



DIOCESI DI MANTOVA

**METODOLOGIE INNOVATIVE PER LA CONSERVAZIONE
PROGRAMMATA DIOCESI DI MANTOVA**

INTEGRAZIONE SETTEMBRE 2012



ENTE DIOCESI DI MANTOVA
PIAZZA SORDELO, 15 – 46100 MANTOVA
TEL 0376319511 – FAX 0376224740
beniculturali@diocesidimantova.it

DIOCESI DI MANTOVA
Piazza Sordello, 15 – 46100 Mantova

DIREZIONE REGIONALE PER I BENI CULTURALI E PAESAGGISTICI DELLA LOMBARDIA
Palazzo Litta – Corso Magenta, 24 – 20123 Milano

REFERENTI
Arch. Alessandro Campera

Responsabile Ufficio Tecnico
Diocesi di Mantova - Ufficio Beni Culturali Ecclesiastici
P.zza Sordello, 15 – 46100 Mantova
T +390376319511 F +390376224740
M beniculturali@diocesidimantova.it

SOGGETTI COINVOLTI
Ente Diocesi di Mantova
Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Lombardia
Ente Fondazione di Religione “Beato Contardo Ferrini” - Museo Diocesano di Mantova
Ente Seminario Vescovile
Ente Parrocchia di Sant’Andrea Apostolo

1

CONSULENTI
Politecnico di Milano – Dipartimento BEST
Via Bonardi, 9
20133 Milano

Laboratorio LARIFO – Polo territoriale di Mantova - Politecnico di Milano
Piazza D’Arco, 3
46100 Mantova

Geogra srl
Via Indipendenza, 106
46028, Sermide (MN)

Ing. Alberto Moretti
Via Roma, 13
33010 Venzone (UD)

Sommario

1.	Sintesi del Progetto	4
1.1.	Il complesso degli edifici	4
1.1.1.	Il Museo Diocesano di Mantova	4
1.1.2.	Il Palazzo Vescovile	4
1.1.3.	Il Seminario Vescovile.....	4
1.1.4.	La Basilica Concattedrale di S. Andrea Apostolo	5
1.2.	Il processo di conservazione nel quadro temporale post sisma.....	5
1.3.	La Conservazione Preventiva.....	6
1.4.	Strategie e metodologie innovative di conservazione del patrimonio	7
2.	WP 1 - La conoscenza dei manufatti attraverso i rilievi e i monitoraggi di controllo.....	9
2.1.	La conoscenza attraverso il rilievo.....	9
2.2.	Fasi di intervento e metodologie.....	9
2.3.	Tecnologie	10
2.3.1.	Modello tridimensionale speditivo.....	10
3.	WP 2 - La campagna diagnostica.....	14
3.1.	Le analisi microclimatiche	14
3.2.	Le analisi strutturali e la verifica di vulnerabilità sismica	15
3.2.1.	La verifica sismica nel campo della conoscenza strutturale	15
3.3.	Modalità delle indagini diagnostiche.....	16
3.3.1.	Indagine termografica	16
3.3.2.	Prove psicrometriche	17
3.3.3.	Monitoraggio microclimatico	18
3.3.4.	Normativa di riferimento	18
4.	WP 3. Attività di formazione	24
5.	WP 4. Piano di comunicazione.....	25
6.	Gli edifici.....	25
6.1.	Il Museo Diocesano di Mantova	25
6.1.1.	Vicende storiche	25
6.1.2.	Lo stato di conservazione.....	28
6.1.3.	Il progetto	28
6.2.	Il Palazzo Vescovile	28
6.2.1.	Vicende storiche	28
6.2.2.	Lo stato di conservazione.....	29

6.2.3. Il progetto	29
6.3. Il Seminario Vescovile.....	30
6.3.1. Vicende storiche	30
6.3.2. Lo stato di conservazione.....	32
6.3.3. Il progetto	32
6.4. La Basilica Concattedrale di S. Andrea Apostolo	32
6.4.1. Le vicende storiche	32
6.4.2. Lo stato di conservazione.....	33
6.4.3. Il progetto	33

1. Sintesi del Progetto

1.1. Il complesso degli edifici

Il progetto riguarda quattro edifici di grande importanza e si focalizza sulle problematiche e le implicazioni della gestione del microclima negli edifici storici. Si tratta di edifici con differenti caratteristiche costruttive e di differenti epoche storiche, che costituiscono un patrimonio importante da valorizzare e gestire.

L'ufficio dei Beni Culturali Ecclesiastici della Diocesi di Mantova, attraverso la figura del suo Direttore Mons. Giancarlo Manzoli, ha espresso l'esigenza di individuare un approccio innovativo alla gestione del patrimonio architettonico, intesa come attività volta sia alla conservazione sia alla valorizzazione degli edifici. Date le diverse funzioni che vengono svolte nei singoli complessi attualmente esiste un diverso approccio per quanto riguarda la manutenzione e la gestione degli interventi senza considerare il patrimonio della Diocesi come un sistema, ma come un insieme di edifici a sé stanti che non produce passaggio di informazioni, conoscenze e know-how ed economie di scala.

1.1.1. *Il Museo Diocesano di Mantova*

Intitolato al vescovo Francesco Gonzaga, ha sede nel chiostro maggiore dell'ex-monastero agostiniano di Sant'Agnese, di origini medievali, ristrutturato dopo la soppressione in forme neoclassiche (la facciata fu realizzata da Paolo Pozzo nel 1795). Attualmente il chiostro ospita al piano terreno la sede di organismi diocesani, mentre il museo occupa tutti gli ampi spazi del piano superiore. Il museo fu inaugurato nel 1983, raccogliendo manufatti di varia natura non più in uso dopo la riforma liturgica seguita al Concilio Vaticano II, o posti in siti non in grado di assicurarne la corretta conservazione. Il museo ha quindi collezioni ricche e diversificate di dipinti, arazzi, sculture, oreficerie, tessuti, libri miniati, ceramiche, avori e smalti, armature. Nel 2008 è stato inaugurato un nuovo allestimento ed il restauro della fronte neoclassica. Il museo ha ottenuto il riconoscimento da parte della Regione Lombardia, e fa parte del Sistema museale provinciale. Il progetto mira a razionalizzare non soltanto la gestione manutenzione dell'immobile, ma soprattutto il controllo del microclima e degli altri fattori di rischio per le collezioni, anche attraverso un intervento migliorativo su alcuni elementi tecnologici particolarmente inefficienti per la conservazione preventiva delle collezioni.

1.1.2. *Il Palazzo Vescovile*

Il Palazzo Vescovile si trova sul lato meridionale di Piazza Sordello, vicino al Duomo. Fu costruito tra 1776 e il 1786, ed apparteneva alla famiglia dei marchesi Bianchi fino al 1823, quando fu venduto alla Curia diocesana e divenne sede vescovile. All'interno si segnalano l'imponente scalone ed alcune sale affrescate dal Bazzani. Nel palazzo si trovano tra l'altro l'Archivio Storico Diocesano, che possiede un ricco patrimonio documentale relativo alla diocesi e comprende gli archivi della Mensa vescovile e della Basilica palatina di Santa Barbara, e il Seminario diocesano. Le grandi dimensioni e la complessità funzionale del palazzo richiedono una razionalizzazione del processo manutentivo in un'ottica di prevenzione, sfruttando le potenzialità tecnologiche e valorizzando le risorse umane presenti nell'ufficio tecnico diocesano.

1.1.3. *Il Seminario Vescovile*

Il Seminario, costituito nel 1594 dal Venerabile Francesco Gonzaga, vescovo, fu fondato con l'intento di risollevare la Chiesa mantovana dall'estremo degrado spirituale in cui allora si trovava e ad attuare i decreti del Concilio di Trento, istituendo un seminario, per fronteggiare l'ignoranza e la condotta decisamente poco evangelica di buona parte del clero. Situato accanto al Duomo a due passi da piazza Sordello è perfettamente integrato nel quadro urbanistico della città.

Nel passato il seminario è stato una cassa di risonanza del complesso rapporto tra la Chiesa e il mondo: è il caso della partecipazione del clero mantovano durante il Risorgimento, alle attività di

cospirazione contro il dominio austriaco e alle organizzazioni patriottiche del 1848, i cui maggiori esponenti, tra i quali don Enrico Tazzoli, risiedevano ed insegnavano in seminario; alcuni di loro pagarono con la vita il loro impegno sociale. Poi non si può dimenticare la figura del vescovo Giuseppe Sarto, divenuto Papa nel 1903 con il nome di Pio X, che lega la storia della Chiesa mantovana e del seminario alla Cattedra di Pietro. Ancora si ricorda la sua dedizione per l'insegnamento della musica tra i seminaristi.

Anche in questo caso, le grandi dimensioni e la complessità funzionale del palazzo richiedono una razionalizzazione del processo manutentivo in un'ottica di prevenzione, sfruttando le potenzialità tecnologiche e valorizzando le competenze delle risorse umane presenti nell'ufficio tecnico diocesano, per la gestione degli interventi.

1.1.4. *La Basilica Concattedrale di S. Andrea Apostolo*

L'albertiana basilica di S. Andrea è stata oggetto di un importante intervento di conservazione alla facciata e al pronao. Significative criticità rimangono tuttavia per gli interni. A tal proposito sono state identificate opportune campagne diagnostiche, al fine di determinare gli interventi più corretti e meno invasivi. In questo caso è direttamente impegnata la Direzione regionale MiBAC, che si propone come cofinanziatore per l'intervento diagnostico sugli interni della basilica.

Da una prima valutazione dello stato di fatto risultano evidenti problematiche conservative per le quali sono stati individuati tre diversi gradi di approfondimento:

1. la Basilica di Sant'Andrea sarà oggetto di una approfondita e completa campagna di attività conoscitive e di monitoraggio, per valutare l'entità dei cinematismi in atto, dal punto di vista strutturale, e per il controllo delle condizioni climatiche nel tempo al fine di poter redarre le linee guida che consentano di prevenire ulteriori degradi;
2. per il museo Diocesano si prevede un campagna diagnostica e un attività di monitoraggio volte principalmente ad individuare sbilanci termoigrometrici che costituiscono fattori di rischio per la conservazione delle superfici in opera e dei manufatti conservati, a determinare le condizioni microclimatiche e a fornire indicazioni relative alla creazione delle condizioni ottimali per la conservazione, oltre ad un programma di controlli ed azioni preventive;
3. per il palazzo Vescovile ed il Seminario di provvederà al monitoraggio microclimatico mediante sonde a supporto del monitoraggio strutturale e del controllo del comportamento dell'edificio. Inoltre i manufatti saranno dotati di un Programma di conservazione con l'obiettivo di definire prassi periodiche di controllo e manutenzione.

1.2. Il processo di conservazione nel quadro temporale post sisma

Alla base della strategia per la conservazione di un edificio vi è la necessità di un utilizzo compatibile in relazione con le caratteristiche del bene, nella consapevolezza che se è basilare conservare fisicamente il manufatto, è fondamentale che esso venga utilizzato in modo che l'uso costante implichì anche una cura continua, innescando continue verifiche funzionali al mantenimento e alla costante valorizzazione.

In questo caso ci troviamo di fronte ad un sistema di quattro edifici eterogenei tra loro anche dal punto di vista dell'uso e della fruizione, dunque diviene fondamentale avere una visione chiara delle modalità di utilizzo di ciascuno di essi e delle possibilità di fruizione, pensando ad ogni bene in relazione agli altri.

