo. Nel 1° Ordine erano visibili perdite di elementi dei dissuasori, provocati soprattutto dal distacco delle resine e dai movimenti della guaina elastoplastica applicata a protezione degli abachi dei capitelli.

#### FREQUENTAZIONE DEL MONUMENTO

Lungo i percorsi interni ed esterni si rinvengono macchie sui punti di appoggio delle mani e dei piedi, spazzatura, piccole lesioni: tutti accidenti in buona parte inevitabili, e straordinariamente contenuti rispetto alla quantità di visitatori. Altre situazioni risultano meno scusabili: gomme da masticare, mozziconi di sigaretta, residui di cibo e bevande<sup>4</sup>.

Momento importante del lavoro è stata la registrazione dei dati acquisiti, dei tempi di lavoro e delle modalità di intervento, compresi i materiali utilizzati. Si è così potuto restituire:

<sup>4</sup> Forse un addentellato al lavoro di manutenzione potrebbe risultare la costruzione di modelli di "educazione conservativa" con strumenti informativi semplici, efficaci e diffusi.

- un aggiornamento della mappatura grafica;
- una nuova campagna fotografica;
- un prontuario delle lavorazioni eseguite e dei materiali necessari;
- uno schema dei tempi di lavoro, sia totali che per ore/mq. per ognuna delle lavorazioni.

Su questa base si è formulato un programma indicativo della frequenza dei controlli e degli interventi, che sarebbe importante poter realizzare per verificarne l'efficacia e misurarne i costi reali.

Tanto più che rimangono nodi aperti:

- su alcuni temi tecnici, ovvero la riproposizione totale e/o parziale del protettivo e del trattamento biocida;
- logistici, ovvero l'uso di bracci elevatori, utili per il controllo ma molto meno funzionali per interventi estesi su un'area; ponteggi, con costi di movimentazione e difficoltà legate all'occultamento del monumento; approvvigionamento impiantistico e organizzazione degli spazi di lavoro per interventi rapidi e su aree delimitate.

Sul Campanile sembrano proprio questi ultimi, ovvero i non pochi problemi di natura organizzativa e logistica, che rendono complesso mettere in atto un programma di manutenzione programmata.

Un primo elemento di criticità è costituito dai ponteggi e, in generale, da tutte le opere provvisorie che si renderanno necessarie per operare in sicurezza in una situazione che presenta caratteristiche molto speciali, con un cantiere che non deve mai costituirsi come ostacolo alla visita turistica.

Bisogna ricordare che, in fase di progettazione del restauro delle superfici lapidee, il Comitato di Salvaguardia per la Torre aveva stabilito regole molto severe per la realizzazione di tali opere: l'area adiacente la Torre, per questioni di sicurezza statica, non può sostenere più di 10 tonnellate di peso; quindi ponteggi di grandi dimensioni e dal peso eccedente tale limite imposto non potevano essere realizzati. Così le uniche zone dove è stato possibile intervenire con un ponteggio di tipo tradizionale a giunto-tubo sono state il 1° Ordine, la cella campanaria e l'interno della canna.

Ma per il restauro dei sei loggiati esterni è stato necessario 'sperimentare': sono state costruite due strutture leggere in alluminio, una per lavorare all'interno del loggiato, e l'altra, una sorta di anello a sbal-

zo suddiviso in singoli segmenti per intervenire all'esterno<sup>5</sup>. La struttura è costituita da una lega leggera in alluminio "Carpental" e i piani di lavoro in pannelli di "Aerolam". La movimentazione della struttura a sbalzo da un loggiato all'altro è stata eseguita nelle diverse fasi di cantiere da un gruppo di rocciatori senza l'ausilio di gru o piattaforme, sfruttando solamente le tecniche d'alpinismo. Per un futuro intervento di manutenzione sarà possibile rimontare la medesima struttura, anche solo in parte, sfruttando sempre la preziosa risorsa dei rocciatori e adottando dei particolari provvedimenti di ancoraggio.

