

PROCEDURE STANDARD PER LA REGISTRAZIONE
DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO:
IPOTESI DI APPLICAZIONE A KHOR RORI, OMAN

1. INTRODUZIONE

Lo studio delle superfici architettoniche e delle relative forme di degrado risale, in Italia, all'inizio degli anni '70. Da allora, esso si è sviluppato rapidamente grazie al crescente numero di studiosi interessati a queste tematiche e al conseguente fiorire di specifici convegni sull'argomento. Tale indirizzo del settore della conservazione è dovuto alla constatazione che la grande maggioranza degli interventi di restauro vengono eseguiti proprio sul complesso di pareti e coperture che delimitano il monumento nei confronti dell'ambiente esterno. È proprio su tali superfici, infatti, che si concentra l'enorme potenziale aggressivo, costituito da agenti atmosferici, da fattori inquinanti e dai relativi processi di degrado.

Di pari passo con l'approfondimento delle problematiche di conservazione, l'industria chimica ha gradualmente sviluppato una vasta gamma di prodotti (preconsolidanti, consolidanti, adesivi, solventi per puliture, protettivi ecc.) che, in assenza di specifiche indicazioni sulla compatibilità tra supporto da restaurare e prodotto che vi viene applicato, spesso producono, in poco tempo, maggior danno di quanto non ne abbia prodotto, in molti secoli, il naturale passare del tempo.

Ma la cosa più grave è costituita dal fatto che le numerose operazioni di manutenzione e restauro, che quotidianamente vengono avviate dalle strutture operative preposte, non sempre vengono registrate e, quando ciò avviene, la documentazione relativa è redatta su supporto cartaceo e secondo modalità non uniformate. Di conseguenza le numerose informazioni quotidianamente prodotte non possono essere né elaborate né interrelate.

La dislocazione geografica dei materiali e delle forme di degrado, le interazioni tra processi degenerativi e fattori ambientali, i dati quantitativi sulle opere eseguite, i dati qualitativi sulle tecniche e sui prodotti usati sono solo alcune delle informazioni che il mondo della conservazione quotidianamente produce, ma alle quali, nella situazione attuale, non può accedere e che quindi non può utilizzare né per migliorare la qualità degli interventi né per assolvere i compiti istituzionali di indirizzo strategico e di programmazione.

Tecnologie impensabili fino a pochi anni fa permettono ora una rappresentazione geometrica dell'immagine fotografica, la visualizzazione di caratteristiche materiche e di fenomeni di degrado mediante trattamento delle immagini, la localizzazione di informazioni alfanumeriche su base geometri-

ca, la creazione di archivi aperti per la raccolta di informazioni utili alla elaborazione di quadri di sintesi.

È necessario dunque ripercorrere il processo conoscitivo e progettuale dell'intervento di conservazione al fine di sperimentare fin dove e in che modo le procedure tradizionali possano essere integrate o sostituite dalle moderne metodologie informatiche, fino alla scelta della procedura che si riterrà più idonea per essere proposta a livello nazionale.

2. OBIETTIVI

La presente ricerca intende quindi proporre l'obiettivo di valutare, dal punto di vista qualitativo e quantitativo, il comportamento nel tempo dei prodotti impiegati nelle attività di protezione e restauro delle superfici architettoniche premettendo, a tale fase, la standardizzazione delle procedure per la registrazione dei dati.

Solo attraverso il preventivo processo di standardizzazione delle procedure relative alla registrazione degli interventi che verranno eseguiti è possibile reperire dati che siano confrontabili a distanza di luogo e di tempo e ottenere, ad intervalli periodici, misure precise ed omogenee sul comportamento di un determinato prodotto in relazione al passare del tempo.

Inoltre, proprio attraverso la registrazione degli interventi di restauro via via eseguiti e registrati secondo modalità unificate sarà possibile costruire una Banca Dati ricca di informazioni anche di tipo statistico (localizzazione di materiali, ricorrenza di forme di degrado ecc.).

Gli obiettivi di questa ricerca sono, dunque, essenzialmente due:

- la creazione di una procedura che permetta di controllare, nel tempo, il comportamento dell'efficacia dei prodotti usati negli interventi di restauro;
- la creazione di un database multimediale e multidisciplinare che, attraverso un complesso di reti informatiche locali e nazionali, permetta una rapida ed esauriente diffusione dell'informazione.

In entrambi i casi il percorso obbligato è costituito dalle seguenti fasi:

1. Standard: definire procedure uniformi per la catalogazione, in tempo reale, degli interventi di restauro sulle superfici architettoniche con particolare attenzione alla tipologia del supporto e al suo stato di conservazione, alle procedure di intervento e ai prodotti usati.
2. Misure: individuare parametri materici "misurabili", dai quali dipende lo stato di conservazione del materiale e le strumentazioni adatte a prendere tali misure.
3. Controlli: istituire un controllo periodico (ogni 2/3 anni) in punti ed aree prestabiliti al fine di valutare il comportamento del prodotto in relazione al passare del tempo, confrontare i risultati ricavati da condizioni diverse e av-

viare la costituzione di una specifica banca dei prodotti con redazione, per ognuno di essi, della relativa Scheda Tecnica di Certificazione.

3. DESCRIZIONE SCIENTIFICA E TECNICA

Il processo di standardizzazione delle procedure di registrazione di tutte le attività che precedono, accompagnano e seguono l'intervento, si basa sull'uso di hardware e software specifici, messi recentemente a punto dalle scienze informatiche, in grado di semplificare sia la registrazione dei dati geometrici dei manufatti che la registrazione di tutte quelle informazioni che potremmo sinteticamente indicare come "non geometriche" o descrittive.

L'opera di standardizzazione riguarda, dunque, le procedure relative al *processo conoscitivo* (acquisizione dei dati), a quello *progettuale* (progettazione degli interventi) e a quello *esecutivo* (esecuzione degli interventi).