Un progetto di conservazione dovrebbe prevedere la sistematizzazione di una visione globale che comprende in sé il percorso che parte dalla conoscenza analitica ed approfondita del bene ed arriva alla gestione delle trasformazioni future, mediante l'approntamento di attività di conservazione preventiva, trasformando l'approccio verso la cura dell'edificio da evento a percorso di conservazione.

I sismi del maggio 2012 hanno tuttavia messo in chiara evidenza come nel processo della conservazione si debba avere a riferimento che il rischio sismico è un problema incombente che

diventa prioritario rispetto al contesto più generale della conservazione dei beni monumentali mantovani.

Il contesto attuale è caratterizzato da due aspetti dei quali tenere debito conto: il primo è la situazione di crisi economica che, inevitabilmente, avrà delle ripercussioni sulle risorse finanziarie che verranno messe a disposizione per la riparazione/miglioramento, e il secondo, di carattere tecnico, è legato al fatto che questo sisma è il primo che verrà gestito con un “corpus” normativo ben definito per il patrimonio culturale. Ci si riferisce alle “Norme Tecniche sulle Costruzioni” (NTC) e alle “Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche” (LLGG) del febbraio 2011.

Il secondo aspetto è quello che più significativamente si interfaccia con il progetto Cariplò, in quanto norma in modo analitico il processo di conoscenza della fabbrica (v. LLGG cap. 4 *CONOSCENZA DEL MANUFATTO*; 4.1 *Il percorso della conoscenza*) direttamente finalizzato alla verifica sismica degli edifici. A questo proposito va ricordato che le LLGG prevedono un meccanismo “premiale” in funzione del grado di conoscenza della fabbrica: se per l’edificio è disponibile un “alto” livello di conoscenza, le azioni da mettere in conto per la verifica sismica sono minori (principio di affidabilità). Questo significa interventi meno invasivi e meno costosi.

E’ evidente che il progetto Cariplò rappresenta uno step fondamentale per innescare un meccanismo virtuoso che allarga il perimetro di utilità, già di per sé stesso significativo, della conservazione programmata.

1.3. La Conservazione Preventiva

Per conservazione preventiva si intende il complesso delle attività idonee a limitare le situazioni di rischio connesse al bene culturale nel suo contesto. La conservazione preventiva implica l’introduzione di pratiche di prevenzione e procedure di controllo e risposta, di cui si conservi l’esatta traccia mediante una registrazione strutturata dei dati e della conoscenza acquisita.

L’attuazione di tali pratiche significa:

- programmare l’attivazione di risorse tecniche e finanziarie;
- programmazione delle attività di verifica sismica nel campo della conoscenza strutturale e della forma;
- programmazione delle attività preventive e manutentive;
- disporre di sistemi di archiviazione delle informazioni;
- disporre di strumenti di controllo;
- attivare procedure di intervento tempestivo con la collaborazione della figura dell’Utente, ossia colui che vive il bene, lo custodisce e ne governa l’uso;
- usare l’edificio in modi rispettosi (compatibilità dell’uso come obiettivo progettuale).

In seguito a queste premesse è inevitabile pensare di redigere un Programma di conservazione in modo da ottimizzare le risorse impegnate.

Partendo dal presupposto che l’evoluzione e le trasformazioni di un bene culturale sono in stretta relazione con il contesto, si assume come punto di partenza la posizione per cui la prevenzione si ottiene mediante l’attuazione di interventi indiretti volti a modificare le condizioni ambientali che possono generare la comparsa di fenomeni di degrado. E’ possibile da qui, passando dall’idea che la miglior cura è la prevenzione ottenuta con una periodica manutenzione, giungere ad una più ampia accezione di prevenzione intesa come parte integrante del processo di conservazione.

Tornando al termine prevenzione si può affermare che esso viene usato con differenti accezioni: vi è la prevenzione intesa come insieme di interventi sul contesto, il cui scopo è modificare le condizioni esterne al bene che possono determinare l’insorgere di fenomeni di degrado; vi è poi l’idea di prevenzione intesa come strategia che orienta i controlli, le azioni preventive e la manutenzione; infine si può pensare ad una prevenzione che si attua anche attraverso veri e propri interventi, nell’ottica di una loro efficacia preventiva. Se del resto l’obiettivo è di trasmettere il patrimonio culturale alle generazioni future assicurando nel contempo la fruizione e l’uso dei beni,

ciò comporta che ogni azione volta alla conservazione del bene sia il risultato di un processo decisionale interdisciplinare, che spesso prevede la compresenza di tutte e tre le accezioni di prevenzione sopra descritte:

- prevenzione intesa come insieme di interventi sul contesto;
- prevenzione intesa come strategia che orienta i controlli, le azioni preventive e la manutenzione;
- prevenzione attuata anche attraverso veri e propri interventi, nell'ottica di una loro efficacia preventiva.

1.4. Strategie e metodologie innovative di conservazione del patrimonio

Operativamente è possibile ipotizzare un percorso che preveda un piano di attività specifico per ciascun edificio, con un diverso grado di approfondimento delle tematiche relative alla conoscenza dell'edificio, in funzione di differenti obiettivi, con particolare attenzione alla verifica sismica.

Il Patrimonio preso in considerazione dal progetto, vede coinvolti diversi enti che hanno normalmente il compito e la responsabilità della gestione dei Beni: l'Ente Museo, la Parrocchia di S. Andrea, la Scuola Seminariale e la Curia, hanno assunto l'impegno della gestione degli edifici. Con questo progetto l'Ufficio della Diocesi per i Beni Ecclesiastici, in partenariato con gli Enti Gestori e la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Lombardia, ha messo in campo la necessità di organizzare le attività di conservazione e valorizzazione del patrimonio in un'ottica di gestione dove vengano ottimizzate le risorse disponibili e dove non vengano disperse le conoscenze, ma anzi vengano rese disponibili e vengano divulgate.

La proposta operativa è stata ideata con la finalità di coniugare l'utilizzo di tecnologie adeguate alla conservazione dei beni culturali con la creazione di un processo virtuoso per la conservazione preventiva e programmata, producendo una strategia operativa basata su una attività di monitoraggio e di programmazione degli interventi, così da ottenere il duplice risultato di mantenere gli edifici in un buono stato di conservazione ed ottimizzare le risorse economiche impegnate.

Si propongono infatti metodologie che risultino essere minimamente o per nulla invasive, ma che siano in grado di fornire risultati utili all'individuazione delle problematiche relative ai fenomeni di degrado riscontrati: ad esempio nel campo della conoscenza, il rilievo condotto con una strumentazione laser scanning 3D evita l'affissione sulle murature di mire ancorate con materiali siliconici; le indagini di caratterizzazione hanno la qualità di richiedere l'asportazione di una limitata quantità di materia, oltre che essere in parte realizzate con strumentazioni portatili; la manutenzione intesa come un insieme di pratiche di controllo e monitoraggio che porteranno all'individuazione di azioni preventive o di minimo intervento e non di interventi di sostituzione a guasto avvenuto.

In generale il percorso proposto per il progetto “Metodologie innovative per la conservazione programmata – Diocesi di Mantova” si articola nelle fasi descritte nei paragrafi successivi.

- WP 1 - La conoscenza dei manufatti si ottiene dalla combinazione di informazioni desunte da diversi ambiti metodologici e può essere di volta in volta definita conoscenza storica, strutturale, morfologica, materica, e diagnostica.
Il processo conoscitivo prende l'avvio dalla ricerca storica, prosegue parallelamente con un rilievo in dettaglio e si conclude con un rilievo diagnostico. I tre momenti ricostruiscono l'insieme delle notizie e delle vicende cardine che hanno caratterizzato la vita della fabbrica, rappresentano l'edificio nelle sue caratteristiche geometriche, tecnologiche e strutturali, aiutano a individuare i materiali costituenti e il loro stato di conservazione.
- WP 2 - Il progetto diagnostico e la verifica strutturale/sismica deve essere in grado, nel rispetto della complessità dell'edificio, di valutare e determinare i reali problemi del manufatto, in modo che siano evitate analisi in punti non rappresentativi. Altro aspetto è rappresentato vulnerabilità sismica che deve essere attentamente valutata e, se necessario, prevedere

nell'ambito degli interventi, la messa in opera di tutti i presidi necessari a ridurre i rischi. E' inoltre possibile garantire una maggiore qualità nella conservazione del bene nel senso che: i processi degradativi vengono assunti come perdita di qualità, mentre la diagnosi dei fenomeni di alterazione, l'individuazione delle cause scatenanti del danno e la conseguente individuazione di attività di cura e monitoraggio come recupero della qualità. La strategia della Conservazione programmata si traduce nella prevenzione intesa come processo che massimizza la permanenza dell'autenticità materiale del manufatto architettonico e che considera l'edificio come un sistema aperto. La conservazione del bene non può essere perseguita se non con una costante attenzione verso le dinamiche di mutamento degli oggetti costituenti l'edificio, ossia con l'esecuzione periodica di controlli e verifiche del suo stato di conservazione. A questi si devono associare alcuni interventi di manutenzione volti sia al mantenimento delle funzionalità degli elementi tecnologici sia alla protezione dall'azione che l'ambiente esterno ed il contesto esercitano sul manufatto.

- WP 3 – Attività di formazione. Le attività di controllo e monitoraggio dovranno essere condotte sia da personale specializzato sia dalle persone che ordinariamente si curano del bene, ciò implica che si debba prevedere un percorso formativo per il trasferimento delle nozioni relative alla metodologia ed all'utilizzo degli strumenti informatici impiegati.
- WP 4 – Piano di comunicazione. Sarà realizzata una campagna di comunicazione che avrà il compito di divulgare il nuovo corpus di conoscenze acquisite e di mostrare alla popolazione/pubblico i risultati ottenuti, con l'intento di implementare la qualità della fruizione del bene.

In tutto il progetto sarà coinvolto il Centro per la Conservazione Programmata del Politecnico di Milano dip. BEST e il Laboratorio LARIFO del Polo di Mantova del Politecnico di Milano per le loro specifiche competenze scientifiche. Vede inoltre coinvolte aziende private per il trasferimento dei processi metodologici alle realtà produttive collocate sul territorio.

Il progetto si segnala quindi per la partnership che andrebbe a consolidare tra la Diocesi, il Ministero, l'università e il mondo delle imprese. Inoltre si prevede un articolato programma di coinvolgimento e formazione rivolto a diverse figure interessate al processo di gestione e conservazione dei beni immobili e mobili di competenza ecclesiastica.

La valutazione dell'impegno economico per la realizzazione delle fasi operative previste dal progetto ha portato a quantificare i costi complessivi in **€ 560.000,00** per cui risulta che l'ammontare del contributo richiesto è di **€280.000,00**.

SOGGETTO	IMPORTO A COFINANZIAMENTO (Compresi oneri e IVA)	PERCENTUALE
Diocesi di Mantova	€194.600,00	34,75 %
Direzione Regionale	€85.400,00	15,25%
Fondazione Cariplo	€280.000,00	50,00%
Totale	€560.000,00	100,00%

2. WP 1 - La conoscenza dei manufatti attraverso i rilievi e i monitoraggi di controllo

2.1. La conoscenza attraverso il rilievo

Nel contesto italiano ed internazionale – in un ambito di attività non saltuarie ed episodiche, ma programmate – assumono particolare rilevanza i temi del rilievo ad un complesso di attività e di interventi destinati al controllo delle condizioni del bene culturale e al mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità del bene e delle sue parti.