Un'altra possibilità è quella di utilizzare una piattaforma, ma l'alto costo e l'impossibilità di stazionare a sud del monumento, rendendo di fatto irraggiungibile un quarto circa delle superfici, tra l'altro il più ammalorato, rende questo mezzo utile solo per interventi di breve durata. Sulla superficie restante forse sarà possibile operare con l'ausilio di alpinisti, lavorando in fune.

Per consentire interventi di manutenzione all'interno del Campanile è stato realizzato un passo d'uomo all'interno di una delle grandi vetrate che riparano le aperture al 7° Ordine, che permetterà ad un operatore-alpinista di raggiungere, all'interno della canna, gli anelli di sostegno da cui calarsi fino al punto di lavoro.

La manutenzione programmata di un edificio storico o di un manufatto monumentale come il campanile di Pisa ha bisogno, per essere efficace, di raccordare ed integrare molte risorse: dai mezzi economici alle fonti di documentazione su restauri ed interventi del passato, dalla diagnostica dello stato di conservazione fino a giungere al piano di manutenzione; non va però sottovalutata la disponibilità di operatori capaci di controllare ed intervenire.

Sotto la direzione dell'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro di Roma e in gemellaggio con colleghi di altre strutture, le Maestranze dell'Opera della Primaziale Pisana hanno partecipato al restauro della Torre fin dal cantiere pilota, dodici anni fa; anni in cui il personale tecnico dell'Opera della Primaziale Pisana ha potuto condurre un'esperienza unica ed estremamente proficua sotto il profilo dell'accrescimento professionale.

<sup>5</sup> Queste strutture sono state progettate dall'Ing. Giuseppe Carluccio e realizzate da ICRAS s.r.l. di Rovereto.

Avendo seguito passo per passo gli interventi su tutta la superficie, i restauratori dell'Opera conoscono lo stato di conservazione e gli interventi effettuati su ogni parte del monumento. In più hanno assistito a tutte le attività che riguardano gli impianti elettrici, di sorveglianza, il sistema di protezione dalle acque meteoriche nonché le chiusure con vetri delle aperture lungo la scala di accesso, e infine gli allestimenti degli ambienti interni. Forti di queste esperienze, le Maestranze dell'Opera sono ora in grado di avere un'attenzione molto elevata per la cura e manutenzione del Campanile, e possono sfruttare la *memoria storica*, una fonte di informazioni che va oltre la pura registrazione del dato oggettivo.

## S. María de Vitoria: storia di un restauro

Leandro Cámara

### LA CATTEDRALE DI S. MARIA DI VITORIA

La costruzione della Cattedrale di Santa Maria fu iniziata nel 1180, dopo che il re castigliano Alfonso VIII aveva conquistato la città di Castiglia al regno di Navarra. All'epoca, fu edificato un grande basamento difensivo che fu incorporato nelle mura dell'XI secolo per proteggere la città di Gasteiz. Fu lo stesso Alfonso VIII a rifondare la città con il nome di Vitoria, offrendo nuovi privilegi di cittadinanza ai suoi abitanti e probabilmente una nuova configurazione urbanistica alla città, come è emerso dagli scavi archeologici della chiesa e dei dintorni.

Tuttavia, fu Re Alfonso X il Saggio che completò la costruzione della Cattedrale nella sua configurazione attuale durante la seconda metà del XIII secolo. L'opera perse il suo carattere militare e assunse un aspetto più in sintonia con lo stile gotico, già diffuso in tutta Europa. Da questo momento in poi, tutti gli spazi furono coperti con volte in muratura (le navate laterali con le relative cappelle, il deambulatoio e il transetto con le loro) mentre pare che risalga a questo periodo la costruzione delle alte pareti della crociera e delle prime sezioni del transetto, così come i bracci della navata centrale probabilmente furono costruiti all'epoca, anche se riteniamo che quando i lavori arrivarono a questo punto i fondi stanziati erano sul punto di finire e per questo motivo gli spazi furono chiusi in via temporanea con pareti di assi e coperti con semplici pannelli di legno. Quindi alcune aree della chiesa sembrano incomplete e si può percepire una chiara differenza nelle tecniche e nella qualità della costruzione tra le sezioni costruite in queste epoche diverse.

In epoche successive fu completata la costruzione di queste alte navate, inizialmente coperte con volte di legno fino al termine dei la-