Il supporto delle scienze informatiche, nei vari settori di applicazione, permette non solo di creare, in modo semplice e rapido, una base geometrica cui riferire l'insieme dei dati utili all'intervento, ma anche di ricavare, in modo del tutto automatico, una serie di dati quantitativi.

Infatti può essere utile, nella fase progettuale, poter eseguire in tempo reale il calcolo delle superfici affette da una certa alterazione o quello della quantità di prodotto da usare in un dato intervento. Tali dati, infatti, possono portare direttamente a valutazioni sui costi e tempi di lavorazione e quindi a preventivi più precisi e aderenti alla realtà.

Per quanto riguarda l'opera di standardizzazione delle procedure di registrazione dei dati, qui di seguito vengono date le necessarie indicazioni. È opportuno ricordare che tale opera è già in qualche modo supportata dall'attività dei gruppi di lavoro quali le Commissioni Normal del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, che da tempo si sono date il compito di proporre "definizioni" scientifiche e ragionate di materiali, forme di degrado, tecniche di intervento ecc., in modo da impostare almeno il lessico di un linguaggio comune.

La loro attività, pubblicata in una serie di rapporti specifici, è stata utile all'avvio di uno specifico *Thesaurus* sull'argomento al fine di costruire un elemento di riferimento tra le esigenze proprie della ricerca e quelle proprie del sistema informativo adottato.

4. STANDARDIZZAZIONE DI ALCUNE PROCEDURE DEL PROCESSO CONOSCITIVO E PROGETTUALE

4.1 *Procedure standard per il rilievo dei dati geometrici*

Il rilievo geometrico viene eseguito con procedure di fotogrammetria speditiva e di ortoproiezione. Queste ultime, particolarmente adatte al rilevamento di superfici architettoniche, permettono la creazione di un'immagi-

ne rettificata e metrica partendo da un'immagine fotografica (prospettica). L'immagine ottenuta a monitor conserva tutte le informazioni visibili nella fotografia (dato raster) mentre un CAD di supporto permette di disegnare il manufatto e trasformare il dato raster in dato vettoriale.

Tale procedura è valida per superfici architettoniche piane e per superfici decorate (affreschi, dipinti murali, mosaici ecc.), ma è utile anche per catalogare e studiare iscrizioni, pagine di libri, singoli brani di testi ecc.

4.2 Procedure standard per il rilievo dei dati materici e dei dati diagnostici relativi allo stato di conservazione

Con analoghe tecniche informatiche è possibile perimetrare, sulla stessa base geometrica (sull'immagine raster rettificata o sul rilievo), aree corrispondenti a materiali di diversa natura (murature, intonaci, materiali lapidei vari) e quelle affette da una medesima forma di degrado. Oppure, nel caso di una iscrizione, individuare lettere o segni ricorrenti e stabilire le necessarie relazioni con altri testi.

Ripetendo l'operazione per tutte le alterazioni presenti sulla facciata è possibile costituire una serie di pagine tematiche elettroniche che possono essere visualizzate singolarmente o contemporaneamente individuando, in questo ultimo caso, quelle aree dove due o più forme di degrado interagiscono.

La perimetrazione delle aree alterate può essere associata a dati descrittivi, ma soprattutto permette, in tempo reale, il calcolo delle relative superfici.

Il processo di standardizzazione riguarda le modalità di individuare in maniera univoca i vari materiali e le diverse forme di alterazione e, allo stesso tempo, le modalità per una loro specifica rappresentazione (simbologia).

4.3 Procedure standard per la progettazione degli interventi (quantità, costi, tempi)

A tale proposito bisogna ricordare che sono stati perfezionati particolari software per la gestione del territorio che a forme geometriche elementari quali aree, linee e punti possono associare pacchetti di informazioni.

Un tale GIS (Geographical Information System) può essere opportunamente personalizzato, finalizzandolo all'obiettivo proposto di mettere in relazione alcune parti della facciata del monumento con le informazioni ad essa riferite, considerando la facciata come una porzione di territorio e variando i parametri sulla base dei quali vanno raccolte le informazioni.

Il progetto dell'intervento risulta pertanto estremamente rapido e la misurazione della superficie delle aree degradate, precedentemente perimate, integrata con i dati progettuali (lt di protettivo occorrenti a mq, costo unitario del protettivo per mq di superficie da trattare, tempi di lavorazione ecc.), permette di ottenere preventivi estremamente aderenti.

Il processo di standardizzazione riguarda soprattutto la definizione univoca delle operazioni di restauro (pulitura, preconsolidamento, consolidamento, protezione della superficie), specificando, per ognuno degli interventi, tecniche di applicazione e prodotto.

4.4 Procedure standard per la registrazione degli interventi di restauro

La registrazione delle varie fasi dell'intervento diviene semplice ed uniforme per tutti gli operatori e l'immagazzinamento dei dati, col procedere dei lavori, diventa un fatto quasi automatico gestendo, attraverso il monitor, l'immagine dell'area sulla quale si opera e le informazioni ad essa collegate, alle quali si accederà richiamando con il mouse l'apertura di opportune finestre quali:

- la finestra *supporto* con le indicazioni relative ai materiali sui quali si opera;
- la finestra *degrado* dove sono elencate le diverse forme di alterazione individuate secondo indicazioni precise ed univoche (definizioni NORMAL e *Thesaurus*);
- la finestra *intervento* dove sono elencate le metodologie operative con le relative tecniche ed i prodotti usati;
- la finestra *dati quantitativi* dove vengono misurate ed annotate quantità, costi e tempi di lavorazione;
- la finestra *simboli grafici* dove possono essere richiamati e posizionati, nelle aree perimetrate sulla base grafica, specifici simboli opportunamente codificati per ognuna delle famiglie di informazioni.

5. PARAMETRI, STRUMENTI E MISURE

Durante la fase di registrazione delle informazioni secondo la procedura standard appena esposta, oltre alle famiglie di dati già elencate (materiale del supporto, forma di degrado, tecnica di intervento, prodotto usato ecc.) devono essere presi in considerazione altri parametri; in particolare alcune caratteristiche materiche che variano con l'intensità del degrado e che possono essere effettivamente misurate mediante opportune strumentazioni.