In questa definizione si considera l'attività di rilievo come una attività complessa che richiede un approccio globale nella definizione dei modelli di organizzazione, nelle strategie conoscitive e attuative. In un contesto necessariamente multidisciplinare il rilievo è disciplina caratterizzata da un doppio compito: da una parte quello analitico, finalizzato a definire la conoscenza del Bene Culturale dal punto di vista geometrico materiale, radiometrico, con analisi degli elementi di dissesto e di degrado atti a descrivere quadri diagnostici dello stato di funzionamento e di degrado o di rischio; dall'altra quello metodologico-sperimentale, il cui obiettivo è quello di definire le migliori strategie di intervento in merito alle strumentazioni utilizzabili, alle metodologie di applicazione ed alla ricerca delle forme migliori di rappresentazione, nonché la sostenibilità economica funzione delle scelte sui metodi di rappresentazione del rilevato.

Le ragioni scientifiche per le quali il rilievo si pone come strumento di conoscenza sono dunque da ricondurre ad una precisa, estesa e non generalizzata definizione dei metodi di acquisizione delle informazioni, alla loro strutturazione geo-topografica in cui si mettano in evidenza le validità di tale documentazione. Si fa riferimento in particolare alle tipologie di rilievo terrestre laser scanning, al rilievo fotogrammetrico di tipo “close range” da terra.

Le analisi sul Patrimonio della Diocesi si pongono come obiettivo la sperimentazione - sulle base delle esperienze già acquisite – di nuove metodologie che contemporaneamente alla documentazione necessaria agli interventi di conservazione programmata ai costi delle stesse.

Il rilievo come strumento di conoscenza nell'ambito del progetto si propone di trovare un compromesso soddisfacente fra le esigenze di raffinata e precisa rappresentazione, tipo di rappresentazione, scala, modelli 3D, valutazione dei costi in funzione della tecnologia adottata e della sua funzionalità per un risultato utile.

2.2. Fasi di intervento e metodologie

Conoscenza, conservazione, divulgazione e valorizzazione sono aspetti di una realtà complessa che non possono essere mantenuti isolati e che trovano nelle varie discipline che contribuiscono alla loro diffusione, nelle quali il rilievo gioca un ruolo importante, la via per diffondersi come conoscenza primaria. La non conoscenza e la non divulgazione innescano o acuiscono processi di abbandono e quindi di obsolescenza. La valenza anche economica di un Bene si attiva quando questo viene conosciuto, valorizzato e inserito in un contesto attivo che lo usa. Un Bene Culturale che non assume il ruolo che gli compete e in cui non riveste un ruolo caratterizzante è destinato inesorabilmente alla decadenza.

La vastità, la diversità e la numerosità delle “parti” che caratterizzano le diverse architetture considerate nel progetto impongono che la fase di rilievo non sia troppo dispendiosa sia in termini economici sia di tempo. La metodologia di acquisizione deve fornire un prodotto di facile e rapida produzione che permetta di rilevare oggetti di grandi dimensioni in un tempo compatibile con i tempi della progettazione degli interventi di conservazione e manutenzione programmata senza incidere più di tanto sul bilancio delle attività. È importante che i dati acquisiti/elaborati in tempi diversi si possano confrontare. I prodotti finali del rilievo devono essere georeferenziati in un sistema locale e/o globale per poter facilitare il controllo di tutte le singole parti che compongono l'oggetto stesso.

La metodologia di rilievo ed elaborazione dei dati deve essere unica ma flessibile per adeguarla con facilità alle diverse geometrie degli “oggetti” che di volta in volta si presentano. È necessario quindi formulare una metodologia applicativa che utilizzi una tecnica di misura di tipo globale che

permetta di rilevare in tempi molto brevi la totalità dell'oggetto, lasciando nella successiva fase di elaborazione dei dati la scelta di quali diverse metodologie di post-produzione usare. La strada da percorrere è un percorso flessibile che permetta di misurare/rilevare globalmente e completamente tutto l'oggetto con metodologie indipendenti dalla sua forma e dimensione ed estrarre successivamente le informazioni che servono. Il rilievo risulta veloce e il dato acquisito è completo seppur in forma grezza di tutti i particolari ad una determinata scala. Durante la fase di elaborazione è l'utente che sceglie che informazioni estrarre e come elaborare il dato.

2.3. Tecnologie

La complessità ma soprattutto la dimensione degli oggetti da rilevare richiede una soluzione che permetta di acquisire, elaborare, gestire, memorizzare ed utilizzare grosse moli di dati. Oggi la scelta si orienta verso rilievi di tipo laser scanner e fotogrammetrici e tipologie di dato e formati che permettano di ridurre al minimo lo spazio di memorizzazione e che possano essere utilizzati anche da remoto per la loro consultazione online (dati centralizzati su un server e accesso da remoto). Il rilievo richiede l'automazione di molti processi d'elaborazione dei dati acquisiti (per velocizzare alcuni processi manuali “time-consuming” estremamente costosi). L'automazione di processi di orientamento, catalogazione e georeferenziazione permette di ottenere il dato finale in tempi brevi, accelerando e rendendo più economico tutto il processo di post-elaborazione.

Proprio per questo motivo è necessario lasciare largo spazio all'innovazione e all'applicazione di tecnologie nuove del campo del rilievo applicato ai Beni Culturali. Introdurre nuove tecnologie di rilievo all'interno delle procedure di monitoraggio, documentazione e controllo dei patrimonio culturale può e deve essere l'occasione per creare di un nuovo “modus operandi” con nuovi standard applicabili in un futuro a breve termine.

In questa ottica le due tecnologie che più rispettano le caratteristiche di flessibilità, speditività e automazione sono la fotogrammetria close range e il rilievo tridimensionale laser scanner. Entrambe queste metodologie presentano vantaggi e svantaggi, la scelta del ‘modo’ di operare e degli strumenti deve necessariamente tener conto del budget a disposizione, della dimensione del rilievo, del livello di dettaglio che si desidera raggiungere e dell'esperienza del gruppo di lavoro.

In particolare forniscono:

- modello tridimensionale speditivo globale di un oggetto ad una determinata data temporale;
- sotto forma di nuvole di punti ad alta risoluzione;
- modelli geometrici semplificati;
- possibilità di estrarre successivamente qualsiasi informazione.

Se integrate permettono:

- di aggiungere dettaglio e precisa informazione di colore al modello 3D;
- estrarre fotopiani e ortofoto per la mappatura dei fronti e per il computo metrico estimativo delle operazioni di restauro e manutenzione.

2.3.1. Modello tridimensionale speditivo

Il laser scanner terrestre (TLS) permette di ottenere in tempo reale la forma tridimensionale dell'oggetto rilevato. Dopo la fase di pulitura del dato grezzo e registrazione delle nuvole di punti è possibile visualizzare, navigare, misurare e utilizzare l'oggetto virtuale tramite semplici visualizzatori dedicati. Le caratteristiche principali che la strumentazione deve avere sono:

- alta risoluzione di scansione, con le nuove strumentazioni per il rilievo architettonico la massima risoluzione raggiungibile è di circa 2 mm;
- elevata velocità che permetta di accelerare notevolmente il lavoro di scansione riducendo di almeno un ordine di grandezza il tempo di misura che si ha con strumentazione a velocità normale. La massima velocità di scansione oggi (autunno 2011) disponibile è pari a 1000000 punti/sec.

La scelta di rilevare il dato ad alta risoluzione fa sì che il modello tridimensionale costituito dalla semplice nuvola di punti sia sufficientemente denso e permetta di distinguere e di monitorare

particolari e dettagli dell'ordine del centimetro. Per scale di rappresentazione (fino all' 1:5) la superficie dell'oggetto è visualizzabile come fosse una superficie continua permettendo quindi di vedere, gestire ed utilizzare il "modello digitale puntuale" come un normale modello tridimensionale costruito per superfici.

Questo prodotto può essere definito speditivo proprio perché è quasi immediato e nello stesso tempo completamente utilizzabile agli scopi di documentazione e manutenzione programmata. Si salta la fase vera e propria di modellazione che, molto laboriosa e onerosa in termini di tempo, risulta essere particolarmente ostica e complessa se l'oggetto presenta una geometria complessa ed irregolare. E' importante ai fini della completezza e della comprensione del modello tridimensionale l'integrazione dell'informazione di colore sulla nuvola di punti. "Colorare" il modello di punti incrementa la leggibilità del dato e favorisce la sua interpretazione da parte dell'operatore.

Il modello tridimensionale sotto forma di "nuvola di punti ad alta risoluzione" con l'integrazione dell'informazione di colore è quindi il mezzo più veloce per acquisire un oggetto e per creare un ottimo "modello virtuale" anche senza alcuna elaborazione successiva. È un "prodotto finito" che:

- consente di esplorare, misurare e studiare l'oggetto operando una sorta di "rilievo diretto virtuale" molto semplice;
- permette di avere una base per qualsiasi elaborazione successiva come l'estrazione manuale o semi-automatica di sezioni e profili, la creazione di modelli triangolati per eventuali operazioni di Reverse Engineering (RE);
- può essere utilizzato anche a scopo divulgativo/didattico di grande impatto attraverso la creazione di drive-through, filmati e video e la possibilità di visualizzazione tridimensionale.

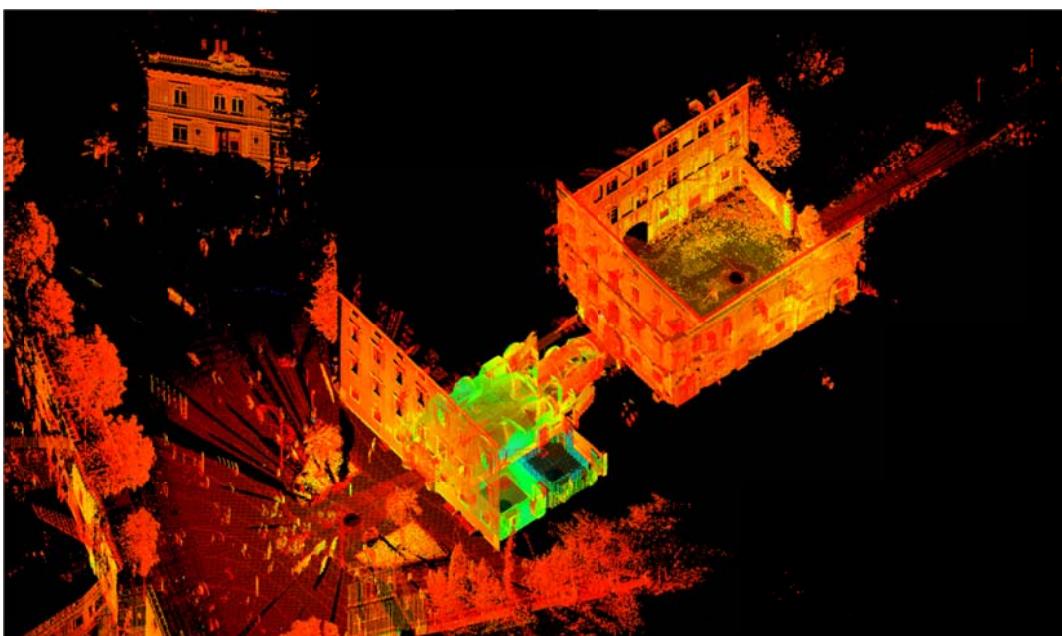


Figura 1 - Nuvole laser acquisite con il sistema Laser Scanning

La predisposizione e l'utilizzo di ortoimmagini risulta di grande utilità, anche in termini di rappresentazione grafica, ai fini della quantificazione e della mappatura del degrado. Questo tipo di restituzione fotografica, se condotta in modo tradizionale, richiede normalmente un'elaborazione abbastanza impegnativa in termini di tempo, in particolar modo per quanto riguarda l'orientamento delle immagini con software fotogrammetrico dedicato e la creazione del DSM con tecniche di matching d'immagine .