Si tratta di parametri che permettono la definizione di valori in termini numerici, e non mediante generiche e soggettive valutazioni sullo stato di conservazione (il tradizionale buono, medio, cattivo ecc.), e dei relativi strumenti di misura, in parte già in commercio, che questo progetto potrebbe contribuire a migliorare e caratterizzare.

Tali parametri sono quelli sui quali verranno effettuate le misurazioni a scadenze prestabilite e che permetteranno la valutazione dell'efficacia del prodotto (ad es.: grado di porosità, permeabilità al vapore d'acqua, colore, durezza, coefficiente di penetrazione o coesione, ecc.). Anche in questo caso, per la definizione dei parametri, si farà riferimento a definizioni specificatamente predisposte o raccomandazioni NORMAL, là dove queste esistano.

6. CONTROLLI PERIODICI E BANCA DATI PRODOTTI

In questa fase è necessaria un'ulteriore raccolta di dati desunti da controlli a scadenze programmate (dopo il primo esame immediato, a conclusione dell'intervento di restauro, seguiranno altri esami periodici ogni due anni) e registrati mediante le stesse metodologie, tecniche e strumentazioni utilizzate nella precedente fase di analisi. Tali misurazioni faranno riferimento ai parametri già codificati nella seconda fase dei lavori, così da ottenere misure confrontabili che costituiranno il complesso di informazioni da archiviare nella Banca Dati Prodotti.

Così impostato il sistema permette di confrontare misurazioni omogenee e di valutare, in tempo reale e in modo qualitativo e quantitativo, il comportamento di un dato prodotto in relazione a quella serie di variabili, diverse da caso a caso, immagazzinate nel precedente processo di registrazione delle misure rilevate.

Inoltre gli stessi dati permetteranno di compilare delle schede tecniche dei singoli prodotti che ne documentino le caratteristiche prestazionali. Tali schede saranno aggiornabili con i nuovi dati rilevati durante i controlli previsti dal programma.

Tale progetto, realizzato secondo le modalità sopra descritte e limitato, per ora, alle superfici in 2D, non presenta problemi di attuabilità in quanto si basa su procedure di standardizzazione che, una volta messe a punto, possono essere facilmente trasferite agli organi operativi e sull'applicazione coordinata di tecniche e strumenti di misura in larga parte già sperimentati.

7. IL CASO DI STUDIO: KHOR RORI, SULTANATO DELL'OMAN

Un'occasione per sperimentare quanto sopra esposto è stata data dalla collaborazione avviata con la MID, Missione Italiana in Dhofar. La MID, diretta da Alessandra Avanzini, dell'Università di Pisa, svolge la sua attività scientifica nella regione di Khor Rori dal 1996 e presenta un forte carattere multidisciplinare essendo composta da archeologi, architetti, geologi, epigrafisti e arabisti

Scopi principali dell'attività della MID sono la ricostruzione della storia di Khor Rori, uno dei più importanti porti nel commercio dell'incenso, la ricostruzione storica e linguistica della regione nonché la conservazione e la valorizzazione del patrimonio culturale e naturale in essa contenuto.

7.1 *Khor Rori, l'antica Sumhuram*

La piccola città fortificata di Khor Rori sorge a protezione di un porto del periodo preislamico situato sulla costa dell'Oceano Indiano nella regione del Dhofar (Oman sud occidentale). La sua fondazione, da parte del re dello

Hadramawt (Yemen nord orientale) verso la fine del I sec. a.C., è strettamente legata al grande sviluppo del traffico marino tra Roma e l'India che, nei primi secoli dopo Cristo, ebbe un notevole incremento grazie al pieno utilizzo dei monsoni.

Nota alle popolazioni locali con il nome di Sumhuram, essa è quasi certamente da identificare con Moscha, uno dei principali porti, secondo le fonti greche, per il commercio dell'incenso, pianta che, avendo bisogno di un clima umido e di un terreno secco, è coltivabile solo in poche zone al mondo.

La città sorge su un rilievo roccioso posto sulla sinistra del Wadi Darbat. In quel punto il letto del torrente si allarga a formare un'ampia laguna che, per le imbarcazioni del tempo, costituiva un porto naturale ed un valido rifugio alle intemperie dell'Oceano Indiano nel quale, dopo poche centinaia di metri, il Wadi Darbat finisce la sua corsa (Fig. 1).

Nella sua fase monumentale, durata fino agli inizi del IV sec., Sumhuram ci appare come una piccola città protetta da imponenti strutture e da torrette esterne. La cinta muraria, con uno spessore che si aggira intorno ai tre metri, non segue un disegno preordinato, ma un andamento spezzato da molte riseghe, dettate dall'andamento del terreno e da ragioni di difesa.

Il "Progetto di restauro del complesso monumentale di Khor Rori", redatto dallo scrivente, è stato scelto dal nostro Ministero per gli Affari Esteri quale Progetto Pilota e ritenuto meritevole di relativo finanziamento per il triennio 1999-2002.

Per l'attuazione del progetto si è scelta la via del co-finanziamento con il contributo specifico di Organismi Pubblici Italiani (MAE, Università di Pisa, CNR, MURST), Omaniti (Ministry of Information, Ministry of National Heritage and Culture) e di sponsor privati.

Il restauro del complesso monumentale di Khor Rori rappresenta l'elemento più importante di tutto il vasto programma di studio e conservazione avviato dalla MID. Esso comporta un'azione di restauro globale dell'antica città fortificata da portare avanti parallelamente ad un'opera di pulizia delle strutture murarie (depositi accumulati durante le precedenti campagne archeologiche) e da una campagna archeologica condotta su vasta scala e indirizzata alla definizione dell'originario tessuto urbano (abitazioni, strade, piazze, edifici pubblici, strutture portuali ecc.).

Parte integrante del progetto sono:

– Il programma di formazione.

Si prevede la creazione di un "cantiere-scuola" dove si potranno ricevere insegnamenti pratici su: indagini diagnostiche, tecniche di rilievo architettonico, principi e tecniche di restauro, tecniche di scavo.

– Il laboratorio mobile di restauro.

Con struttura prefabbricata da smontare alla fine dei lavori e riutilizzare in



Fig. 1 – Il porto naturale visto dalla città di Khor Rori con, sullo sfondo, i due promontori che proteggono l'estuario del Wadi Darbat. In primo piano i magazzini per l'incenso che da Khor Rori veniva trasportato verso il Mediterraneo e verso l'India.

altro sito archeologico. Contiene le attrezzature hardware e software, l'ufficio tecnico, il laboratorio per il restauro dei reperti, il magazzino prodotti.

– Il Parco Archeologico e il relativo “Centro Multimediale”.

La regione, che è movimentata da stupendi scenari naturali, si presenta anche ricca di numerose altre testimonianze delle epoche passate (siti archeologici, necropoli, ripari ecc.). La tradizionale forma di conoscenza costituita da “itinerari culturali”, illustrati da eventuali opuscoli e da cartelli esplicativi, potrà essere integrata dalla creazione di un “Centro Multimediale” in grado di presentare i molteplici aspetti del complesso monumentale e del suo vasto intorno territoriale.

7.2 *Analisi sintetica del degrado*

Le prime campagne di scavo furono condotte, all'inizio degli anni '50, dalla American Foundation for the Study of Man (AFSM) che concluse poi gli studi con due brevi campagne nel 1958 e nel 1960. Gli scavi della AFSM hanno riportato alla luce alcune abitazioni e magazzini nella parte Est della città, ma hanno ricoperto gran parte delle strutture murarie con terreno di riporto. Gli agenti atmosferici, il lungo abbandono delle strutture riportate alla luce e l'asportazione di conci di pietra per essere utilizzati in altre costruzioni hanno determinato, in questi ultimi anni, una notevole accelerazione dei processi di degrado che può essere sintetizzato nei seguenti punti:

– Degrado statico: il degrado statico deriva sempre dalla precaria tecnica costruttiva delle murature e mai da cedimenti di fondazioni dato che tutta la



Fig. 2 – Khor Rori: la possente parete che fiancheggia, sul lato Ovest, il percorso di ingresso alla città. Nella parte alta della muratura è visibile l'alterazione cromatica dovuta a degrado biologico.

città poggia su un enorme affioramento roccioso. Nella grande maggioranza si tratta di “murature a sacco” con cortina di pietrame sgrassato sulle due facce esterne e riempimento interno in terra e spezzoni di pietra. L'intervento di restauro sarà quindi di *consolidamento* delle strutture pericolanti, *ripristino*, cioè rimontaggio delle pareti crollate con pietrame ancora sul posto o *ricostruzione*, nel caso di parti completamente mancanti.

– Degrado morfologico: interessa soprattutto alcune parti del complesso della porta e del tempio. Là dove, a fronte di grosse lacune, esistono indicazioni sui reali allineamenti delle murature, sarà necessario provvedere alla ricostruzione delle parti mancanti allo scopo di ricostituire l'originaria immagine architettonica non più leggibile. Ogni parte ricostruita sarà evidenziata da leggera rientranza ed identificata mediante l'apposizione della data cristiana e islamica.

– Degrado biologico: gran parte delle murature, costituite da blocchi di calcare di colore bianco panna con sfumature rosate, sono colpite da una fastidiosa colorazione scura che le confonde facilmente con il terreno circostante (Fig. 2). Tutto il complesso monumentale appare così come un desolato ammasso di terra e pietre. Studi recenti hanno evidenziato come tale alterazione cromatica derivi, nella grande maggioranza dei casi, dall'azione di microrganismi appartenenti alla flora micetica dei funghi neri. Tali funghi sono in



Fig. 3 – Khor Rori: planimetria dell'insediamento e dell'area adiacente. Il rilievo delle curve di livello mostra la strategia difensiva della città basata sulla conformazione del terreno. I lati Est, Sud e Ovest sono difesi naturalmente dalle forti pendenze; il lato Nord, quasi pianeggiante, presenta la più forte concentrazione di torri difensive nonché l'unico ingresso alla città.

grado di produrre acidi organici capaci di alterare il colore originario e di produrre, nella pietra, cavità medio grandi di origine biogenetica.

8. LA REGISTRAZIONE DELLE INFORMAZIONI

Il rilievo planimetrico è consistito nel rilevare tutti i punti significativi per il disegno della cinta muraria perimetrale, delle murature ancora visibili nelle aree oggetto delle precedenti campagne archeologiche e, soprattutto, per il disegno delle due strutture più importanti rappresentate dalla porta di ingresso alla città e dal cosiddetto palazzo-tempio.

Inoltre, al fine di mettere in relazione l'impianto urbanistico e architettonico del complesso con la conformazione del terreno sul quale esso insiste, è stato eseguito un rilievo planovolumetrico della cinta muraria e di tutto il terreno circostante, ad essa immediatamente adiacente (Fig. 3).

8.1 *La prima procedura standard: rilievo geometrico per mezzo di ortofoto*

La prima procedura standard è costituita dalle modalità per la realizzazione del rilievo geometrico realizzato mediante uno dei sistemi di ortoproiezione attualmente in commercio (MSR della Rollei).

Mediante il rilevamento di un limitato numero di punti topografici da individuare sulla facciata stessa e la ripresa fotografica dell'oggetto da rilevare si è proceduto alla realizzazione di raddrizzamenti fotografici in scala (dato raster) e del relativo disegno (dato vettoriale). Trasferendo i prospetti ed i relativi profili in Autocad è stato possibile eseguire le richieste sezioni-prospetto in modo estremamente fedele alla realtà.

Tale metodologia di rilevamento, basata su operazioni di raddrizzamento fotografico controllabile al calcolatore, appare particolarmente efficace, rapida e precisa proprio in tutti quei casi, come appunto quello di cui ci stiamo occupando, nei quali l'oggetto da rappresentare è costituito da una parete sufficientemente piana e composta da conci di pietra.