Figura 2 - Scansione Laser 3D con riproiezione del colore acquisito fotogrammetricamente

A partire dal modello tridimensionale testurizzato ottenuto con il dato TLS, è possibile creare l'immagine rettificata dell'oggetto in maniera speditiva proiettando la “superficie puntuale” sul piano d'interesse. Questo è possibile dall'elevata risoluzione con cui viene eseguita la scansione, che non comporta perdite di dettaglio nell'immagine finale e dall'accuratezza del processo di testurizzazione eseguito per via fotogrammetrica o automaticamente.



Figura 3 - Ortofoto speditiva di un fronte interno

Un ulteriore vantaggio, sempre in termini di ottimizzazione dei tempi di restituzione, è dato dalla possibilità offerta dalla nuvola testurizzata di scegliere di volta in volta la zona di interesse e quindi sulla base di questa calcolare in maniera semplificata il corrispondente piano di proiezione. È possibile così creare orto-immagini alla scala desiderata e generare il relativo file di georeferenziazione che permette di caricare l'immagine alla giusta scala e nella giusta posizione in ambiente Autocad, dove poi è possibile operare con le classiche tecniche di mappatura e quantificare le aree per le quali predisporre indicazioni progettuali.

Le ortofoto sono costruite utilizzando il modello tridimensionale testurizzato ed operando la proiezione delle zone di interesse su un piano scelto ad hoc dall'operatore. Rispettando il principio fondamentale di “proiezione ortogonale” ognuna di queste immagini è georeferenziata l'una rispetto all'altra.



Figura 4 – Facciata della Basilica di S. Andrea acquisita con il sistema Laser Scanning



Figura 5 – Sezione del blocco della facciata della Basilica di S. Andrea

3. WP 2 - La campagna diagnostica

Il progetto diagnostico deve essere in grado, nel rispetto della complessità dell'edificio, di valutare e determinare i reali problemi del manufatto, realizzando analisi volte ad indagare lo stato di conservazione dell'edificio. Le analisi da eseguire sono quindi scelte in base alla valutazione del degrado, ai requisiti per l'ottimale conservazione del manufatto e alle necessità dovute all'uso. .

La qualità delle indagini è determinata da diversi parametri:

- la tecnica e le metodi operativi - le analisi sul costruito seguono, nell'esecuzione della prova, alcuni passaggi necessari che devono essere conosciuti nel dettaglio. Le indagini non solo devono essere condotte correttamente ma devono essere anche predisposte secondo criteri e procedure operative specifiche al caso in esame;
- la competenza degli specialisti che eseguono le analisi - la preparazione dell'operatore garantisce la verifica dell'idoneità della prova in base al materiale analizzato, l'esattezza dei criteri operativi ma soprattutto la corretta interpretazione dei risultati. La capacità di chi esegue le indagini non risiede solo nella conoscenza del tipo di indagine, ma consiste soprattutto nella consapevolezza dei suoi limiti e della sua efficacia e nella facoltà di scegliere le prove a seconda del materiale;
- il tempo di esecuzione - molte indagini non portano ad esiti immediati; la progettazione preliminare delle diagnosi non solo valuta i metodi e i tempi di esecuzione e di attesa dei risultati, ma deve anche prendere in considerazione la possibilità di ripetere la prova.

Innanzitutto per definire le metodologie di prevenzione del degrado e le procedure conservative si deve indagare la storia del materiale, poi le caratteristiche che lo individuano sia macroscopicamente che microscopicamente; poi si devono individuare i fenomeni di degrado e le relative cause scatenanti.

La campagna diagnostica si sostanzierà di alcune tipologie di indagine: monitoraggi per la valutazione delle condizioni micro ambientali e le loro variazioni, monitoraggi strutturali e indagini georadar.

3.1. Le analisi microclimatiche

Le analisi sul microclima rappresentano uno dei momenti centrali per capire la natura dei processi di degrado. Per la salvaguardia e la conservazione di un bene devono essere monitorati i seguenti parametri ambientali: la temperatura dell'aria (°C); la massima escursione giornaliera di temperatura (°C); umidità relativa (%); massima escursione giornaliera di umidità giornaliera (%); la temperatura e umidità dell'ambiente esterno e gli sbalzi termoigrometrici dovuti a fenomeni stagionali e/o da irraggiamento.

Le indagine che verranno eseguite sono:

- Termografia all'infrarosso termico, realizzata in modalità attiva per rilevare la presenza di elementi di ancoraggio, rinforzo, tamponamenti e metalli nella facciata della basilica di Sant'Andrea, a supporto della fase conoscitiva dell'edificio e a supporto dell'analisi strutturale. Si prevede inoltre l'utilizzo di termografia all'infrarosso termico anche per la valutazione di eventuali dispersioni termiche nel museo Diocesano e nel Seminario.
- Georadar, applicazione sulle murature della facciata della basilica di Sant'Andrea consentirà di localizzare e verificare la presenza di presidi e catene metalliche non più a vista, nonché di ottenere informazioni sugli strati più interni della struttura.
- Prove geognostiche elettriche per ottenere la stratigrafia nel terreno e individuare la presenza e distribuzione di acqua nel suolo, di vuoti e cavità.
- battute psicrometriche per la mappatura della distribuzione dei valori di Umidità Relativa, Umidità Specifica e Temperatura ambientale nel museo Diocesano. Si eseguiranno due rilevazioni, una nel periodo a cavallo tra primavera ed estate ed una nel periodo a cavallo tra autunno e inverno; ciascuna rilevazione è costituita da due rilevazioni effettuate la mattina, e una alla sera; il rilievo degli sbilanci termoigrometrici consentirà di scegliere le zone più

significative per l'installazione di sonde ambientali per il monitoraggio delle condizioni microclimatiche.

- monitoraggio microclimatico annuale mediante sonde ambientali. Le sonde saranno lasciate in situ per un tempo da definirsi che si prolungherà anche oltre il termine di questo progetto. Si intende eseguire il monitoraggio sulla basilica di Sant'Andrea, in proseguimento di quello già effettuato in questi ultimi quattro anni dal Politecnico di Milano, sul museo Diocesano, sul seminario e sul Palazzo Vescovile. Il monitoraggio delle osservabili ambientali è inoltre indispensabile per la valutazione dei dati ricavati dal monitoraggio strutturale, che verrà effettuato nel contempo a Sant'Andrea.
- L'analisi dello stato di fatto indicherà la discrepanza tra la situazione attuale ed i parametri ottimali da raggiungere per la conservazione dei materiali, e permetterà di rilasciare linee guida per la corretta gestione degli impianti di riscaldamento e raffrescamento, laddove presenti, al fine di prevenire l'insorgere di degrado delle superfici.

Il georadar verrà impiegato con l'obiettivo di rilevare una serie di profili a maglia regolare (distanziati 1 metro) ed incrociati, tali da permettere una ricostruzione bidimensionale del sotto pavimento.

3.2. Le analisi strutturali e la verifica di vulnerabilità sismica

Le indagini strutturali consistono in un sistema di monitoraggio strutturale al fine di controllare l'evoluzione nel tempo del quadro deformativo e fessurativo.

Saranno applicati in corrispondenza delle fessure strumenti per la misurazione di variazioni di apertura e di distanza delle murature contrapposte della navata.

I fessurimetri installati a cavallo delle fessure permettono di controllare la variazione nel tempo dell'apertura delle lesioni presenti nelle strutture murarie. Gli strumenti in acciaio inox vengono fissati alla struttura, ai due lati delle lesioni da controllare e perpendicolarmente al loro sviluppo, mediante barre filettate in acciaio inox fissate con resine. All'interno dell'involucro è alloggiato un trasduttore di spostamento elettrico di tipo potenziometrico lineare.

Gli strumenti che vengono proposti saranno collegati a Datalogger Wireless per la trasmissione delle informazioni alla centralina di acquisizione dati con lettura automatica delle informazioni e scarico delle informazioni acquisite manualmente, con cadenza almeno mensile, utilizzando la specifica centralina.

La campagna diagnostica sarà oggetto di un progetto a sé stante che verrà presentato alla competente Soprintendenza per ottenere l'autorizzazione a procedere con i prelievi.

3.2.1. La verifica sismica nel campo della conoscenza strutturale

La verifica risponde in modo dettagliato a quanto previsto nello "Schema di capitolato prestazionale per l'esecuzione delle verifiche sismiche" allegato alla versione 2011 delle LLGG e qui di seguito riportato in estratto: "... rendono la verifica della sicurezza strutturale di questi manufatti un vero proprio studio interdisciplinare in relazione alle molteplici competenze che sono implicitamente richieste. La ricerca dovrà, infatti, fornire una conoscenza compiuta dello stato di fatto e del livello di sicurezza strutturale attuale e delineare le eventuali ipotesi di intervento per il raggiungimento di un idoneo livello di sicurezza anche attraverso il ricorso a tecniche e tecnologie innovative, compatibili con le esigenze di tutela e conservazione."

In particolare gli elaborati della verifica sismica sono:

1. Caratterizzazione geologica del sito, geotecnica e sismica dei terreni;
2. Diagnosi sul campo e in laboratorio;
3. Analisi dello stato di fatto e del comportamento strutturale con indicazione dei danni;
4. Valutazione dell'impatto degli impianti tecnologici sugli elementi strutturali;
5. Analisi degli interventi di riduzione della vulnerabilità sismica;
6. Valutazione della sicurezza strutturale;
7. Report di sintesi dei risultati significativi;

8. Stima dei costi dei presidi necessari a ridurre le vulnerabilità locali.

Per ciascuna di queste voci, saranno valutate nel corso del progetto le necessarie realizzazione e studi per singolo manufatto, in funzione del grado di vulnerabilità sismica ritenuto non adeguato dai partner scientifici del progetto.

3.3. Modalità delle indagini diagnostiche

3.3.1. Indagine termografica

Le riprese termografiche in modalità passiva sono finalizzate ad individuare le aree che, in assenza di sollecitazione termiche, presentano un gradiente termico negativo a causa della presenza di acqua e della sua evaporazione in superficie. La procedura di prova prevede una scansione dell'intera superficie in indagine prima che essa sia raggiunta da irraggiamento solare e in condizioni ambientali tali da favorire l'evaporazione. Di interesse per l'analisi ai fini della localizzazione di aree umide sono le zone più fredde che si rilevano mediante termografia all'infrarosso¹ (ad esempio si vedano le fig. 6 - 8) .

L'analisi termica dei termogrammi, il confronto con lo stato di conservazione della superficie e della struttura, e la valutazione delle condizioni ambientali permettono di evincere la natura dell'anomalia rilevata. In presenza di umidità, la verifica mediante misura del contenuto d'acqua nei punti in cui si rileva un'anomalia termica consente di ottenere la mappa della distribuzione dell'acqua nelle superfici indagate. Tale verifica viene effettuata mediante prove gravimetriche.