8.2 *La seconda procedura standard: localizzazione di materiali e forme di degrado sul rilievo geometrico*

La seconda procedura standard per la registrazione delle informazioni è costituita dalla individuazione e dalla localizzazione, sull'immagine precedentemente rettificata, sia dei materiali che compongono la facciata che delle forme di degrado in essa presenti (Tav. IX, b-1).

A tale proposito bisogna ricordare che la principale caratteristica dei Geographical Information Systems (GIS) per la gestione del territorio è costituita dalla topologia che permette di riferire, e quindi georeferenziare (localizzare su base geometrica), informazioni alfanumeriche a forme geometriche elementari quali punti, linee e poligoni.

Un tale GIS può essere opportunamente personalizzato, finalizzandolo all'obiettivo di mettere in relazione alcune parti della facciata del monumento con le informazioni ad essa riferite su materiali e degrado, considerando la facciata stessa come una porzione di territorio.

In tal modo è possibile perimetrare, sull'immagine raster rettificata, aree corrispondenti a materiali diversi (murature, intonaci, materiali lapidei vari) e quelle affette da una stessa forma di degrado. Ripetendo l'operazione per tutte le alterazioni presenti sulla facciata è possibile costituire una serie di pagine tematiche elettroniche che possono essere visualizzate singolarmente o contemporaneamente individuando, in quest'ultimo caso, quelle aree dove due o più forme di degrado interagiscono.

8.3 *La terza procedura standard: progettazione dell'intervento di restauro*

Completata la registrazione del quadro diagnostico è possibile iniziare la progettazione degli interventi. Con le stesse procedure informatiche utilizzate per localizzare materiali e degrado è ora possibile scegliere l'intervento necessario (pulitura, pre-consolidamento, consolidamento, protezione della superficie) e specificare, per ognuno degli interventi, le tecniche di applicazione e i prodotti usati.

Appositi archivi precostituiti e contenenti l'elenco dei valori possibili per ciascun attributo verranno richiamati a video mediante apposite "finestre" che si susseguiranno secondo una struttura ad albero che permette il passaggio automatico da famiglie di dati di carattere generale a famiglie di dati sempre più dettagliati.

La rappresentazione del progetto dell'intervento risulta pertanto estremamente semplificata e la misurazione delle superfici delle aree degradate, precedentemente perimetrare, integrata con i dati progettuali (lt. di prodotto consolidante a mq., costo unitario del consolidante per mq di superficie da trattare ecc.), permette di ottenere preventivi precisi ed in tempi rapidi (Tav. IX, b-2).

8.4 *La quarta procedura standard: registrazione dell'intervento eseguito*

Una volta eseguito l'intervento, si provvederà a registrare le operazioni eseguite (preconsolidation, cleaning, plastering, gluing, repairing, consolidation, protection) e a specificare le tecniche usate insieme ai metodi di applicazione, ai materiali tradizionali e ai nuovi prodotti usati.

Mentre il momento progettuale interessa soprattutto il progettista dell'intervento e non serve ad archiviare ulteriori informazioni, questa ultima fase, al pari delle procedure per eseguire il rilievo geometrico e per inserire dati su materiali e forme di degrado, costituisce un'ulteriore momento di incremento del database multidisciplinare.

In tale occasione, infatti, verranno registrate le operazioni effettivamente eseguite e le prime informazioni relative ai parametri materici di cui si

è parlato al paragrafo 5. Per quanto riguarda questi ultimi occorrerà inserire i dati relativi ai valori prima dell'intervento, dopo l'intervento e poi quelli presi a scadenze prefissate in modo da impostare il processo di controllo del comportamento nel tempo dell'intervento eseguito e della validità del prodotto usato.

9. IL PROBLEMA DELLE SUPERFICI ARCHITETTONICHE CURVE

Tutto il processo di standardizzazione che si è appena proposto parte dal presupposto che si operi su superfici architettoniche che, entro una certa approssimazione, possiamo considerare piane. Nel momento in cui ci si trova davanti ad una superficie curva, sia essa concava o convessa, non possiamo più eseguire il rilievo geometrico con i sistemi precedentemente esposti, né possiamo operare con le procedure standard legate all'utilizzo di un GIS.

Tale problema è stato affrontato sulla facciata di S. Ivo alla Sapienza del Borromini a Roma. Le operazioni di elaborazione raster, a livello di rappresentazione fotografica, della facciata della chiesa sono state effettuate con la stazione fotogrammetrica digitale StereoView.

Tale software, sviluppato e prodotto da Menci software S.r.l., permette, oltre alla canonica restituzione stereoscopica, anche una serie di complesse elaborazioni che integrano e talvolta sostituiscono la stessa stereorestituzione vettoriale. Tra queste assume particolare importanza il modello raster tridimensionale di cui trattiamo adesso.

Uno degli obiettivi che ci siamo posti, con la realizzazione delle funzioni di fotogrammetria raster di StereoView, è stato di estendere il concetto di ortofoto fino ad arrivare a quello di modello raster tridimensionale. L'elaborato che il programma è in grado di produrre è una rappresentazione di sintesi, in cui i fotogrammi metrici vengono deformati e mosaicati sul modello numerico fino a costituirne un involucro fotografico tridimensionale perfettamente ripetibile. Ciascun fotogramma – e ciascun particolare in esso rappresentato – si trova così ad assumere la posizione spaziale che gli compete; questa proprietà conferisce al modello la possibilità di essere misurato nelle tre dimensioni e rappresentato in qualunque vista assonometrica.