Inoltre, l'applicazione di termografia con approccio attivo, sollecitando quindi un gradiente termico maggiore di 10°C attraverso l'involucro dell'edificio, consente di rilevare anomalie termiche della struttura a causa di dispersioni localizzate (fig. 9 - 13), che possono causare degrado delle superfici in opera per condensazione del vapor acqueo ambientale. In questo caso l'analisi termica dei termogrammi avviene evitando di avere altre sorgenti di calore che possano rendere meno omogeneo il flusso indotto e quindi alterare le temperature superficiali rilevate dalla termocamera.

L'approccio attivo² permette anche di rilevare la tessitura muraria sotto l'intonaco e di localizzare così la presenza di elementi strutturali non a vista (catene, capochiavi, piattebande, architravi, archi di scarico ecc.), la presenza di tamponamenti di precedenti aperture, o di risarcimenti, aperture in breccia, canne fumarie e vuoti nello spessore della struttura. Il riscaldamento degli ambienti interni si ottiene con l'ausilio di due generatori di calore, termoconvettori, della potenza rispettivamente di 14.000Kcal/h e 25.000 kcal/h. La stimolazione termica necessaria ad ottenere informazioni riguardo

¹ E. Rosina, N. Ludwig, L. Rosi, *Optimal Conditions to Detect Moisture in Ancient Buildings. Study Cases from Northern Italy*, Thermosense XX, Orlando (USA) 1998 (selected paper SPIE 1998), SPIE proceedings vol 3361, ISSN 0277786x, ISBN 0-8194-2810-8, ed. SPIE WA(USA), pp. 188-199

G. Cruciani-Fabozzi, D. Ferrieri, N. Ludwig, R. Sartori, S. Vannucci, *Nuovo approccio al progetto diagnostico dell'umidità nelle murature: casi esemplificativi in area lombarda*, Scienza e Beni Culturali XIV, Bressanone (BZ) 1998, ed. Arcadia Ricerche, Padova 1998, pp. 341-352

G. Cruciani Fabozzi, E. Rosina, M. Valentini, *La valutazione del regime termoigrometrica della muratura: integrazione di termografia e prove ponderali*, in Tema n 2 dossier, Ed. New Press, Milano 1999, pp. 15-23

E. Rosina, N. Ludwig, *Optimal thermographic procedures for moisture analysis in buildings materials*, Diagnostic Imaging Technologies and Industrial Applications 1999, Munich, Germania, SPIE proceedings vol. 3827, ISSN 0277-786x, ISBN 0-8194-3313-6, SPIE ed. WA (USA), pp. 22-33

E. Rosina, E. Grinzato, *Infrared and Thermal Testing for Conservation of Historic Buildings*, in Materials Evaluation, ASNT Journal, volume 59/n 8, Agosto 2001, ASNT Columbus (OH) USA, pp. 942-954

N. Ludwig, E. Rosina, *Detection of the Moisted Surfaces by Active and Passive T/IR*, in Atti della Fondazione Giorgio Ronchi, n 3, Maggio-Giugno 2001, ISSN: 03912051, ed. ed. CNR-IROE, Firenze 2001

E. Rosina, N. Ludwig, V. Redaelli, *Metodi per la misura dell'umidità nei materiali dell'edilizia storica: legno e intonaci*, X Congresso Nazionale AIPnD, Ravenna 2003, ed. AIPnD, Brescia 2003, pp. 165-173

² A. Sansonetti, R. Bugini, L. Rampazzi, S. Della Torre, R. Segattini, E. Rosina, *Merging of NDT for stucco analysis: the study case of S.Abbondio in Como (Italy)*, Materials Evaluation, Volume 61/numero 5, Maggio 2003, ASNT Columbus (OH) USA, pp. 604-610

E. Grinzato, V. Vavilov, A. Grimoldi, E. Rosina, E. Di Flumeri, V. Papetti, G. Roche, *Capturing The Building History by Quantitative IR Thermography*, in 3rd International Congress on "Science And Technology For The Safeguard of Cultural Heritage in The Mediterranean Basin", Alcalá de Henares (ES) 2001

E. Rosina, S. Della Torre, P. Gasparoli, L. Lazzaroni, L. Di Bella, A. Castiglioni, M. Radaelli, C. Sotgia, *Localizing historical clues using IRT and petrographic analysis at Villa Mirabello, Monza (Italy)*, Archaeometry 51, 5 (2009), pp. 715-732

E. Rosina, *Frescoes assessment and documentation by IR Thermography*, in "The frescoes of Casa Vasari in Florence. An interdisciplinary approach to understanding, conserving, exploiting and promoting", a cura di U. Baldini e P. A. Vigato, ed. polistampa, Firenze 2006, pp. 81-98

agli strati interni della muratura (in media circa 3-5 cm) va calcolata in modo da essere sufficiente a creare un gradiente termico dell'aria dell'ambiente di circa 10°C in un tempo compreso tra 1 e 2 ore. Per ottenere un riscaldamento omogeneo si utilizzano opportuni supporti e teli per diffondere il calore in uscita dai generatori. Le immagini sono vengono scattate in modalità dinamica, sia in fase di riscaldamento sia di raffreddamento.

3.3.2. Prove psicrometriche

Al fine di individuare possibili cause microclimatiche che generino condizioni di degrado o fattori di rischio di degrado, è significativa la ricerca di anomalie nella distribuzione dell'umidità relativa (UR%), dell'umidità specifica (US g/mc) e della temperatura (T°C). Inoltre l'individuazione delle aree in cui ci sono anomalie nella distribuzione di UR, US e T permette di correlare le discontinuità rilevate ai cambiamenti climatici intercorsi durante il periodo in cui si sono svolte le prove e di valutare l'isolamento termico fornito dalle pareti d'ambito.

La misura dei valori di UR, US e T° ambientale all'interno di un edificio deve essere effettuata con tempi di acquisizione dei dati molto rapidi (nell'ordine del secondo), per garantire la confrontabilità delle misure di tutta l'area di indagine.

Lo scopo delle misure è di ottenere una mappatura del microclima interno per verificare se sussistono le condizioni ideali alla conservazione del manufatto storico, ed in caso contrario di individuare prassi di manutenzione che possano migliorare le condizioni di conservazione delle superfici in opera.

Modalità della mappatura psicrometrica

Per le misure in cantiere si utilizza uno psicometro a resistenza elettrica.

La velocità con cui lo strumento entra in equilibrio con l'aria è tale da consentire il rilievo di un elevato numero di punti di stazione in un tempo relativamente breve. La registrazione dei parametri necessari avviene senza considerevoli mutazioni delle condizioni esterne/interne. Le misure avvengono anche in prossimità delle pareti. L'uso di una griglia regolare (maglia 1.0x1.0 m), come guida per la registrazione dei valori relativi di temperatura e umidità consente di trasformare i dati numerici ottenuti in una mappa costituita da isoline rappresentative dei valori registrati. Tale mappa, a sua volta sovrapposta alla planimetria dell'edificio esaminato, permette di localizzare le zone ove si manifestano più evidenti le anomalie in corrispondenza di aperture, impianti, ecc (fig. 14 - 16)

L'acquisizione dei dati in cantiere

La fase preliminare all'acquisizione dei dati consiste nell'individuazione e nella preparazione della maglia regolare di punti utilizzati come stazioni per i successivi e ripetuti rilievi. Le misure vengono poi acquisite in maniera omogenea e continuativa, seguendo le modalità fissate nel progetto delle indagini.

Contestualmente alle misure interne, vengono misurati anche i dati ambientali esterni. Le misure vengono ripetute tre volte nell'arco della stessa giornata e in due stagioni differenti.

La restituzione

La fase di elaborazione e restituzione in laboratorio consiste in:

1. trasformazione e trasferimento dei valori ottenuti di T, UR e US all'interno di un software dedicato in grado di interpolare linearmente i valori acquisiti in fase di campagna e di connetterli alla maglia delle stazioni di rilievo
2. produzione delle mappe tematiche con evidenziazione delle isoline rappresentanti l'andamento delle variabili.

Il software, di derivazione topografica, consente di trasformare l'insieme discretizzato di valori acquisiti in fase di campagna e di correlarli alla griglia e quindi alla geometria del manufatto.

Attenzione va comunque prestata nella lettura dei dati, poiché il software non è in grado di inserire automaticamente nel calcolo delle mappe le variabili fisiche che interessano il fenomeno, quindi non è in grado di discernere e distinguere un vincolo fisico nella geometria dell'edificio rispetto ad un semplice vincolo di natura secondaria.

Il software consente anche la scelta delle palettes di colori più rappresentative per evidenziare il fenomeno indagato, del range da utilizzare e dell'intervallo tra una isolinea e l'altra.

3.3.3. Monitoraggio microclimatico

Per verificare le variazioni del microclima nel tempo, vengono installate sonde per la misura di T°C e UR% ambientale nei punti ritenuti più significativi in base ai risultati delle prove piscrometriche. Le sonde vengono installate all'interno dell'edificio ed una all'esterno. L'acquisizione dei dati è programmata a cadenza oraria. L'elaborazione delle informazioni permette di ottenere i valori minimi e massimi nel periodo di osservazione, valutare le variazioni giornaliere, e stimare l'andamento delle medie giornaliere e settimanali di T° e UR% nel periodo considerato (fig. 17 e 18).

Per l'acquisizione dei dati microclimatici sono stati installati DATALOGGER LASCAR per temperatura e umidità dalle seguenti specifiche tecniche:

- intervallo di misurazione da 10 a 90% RH
- intervallo di misurazione da -25° a + 80° C
- indicazione del punto di rugiada tramite software di controllo
- batteria interna al litio sostituibile in dotazione
- il coperchio traslucido offre una sigillatura impermeabile IP67
- Intervallo di misurazione: 0 a 100% RH; -25 a + 80° C
- Risoluzione interna: 0,5% RH
- Precisione (errore complessivo): +/-3,5% RH; +/-2° C
- Velocità di registrazione: 10 sec. a 12 ore
- Dimensioni: 20,5 x 20,5 x 106 mm

3.3.4. Normativa di riferimento

Per le prove termografiche: UNI 9252 /88 “Isolamento termico. Rilievo e analisi qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri degli edifici. Metodo della termografia all'infrarosso”.

Per il monitoraggio microclimatico UNI 10829, Beni di interesse storico e artistico - Condizioni ambientali di conservazione - Misurazione ed analisi.



Figura 6 - Pinacoteca di Brera, Milano, loggiato, lato ovest.
Nel riquadro si notino le due lesene che sono state riprese all'infrarosso termico.