Dovendo rappresentare geometrie semplificate è vantaggioso utilizzare strumenti di restituzione bidimensionale. È il caso di pareti affrescate, prospetti di edifici, pavimentazioni ed altro, sotto l'ipotesi di intendere trascurabile l'informazione relativa alla conformazione locale della superficie. Assumendo come piano di rappresentazione quello che meglio interpola la superficie stessa, si procede alla rettifica delle prese mediante procedure di raddrizzamento omografico (prospettico). Il prodotto dell'elaborazione consiste in fotogrammi raddrizzati, rototraslati (ruotati e spostati) e mosaicati, al fine di costituire la rappresentazione in continuo bidi-

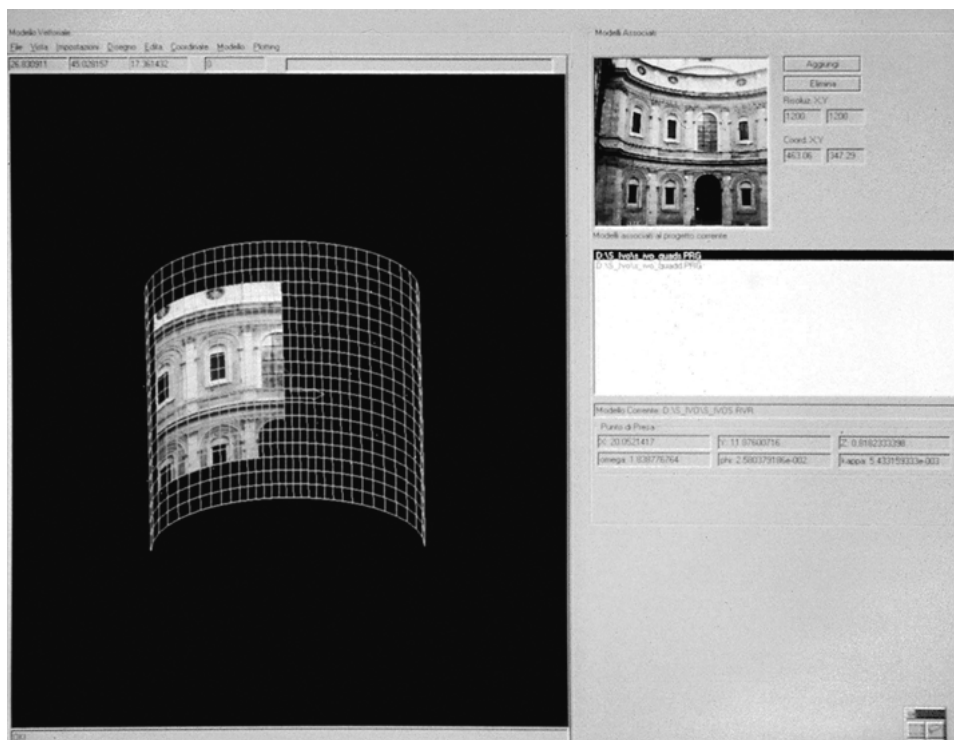


Fig. 4 – Il raddrizzamento delle superfici curve. È possibile costruire una griglia, nel caso un cilindro retto a base ellittica, e su di essa proiettare i fotogrammi orientati sulla base dei punti di controllo. La fase finale consiste nella proiezione del modello stesso in un piano di rappresentazione ottenendo, così, l'ortofoto del soggetto.

mentionale metrico dell'oggetto. Nell'eventualità in cui si debbano gestire diversi piani è possibile operare a più riprese mediante raddrizzamenti diversificati.

La ricostruzione dell'oggetto reale è subordinata alla conoscenza del suo modello numerico tridimensionale. Tale modello consiste in un insieme di elementi geometrici con coordinate spaziali che descrivono con il loro ingombro la forma dell'oggetto in esame. Esistono più modi per descriverlo, tra questi citiamo il DTM (Digital Terrain Model) o grigliato regolare di punti, le curve di livello e la restituzione vettoriale al tratto.

Oltre a questi, in riferimento al caso in esame, StereoView consente anche il trattamento di superfici matematiche tridimensionali. La facciata di Sant'Ivo è costituita da una superficie piuttosto regolare sulla quale sono stati rilevati numerosi punti di appoggio. Il software è in grado di calcolare la superficie matematica che meglio si approssima ai punti di controllo. Tale

superficie risulta essere un cilindro retto a base ellittica. Nota la conformazione geometrica dell'oggetto ed il suo posizionamento nello spazio, è possibile costruire una griglia che rispetta il modello matematico e su di essa proiettare i fotogrammi precedentemente orientati sulla base dei punti di controllo (Fig. 4).

Il procedimento, rispettando rigorosamente l'inversione della proiezione centrale che ha generato il fotogramma, conduce alla realizzazione di un modello raster 3D della facciata della chiesa. La fase successiva, al fine di rendere fruibile su database bidimensionali l'oggetto così realizzato, consiste nella proiezione del modello stesso in un piano di rappresentazione, ottenendo pertanto l'ortofoto del soggetto.

10. DIFFUSIONE DELL'INFORMAZIONE

Le nuove tecnologie per la diffusione dell'informazione presentano una serie di caratteristiche distintive che è opportuno riassumere sinteticamente in riferimento alla costituzione di progetti di ricerca basati sullo scambio di informazioni e alla salvaguardia di competenze operative e artigianali relative al patrimonio archeologico e architettonico.

10.1 *La società dell'informazione*

Con il termine di nuove tecnologie dell'informazione si intende una generazione di hardware e software relativi a settori diversi che vanno dalle telecomunicazioni (telefonia, telefonia mobile, radio, televisione), ai media (editoria tradizionale ed elettronica) e alle tecnologie dell'informazione (off-line e on-line), il cui vertiginoso sviluppo ha configurato una società futura largamente basata sull'uso di tali tecnologie e perciò stesso denominata la società dell'informazione.

Gli elementi che caratterizzano lo sviluppo di tali nuovi mezzi di comunicazione e diffusione dell'informazione sono essenzialmente quattro: la convergenza, la multimedialità, l'interattività e lo spazio geografico.

- La convergenza. È quella di apparecchiature, anche molto diverse, ma contenenti gli stessi componenti elettronici, verso l'unica piattaforma digitale.
- La multimedialità. Determinata dal supporto unitario della piattaforma digitale la quale permette che su un unico supporto vengano registrati testo parlato e scritto, suoni, immagini fisse o in movimento, grafica e animazioni al computer.
- L'interattività. Nel caso sia di un prodotto off-line fornito ad esempio da un CD-I sia di un prodotto on-line mediante collegamento in Internet, la interattività permette all'utente finale di superare l'atteggiamento passivo, tipico ad esempio del tradizionale programma televisivo, mettendolo in grado, in-

vece, di navigare nel mare delle informazioni secondo un personale itinerario di ricerca modificabile ogni volta.

– Lo spazio geografico. L'enorme ampliamento dello spazio geografico nel quale avvengono gli scambi di informazioni tra gli individui è dovuto in gran parte alle aumentate capacità di archiviazione e gestione dei dati e alla contemporanea progressiva diminuzione dei costi (è stato affermato che ogni 18 mesi la potenza delle apparecchiature raddoppia e i costi si dimezzano). Tutto questo, insieme al fatto che si tratta di sistemi "user friendly" cioè facili da usare, ha portato alle conseguenze più importanti per quanto riguarda la vastità dello spazio geografico interessato dal fenomeno e la rapidità di accesso ai dati: oggi singoli individui e imprese, sparsi in tutto il mondo, sono in collegamento e in competizione in tempo reale.

10.2 *Acquisizione delle informazioni*

La fase di acquisizione delle informazioni, attraverso le procedure standard precedentemente esposte, può essere paragonata alla produzione di numerose cartografie. Nel caso di studio esposto si è utilizzata una personalizzazione del TN-Sharc, un software di produzione SIATEL snc, che permette di realizzare la topologia dell'informazione geometrica funzionale al GIS del sito archeologico. Il TN, personalizzato, contiene quindi tutti gli archivi precostituiti e le modalità di assegnazione degli attributi alle aree precedentemente perimetrate.

In tal modo si viene a creare una tale mole di informazioni che, inserite nel GIS del sito archeologico, ne fanno uno strumento particolarmente efficace per la gestione e la manutenzione di una struttura che risulta essere in continua evoluzione. Tale strumento, inoltre, fa sì che il sito stesso, identificato a mezzo delle sue coordinate, possa essere inserito nel territorio circostante con piena consapevolezza del suo impatto ambientale in e out.

Diviene inoltre possibile effettuare interrogazioni e visualizzare, ad esempio, tutte quelle aree del sito dove si è manifestata una certa forma di degrado, oppure realizzare sovrapposizioni (*overlays* topologiche) incrociando tematismi diversi. Si potrebbe, ad esempio, sovrapporre la carta dei materiali con quella delle forme di degrado per verificare la diffusione dell'alterazione in relazione alla localizzazione del materiale.

10.3 *Le reti Intranet ed Internet*

Una volta che le informazioni siano state prodotte e archiviate, queste possono essere interrelate con quelle provenienti da altri siti archeologici previo inserimento delle stesse in un server che si configura nel sistema in maniera funzionale ed è denominato Net Atlante della Siatel.

Il Net Atlante, attraverso un'adeguata strutturazione degli accessi, permette la "pubblicazione" delle informazioni stesse attraverso la creazione di

un Repertorio Cartografico nel quale sono presenti tutti i tematismi organizzati per classi.

Il Net Atlante, localizzato in ogni Soprintendenza e nei siti archeologici più complessi e importanti, costituisce il punto di riferimento degli utenti di quella specifica Intranet. L'utente remoto, collegato via telematica con il server, può scegliere le "cartografie" che vuole consultare, caricarle sulla propria stazione di lavoro e visualizzarle mediante un apposito browser denominato Map Viewer.

I monumenti e i siti archeologici appartenenti ad una stessa Soprintendenza verranno, quindi, ad essere tra loro collegati con una rete Intranet che avrà il server di riferimento presso la Soprintendenza stessa. Le singole Soprintendenze verranno tra loro collegate in una nuova rete Intranet che avrà il server di riferimento presso il Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

Una volta stabilita la normativa di standardizzazione del dato a livello nazionale, sarà possibile avere un flusso di informazioni corretto ed omogeneo. A tal punto il sistema potrà produrre elaborati di sintesi, aventi carattere generale o statistico, su specifici argomenti (dislocazione sul territorio di materiali, diffusione di determinate forme di degrado, dati quantitativi sugli interventi di manutenzione e restauro in specifiche aree geografiche o amministrative ecc.), informazioni particolarmente utili a delineare indirizzi strategici o programmi operativi di lunga prospettiva.

Il Ministero, a sua volta, pubblicherà sul suo web cartografico le informazioni che riterrà utili ai settori specialistici, ai settori didattici o a quelli relativi ad una larga diffusione dell'informazione.

11. CONCLUSIONI

La ricerca è indirizzata alla sperimentazione, validazione e/o creazione di metodologie informatizzate per l'analisi del manufatto architettonico e la visualizzazione dei parametri geometrici, materici e di degrado al fine di individuare nuove procedure per la documentazione del processo conoscitivo, la progettazione degli interventi, la registrazione delle opere di manutenzione e restauro eseguite, il controllo e l'eventuale certificazione dei prodotti usati.

Le procedure individuate dovranno avere le caratteristiche di un uso semplificato e di una gestione mediante PC collegato in rete con un Centro di Elaborazione situato presso il Ministero per i Beni e le Attività Culturali o altro Istituto a ciò deputato.

11.1 *Descrizione particolare degli obiettivi*

Nel quadro dell'obiettivo di fondo consistente nell'informatizzazione delle procedure conoscitive, progettuali e gestionali del patrimonio culturale immobile, la ricerca si prefigge una serie di obiettivi minori che possono essere considerati come altrettante fasi di sviluppo della ricerca stessa:

- Standardizzazione delle procedure per la conoscenza e la rappresentazione dei dati geometrici, delle forme di degrado, delle proposte progettuali e per la registrazione degli interventi eseguiti.
- Individuazione di parametri materici indicatori dello stato di conservazione e dei relativi strumenti di misura che diano valutazioni quantificabili numericamente e reperibili in cantiere (analisi non distruttive).
- Standardizzazione di procedure informatizzate per la rappresentazione geometrica, mediante raddrizzamento fotografico, di superfici architettoniche curve o non piane.
- Sperimentazione di modalità di rappresentazione e visualizzazione al fine di integrare l'analisi a vista con tecniche avanzate di trattamento dell'immagine.
- Sperimentazione e validazione di procedure informatizzate per la rappresentazione in 3D dei dati geometrici, materici, di degrado e di intervento sul manufatto.
- Progettazione e realizzazione di un sistema informativo complesso denominato "Protocollo unificato per la progettazione e la registrazione degli interventi di restauro sulle superfici architettoniche".