Figura 7 - Pinacoteca di Brera, Milano, loggiato, lato ovest, dettaglio delle due lesene

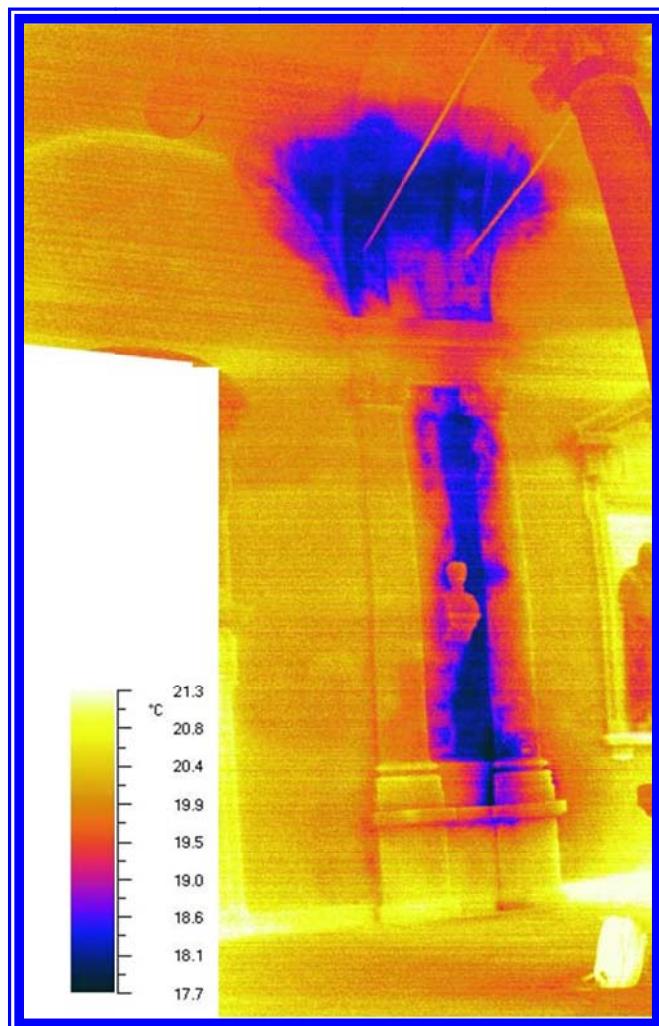


Figura 8 - Pinacoteca di Brera, Milano, lato ovest. Il mosaico dei termogrammi permette di rilevare la presenza di vaste aree all'imposta della volta e tra le lesene in cui il gradiente termico è significativo dello stato di imbibizione della superficie.



Figura 9 - Pinacoteca di Brera, Milano, sala XXXVII, lato sud

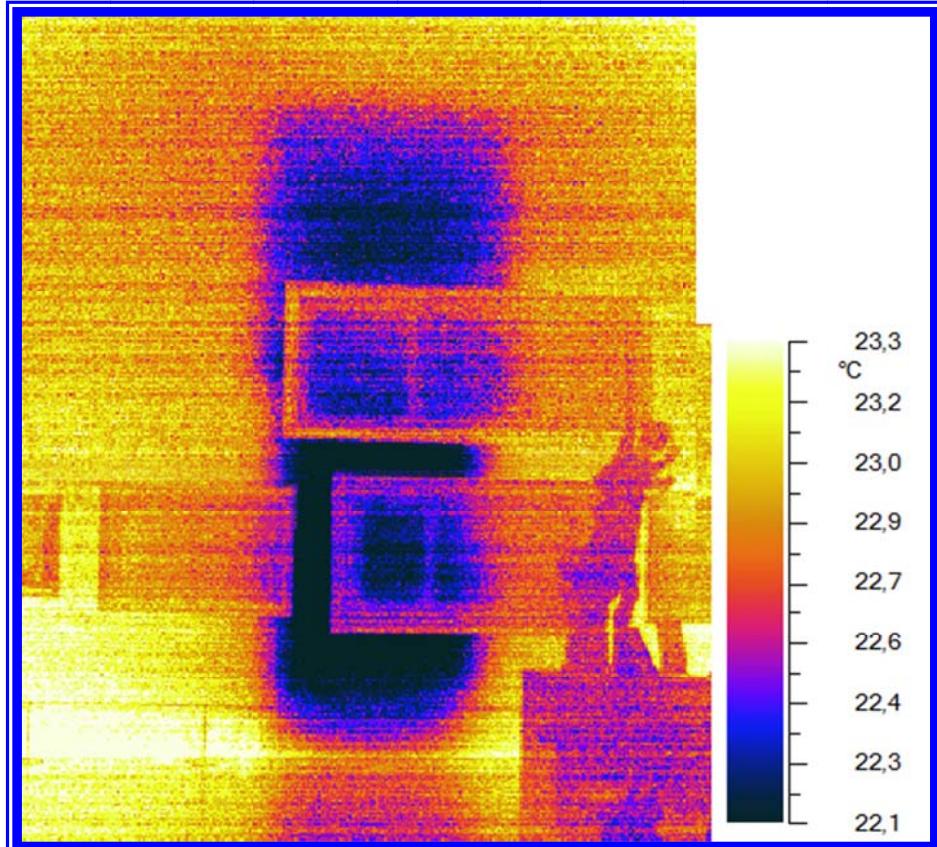


Figura 10 - Pinacoteca di Brera, Milano, sala XXXVII, lato sud, mosaico dei termogrammi, si individua il tamponamento di una porta a causa della maggior dispersione termica (e quindi della minor temperatura superficiale) del riempimento.



Figura 11 - Pinacoteca di Brera, Milano, sala XXXVI, lato sud

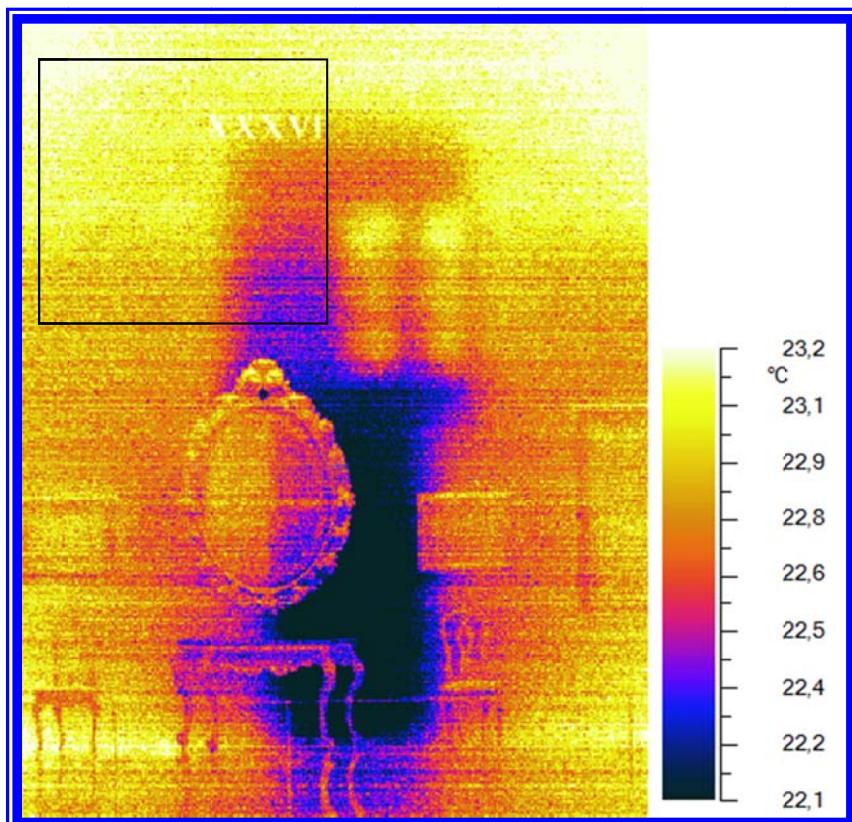


Figura 12 - Pinacoteca di Brera, Milano, sala XXXVI, lato sud, mosaico dei termogrammi, si individua il tamponamento di una porta a causa della maggior dispersione termica (e quindi della minor temperatura superficiale) del riempimento. Inoltre si nota anche che il tamponamento è avvenuto in tempi diversi, poiché una parte dello stesso risulta realizzato con materiali di diverse proprietà termiche (maggiormente coibente, nel riquadro)

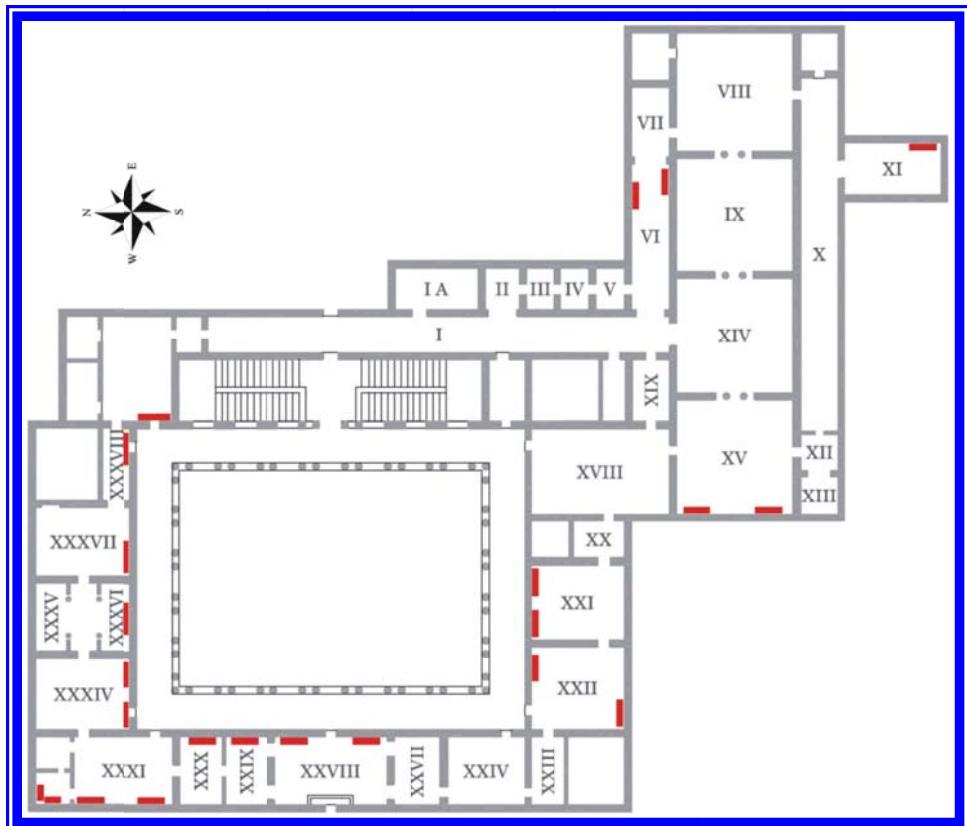


Figura 13, pianta con la localizzazione dei tamponamenti rilevati mediante termografia all'infrarosso termico

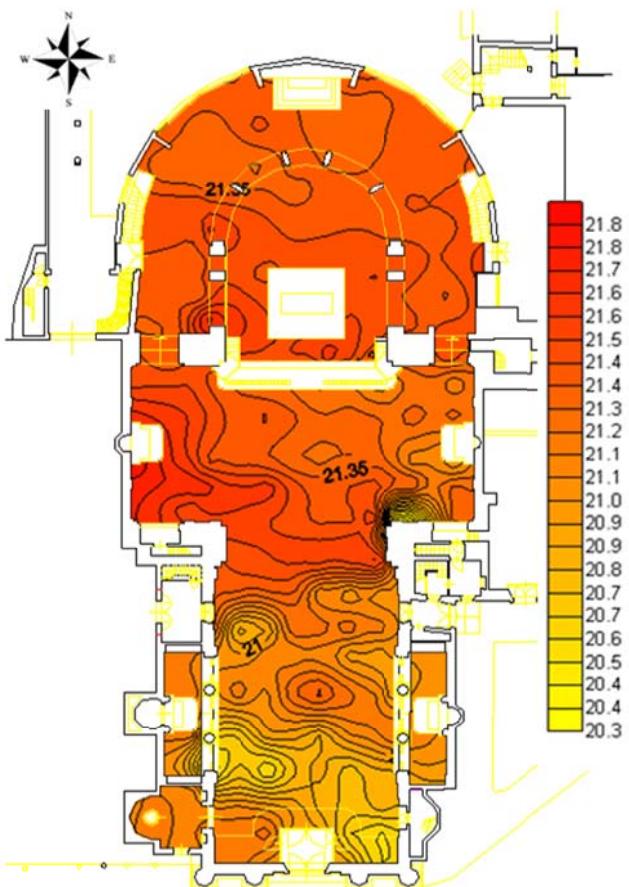


Figura 14 - Chiesa di Santa Maria Assunta, Inzago (MI); battuta psicrometrica del giorno 21 settembre 2007 alle ore 8.30, Mappa della distribuzione di Temperatura (°C)