11.2 *Risultati previsti*

I risultati attesi alla fine della ricerca sono:

- Produzione di un CD Rom contenente il sistema informativo denominato "Protocollo unificato per la progettazione e la registrazione degli interventi di restauro sulle superfici architettoniche" che, sulla base delle caratteristiche prima delineate, possa essere adottato dal Ministero competente ed eventualmente da altri Enti.
- Manuale d'uso del sistema.
- Pubblicazioni relative alla documentazione delle singole fasi della ricerca.

11.3 *Benefici*

Come è stato evidenziato nei capitoli precedenti, il progetto qui presentato contiene al suo interno tre momenti diversi (standard, misure e test) consequenziali l'uno all'altro, ma ognuno in grado di assumere un'importanza specifica con relative ricadute di tipo economico e sociale, specifiche e globali.

La fase della standardizzazione delle procedure per l'acquisizione dei dati geometrici, materici, diagnostici, progettuali ecc. comporterà necessariamente un'ottimizzazione nello sviluppo di software specifici e di attrezzature per la rilevazione delle informazioni. Tale fase comporterà, inoltre, opportunità nuove ed inedite sul piano didattico ed informativo. Per renderse-

ne conto, basterà pensare alla grande quantità di informazioni, relative a tutto il processo conoscitivo, che sarà possibile visualizzare mediante computer.

Ancora più importante è il secondo momento del progetto relativo all'individuazione dei parametri da considerare per le misure a scadenze periodiche. Man mano che lo sviluppo tecnologico proporrà nuovi elementi, sarà possibile pensare alla creazione di nuove strumentazioni o all'ottimizzazione di quelle già esistenti.

Infine la fase finale, relativa alla certificazione dei prodotti, permetterà di introdurre criteri di ordine in un settore che attualmente ne risulta privo.

In particolare l'obiettivo principale proposto, cioè quello della costituzione di una scheda tecnica di certificazione per i prodotti in uso nel restauro delle "superfici architettoniche", permetterà la creazione di opportuni organi di controllo e certificazione, mentre il coinvolgimento nel programma degli organi operativi permetterà, al termine del progetto, di rendere immediatamente esecutive le norme da esso prescritte.

Inoltre, l'attuale applicazione del progetto alle "superfici architettoniche" permetterà di sperimentare procedure, software e metodologie che costituiranno un eccezionale bagaglio di esperienza per tentare un approfondimento della ricerca che interessi l'intero complesso architettonico ed affronti la possibilità di operare nel mondo informatico delle 3D.

ROBERTO ORAZI

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali
CNR - Area della Ricerca di Roma, Montelibretti

BIBLIOGRAFIA

- ALBRIGHT F.P. 1982, *The American Archaeological Expedition in Dhofar, Oman 1952-1953*, The American Foundation for the Study of the Man, Washington.
- AVANZINI A. 1996, *La Missione Italiana nel Dhofar*, «EVO», 19, 181-241.
- ORAZI R. 1997, *The restoration of the monumental complex of Khor Rori*, Pisa, Edizioni ETS.
- ORAZI R., ESPOSITO D., FICHERA M.G., VALDARNINI L. 1997, *Standardized methods for recording restoration action on architectonic surfaces: A case study*, in *Proceedings of 4th International Symposium on Conservation of Monuments in the Mediterranean*, Atene, Ed. Technical Chamber of Greece.
- ORAZI R., SALONIA P. 1994, *Information Technology and recovery: State of the art and future prospects*, in *Proceedings of the International Symposium "Ceramics in Architecture"*, in *8th CIMTEC (Firenze 1994)*, Faenza, Ed. TECHNINA, 599-605.
- ORAZI R., VALDARNINI L. 1998, *Protocollo unificato per la catalogazione degli interventi di restauro*, in *Proceedings of the International Symposium "Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin" (Catania 1995)*, Palermo, Luxograph.

ABSTRACT

Maintenance and restoration activity of archaeological structures are often recorded only on paper and not according to standardised procedures. For this reason a large amount of information produced daily can be neither referred to or elaborated. The geographical location of building materials and deterioration patterns, the relations between decay and environmental data, quantitative information on restoration work, products and techniques, are some of the types of information normally generated in the conservation sector which at present are not being used to improve the quality of the restoration activity or to accomplish the institutional task of strategic programming.

The main purpose of this research project was to devise a qualitative and quantitative method to evaluate the behaviour over time of products used for the protection and restoration of architectural surfaces, and to establish a single criterion for certifying their performances. Only after the procedures used to record the different kinds of data (geometrical survey, building materials, deterioration patterns etc.) have been standardised will it be possible to correlate and elaborate them, exchange information through a system of local and remote networks, and produce synthesis outlines.

The proposal has been tested on the monumental complex of Khor Rori in the Sultanate of Oman. The fortified city, built at about the end of the first century B.C., for the protection of a natural harbour, was located on the main maritime route that crossed the Indian Ocean, the Red Sea and the Nile, connecting Rome and the Mediterranean Basin to India (the Frankincense road). The study and the restoration of Khor Rori, chosen as a "pilot project" by the Italian Ministry of Foreign Affairs and financed by public organisations in Italy and Oman, will help to clarify the historical, commercial, and cultural relations between the Mediterranean and the Southern Arabian peninsula. This study has been conducted with the support of Siatel S.n.C. of Perugia and the Studio Menci of Arezzo.