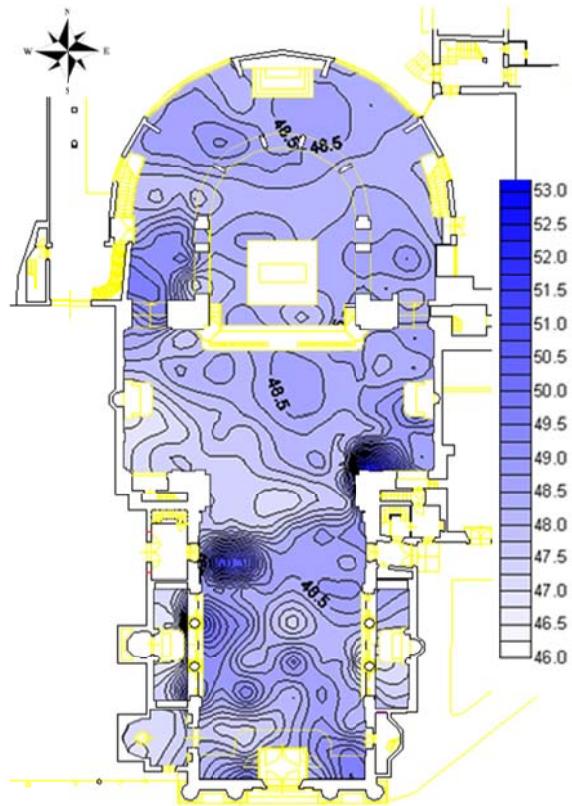


Figura 15 - Chiesa di Santa Maria Assunta, Inzago (MI); Battuta psicrometrica del giorno 21 settembre 2007 alle ore 8.30, mappa della distribuzione di Umidità Relativa (UR%)

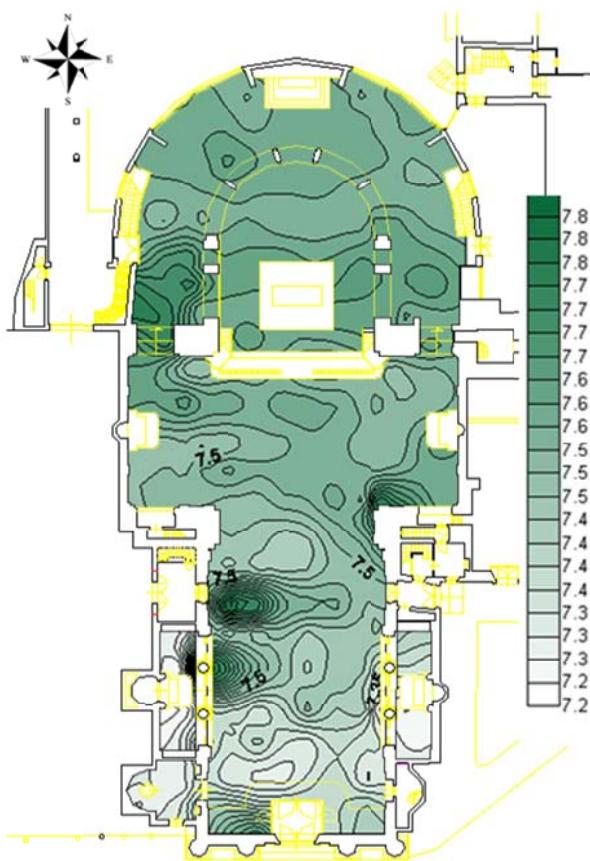


Figura 16 - Chiesa di Santa Maria Assunta, Inzago (MI); Battuta psicrometrica del giorno 21 settembre 2007 alle ore 8.30, mappa della distribuzione di Umidità Specifica (US gr/mc)

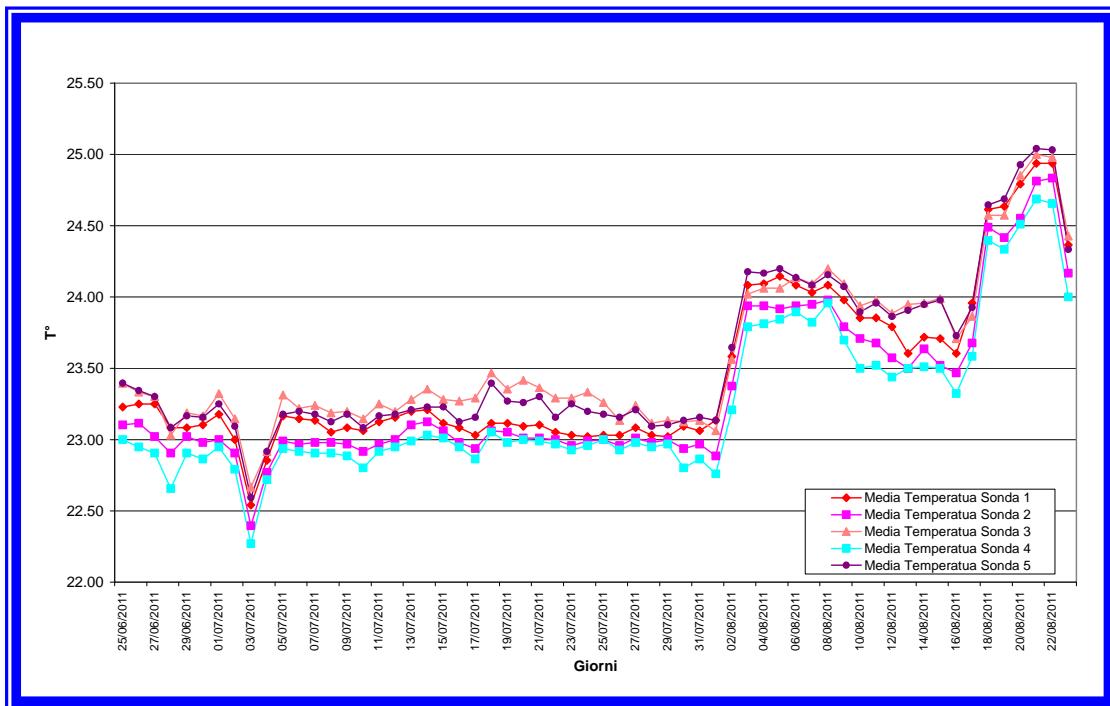


Figura 17 - Pinacoteca di Brera, Milano, Grafico delle Temperature delle medie giornaliere dal 24 giugno al 23 agosto 2011

24

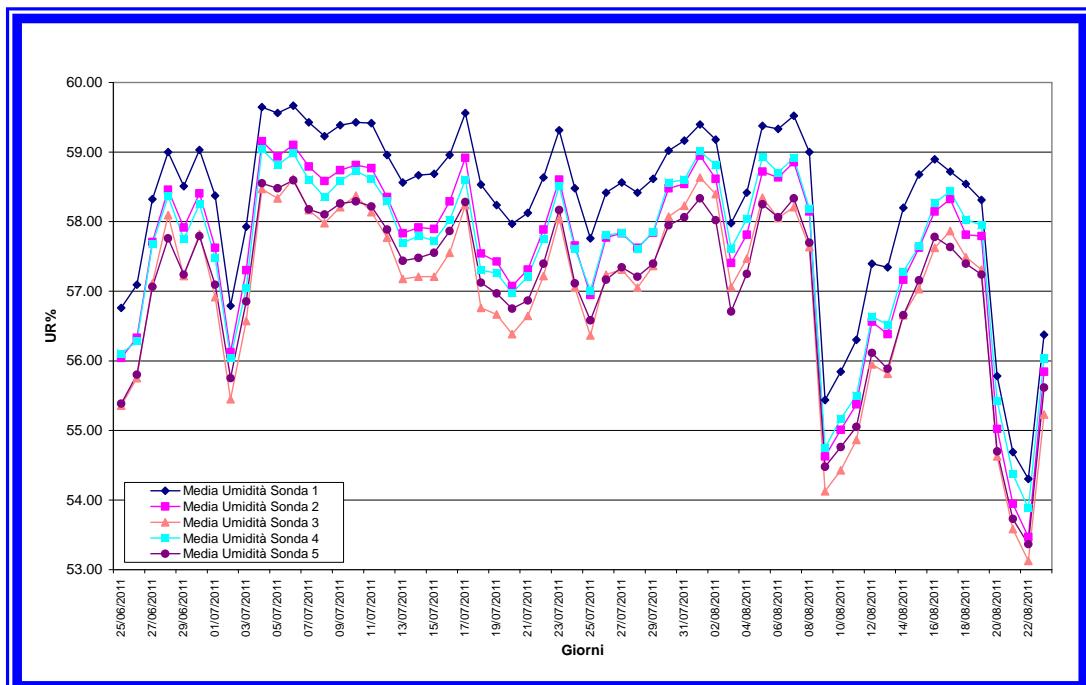


Figura 18 - Pinacoteca di Brera, Milano, Grafico dell'Umidità Relativa delle medie giornaliere dal 24 giugno al 23 agosto 2011

4. WP 3. Attività di formazione

L'attività formativa sarà rivolta non tanto all'Ufficio tecnico, quanto ai responsabili (religiosi e laici) della conservazione delle chiese, e più in generale dei beni architettonici, della Diocesi.

La formazione dovrà puntare su contenuti diversificati, e un obiettivo formativo importante sarà la consapevolezza della molteplicità dei ruoli nel processo e l'approfondimento del sistema delle relazioni al fine di renderle più efficienti.

Obiettivi formativi saranno:

- motivazioni per la cura del patrimonio culturale;
- responsabilità e limiti di competenza delle figure coinvolte nel processo;
- elementi per il riconoscimento dei sintomi dei processi di degrado e dissesto e comportamenti da tenere;
- uso consapevole degli edifici;
- contenuti informativi necessari al fine di programmare in modo consapevole la conservazione preventiva ed eventualmente gli interventi di restauro dei beni.

Responsabile dell'azione formativa: prof. ing. arch. Stefano Della Torre

5. WP 4. Piano di comunicazione

L'attività di comunicazione delle attività e diffusione dei risultati si propone di documentare adeguatamente il progetto nell'ottica di una divulgazione sul territorio delle varie fasi di studio e dei risultati ottenuti. Infatti la conoscenza prodotta dalle attività di studio non solo costituisce il momento fondamentale in cui si articola il processo di conservazione, ma fornisce anche informazioni relative al manufatto che possono essere utilizzate anche per una esauriente divulgazione scientifica delle attività di conservazione del bene.

Sono previste attività specifiche per la comunicazione del progetto, anche attraverso la diffusione di specifici immateriali informativi.

L'attività di comunicazione si articolerà nei seguenti termini:

- Organizzazione di una giornata di convegno a conclusione del progetto, alla quale si prevede partecipino la Soprintendenza e docenti universitari, con invito esteso ai sacerdoti e ai membri dei Consigli Pastorali, ai professionisti.
- Realizzazione di una brochure informativa destinata alle Parrocchie, riprendendo i temi trattati nel corso di formazione

25

6. Gli edifici

Nelle pagine successive vengono presentati gli edifici oggetto del presente progetto mediante una breve scheda contenente: cenni alle vicende storico-costruttive; la descrizione dello stato di conservazione e l'enunciazione dei contenuti specifici del progetto. Ciascuna scheda è corredata da alcune immagini di inquadramento del bene e dei danni in atto.

6.1. Il Museo Diocesano di Mantova

6.1.1. Vicende storiche

Verso la metà del secolo XIII ai bordi della città antica, a ridosso della prima cerchia di mura, sorse per opera dei Padri Agostiniani il Convento di Sant' Agnese.

Con lo sviluppo delle fondazioni caritative anche la struttura conventuale degli Agostiniani si ampliò progressivamente in modo disorganico e con interventi episodici.

Ulteriori ampliamenti verso quello spazio paludososo, detto appunto Ancona di Sant' Agnese, si ebbero nei secoli successivi in particolare agli inizi del XVI e XVII secolo fino a raggiungere la configurazione planimetrica attuale.

I Padri Agostiniani occuparono il Convento fino al 1776 quando vennero trasferiti nel Collegio dei Gesuiti soppresso con Ordine Governativo del 1775.

Il trasferimento dei monaci rientrava nel più ampio programma di soppressioni ed accorpamenti iniziati da Maria Teresa d'Austria che prevedeva per tali edifici convenzionali (in particolare per quelli

interni al nucleo più antico della città) la destinazione a nuovi istituzioni culturali ed educative (ginnasio, biblioteca, orfanotrofio unificato).

Il convento di Sant' Agnese venne invece destinato ad ospitare il nuovo Orfanotrofio unificato.

Per il cambiamento di destinazione, che in seguito verrà ulteriormente modificata, Paolo Pozzo progettò la nuova facciata con l'ingresso principale verso la futura Piazza Virgiliana (ormai luogo non più periferico) mentre mantenne in pratica inalterato il resto della struttura conventuale.

Paolo Pozzo propose ben quattro soluzioni per la nuova facciata affidandone il disegno ai propri allievi dell'Accademia. Le prime tre soluzioni vennero scartate direttamente dall'autorità viennese preposta al controllo, il plenipotenziario per gli affari italiani Kaunitz.

La scelta della committenza non era dettata da motivazioni economiche ma dal rigore concettuale che mirava a contenere l'eccessiva caratterizzazione dell'architettura e preferiva uno stile più sobrio, tale da essere definito dai detrattori "senza qualità".

Il progetto definitivo, datato 1775, fu elaborato sulla base delle indicazioni fornite dal Kaunitz e presentava una semplice partizione della facciata in due fasce orizzontali.

Al piano terra, nel bugnato continuo, si aprivano finestre rettangolari senza cornici, mentre al piano superiore la parete liscia d'intonaco riportava l'ordine ionico con lesene poco aggettanti che si intervallavano a finestre incornicate e sormontate da timpani triangolari. Sopra l'ingresso s'innalzava un timpano maggiore. Il resto della struttura invece rimase pressoché invariato.

Poco dopo, nel 1786 durante la seconda fase delle soppressioni conventuali l'orfanotrofio venne trasferito e sdoppiato in maschile e femminile, ed il monastero di Sant'Agnese venne assegnato alla Regia Camera e quindi adibito nel 1824 a caserma per la fanteria assieme all'adiacente Luogo Pio delle Zitelle del Soccorso.

Seppure con l'alternarsi di vari eserciti, il complesso continuò ad essere adibito a caserma fino alla guerra 1940 -1945, alla fine della quale venne bombardato e saccheggiato da militari e civili.



Figura 19 – La facciata del Museo Diocesano

In seguito il Demanio Militare dismise la caserma, denominata da ultimo "Pietro Fortunato Calvi", ed il Ministero della Finanza la cedette alla Soc. Immobiliare Azionaria "Beato Battista Spagnoli" perché sulle sue rovine edificasse la "Casa dello Studente" col fine di aiutare nella educazione e nella formazione religiosa, intellettuale e morale, giovani della provincia dotati di ottime qualità e di scarsi mezzi finanziari, come avvenne a partire dal 1948.

I lavori di ricostruzione, eseguiti per fasi successive in concomitanza con le attività dell'Istituto, si conclusero nel 1960 con ulteriori modifiche edilizie legate alle diverse necessità d'uso.

Il Museo Diocesano d'Arte Sacra intitolato al venerabile Francesco Gonzaga (1546-1620) Vescovo di Cefalù e di Mantova, aperto al pubblico nel marzo del 1983, ha sede al piano primo dell'antico monastero dei Monaci Agostiniani che è stato ricostruito nell'anno 1954, dopo le distruzioni dell'ultima guerra, attualmente trova la sua sistemazione al primo piano dell'ex monastero di S. Agnese.

Nell'anno 1974 si tenne, nel Palazzo Ducale di Mantova, una mostra dal titolo *Tesori d'arte nella terra dei Gonzaga*, che presentò una serie di capolavori sino allora pressoché sconosciuti, in larga misura provenienti dalle chiese della diocesi. Il successo della mostra indusse il suo ideatore, monsignor Luigi Bosio, a progettare un'esposizione permanente di tali opere, riunite in un apposito museo.

Attorno al nucleo iniziale rappresentato dai *Tesori della Cattedrale e della Basilica Palatina di Santa Barbara* confluiscono dalle chiese della Diocesi numerose opere che trovarono in questo monastero adeguata tutela. Gli oggetti rimangono proprietà delle parrocchie di provenienza che, non di rado, li richiedono per le liturgie dei giorni di festa. Gli incrementi nel tempo sono proseguiti grazie a numerose donazioni tra le quali è il caso di menzionare una raccolta di smalti antichi e moderni. Il museo ospita anche una raccolta di ceramiche nonché una delle collezioni di armature quattrocentesche tra le più importanti al mondo.

"[...] È un'ulteriore chiave di lettura, che in certo modo tutte riassume, si basa sul disporre idealmente le opere in ordine cronologico. Ne risulta un percorso storico di duemila anni, che tocca tutte le fasi della civiltà mantovana. Il museo Francesco Gonzaga offre così un rilevante servizio, che non ha riscontro tra i pur tanti ed importanti monumenti e musei della città. Questo percorso prende le mosse dalla Mantova romana (né è esempio la testa femminile del II secolo) per passare a bassorilievi longobardi e carolingi, seguiti da testimonianze dell'età canossiana, comunale e bonacolsiana.

Documentata con esuberanza è la fase gonzaghesca, con il *Messale detto di Barbara di Brandeburgo*, affreschi del Correggio per la basilica di Sant' Andrea e una tela di Domenico Fetti, venuto da Roma a Mantova al seguito del cardinale-duca Ferdinando.

Ampiamente richiamato è anche il periodo della dominazione austriaca; infine, sorprende molti la copiosa raccolta di opere del nostro secolo, con la varietà di stili che lo distingue ma nella comune attestazione che il sacro non ha smesso di ispirare gli artisti. Come ad esempio la collezione di dipinti di Lanfranco.

Il lineare percorso storico si arricchisce a tratti di raccolte particolari, che per la loro rilevanza quantitativa possono costituire entità autonome, mentre per la loro qualità e rarità concorrono a definire il carattere proprio di questo museo.³

Altre collezioni presenti sono la raffinata raccolta di avori, la straordinaria ricca collezione di smalti dipinti Limoges; le opere di oreficeria, tra cui quasi tutte quelle superstiti variamente connesse con i Gonzaga, testimonianze del loro fasto e del loro gusto, sopravvissute perché passate per tempo alla cattedrale o alla basilica palatina e la più ricca raccolta di dipinti del Bazzani, il pittore mantovano cui da qualche tempo la critica va riconoscendo una dimensione internazionale.

La raccolta delle armature tardogotiche esposte proviene dal Santuario della madonna delle Grazie di Curtatone, antica chiesa francescana trecentesca ad una navata, con un impalcato ligneo della prima metà del XVI sec. a due ordini di nicchie nelle quali fu disposto un complesso devozionale di figure in legno, cartapesta e stoffa, per varie delle quali furono anche usate parti di armature del Quattrocento e del primo Cinquecento, oltreché materiali consimili di più tarda epoca. Le armature furono rilevate e identificate alla fine degli anni venti, smontate un decennio dopo, rimanendo

³ Roberto Brunelli, Realtà museali della Provincia di Mantova.

dimenticate fino al 1969; successivamente restaurate con un lavoro durato alcuni anni, riunite in vari insiemi storicamente validi e infine esposte per la prima volta nel 1974 nella grande mostra "Tesorì dell'Arte nella Terra dei Gonzaga".

Il loro insieme rappresenta il massimo tesoro culturale nella storia dell'armatura europea oggi esistente al mondo. La Chiesa mantovana si trova quindi a detenere un patrimonio assolutamente unico, dal punto di vista storico e artistico oltre che devozionale, che riveste inoltre un valore intrinseco straordinariamente alto.

6.1.2. Lo stato di conservazione

Dopo l'inaugurazione del nuovo allestimento ed il restauro della fronte neoclassica avvenuta nel 2008, il museo ha ottenuto il riconoscimento da parte della Regione Lombardia, e fa parte del Sistema museale provinciale.

Le problematiche evidenti nello stato di fatto sono una generalizzata mancanza del controllo del microclima, soprattutto in funzione della conservazione delle opere.

L'opera di maggior rilevanza, già avviata dalla Diocesi e non contemplata dal presente progetto, è rappresentata dalla sostituzione degli infissi presenti al primo piano del percorso sul loggiato per il controllo del clima.

Il presente progetto prevede gli interventi necessari al mantenimento stabile dei parametri ambientali, per una maggiore tutela e garanzia delle opere. Si prevede inoltre un intervento migliorativo su alcuni elementi tecnologici particolarmente inefficienti per la conservazione preventiva delle collezioni.

6.1.3. Il progetto

Fase diagnostica. Il programma delle indagini prevede lo svolgimento di prove psicrometriche estese a tutti i piani dell'edificio, per valutare gli sbilanci termo igrometrici che possono essere causati sia dall'utilizzo degli impianti di climatizzazione/riscaldamento, sia dai naturali fenomeni di carico termico e variazioni di umidità ambientale a seguito dei cicli giornalieri/stagionali e l'orientazione dei locali.

Nei punti che risulteranno di maggior sbilancio o di maggior interesse per la valutazione delle variazioni microclimatiche saranno installate sonde per la registrazione periodica di temperatura e umidità dell'aria. La registrazione dei dati avrà cadenza oraria per un periodo di 18 mesi. La finalità degli accertamenti è l'identificazione dei fattori di rischio per la conservazione sia delle strutture stesse degli edifici e delle loro finiture, sia dei manufatti conservati.

Nel caso in cui si verifichi la presenza di localizzati sbilanci termici che possano essere correlati all'esistenza di dispersioni termiche ed anomalie delle strutture e degli impianti tecnologici, si prevede di ottenere la mappatura delle temperature superficiali nei punti critici mediante termografia all'infrarosso termico e misura della trasmittanza delle murature mediante termoflussimetria.

Verifica strutturale. Il progetto dovrà fornire una conoscenza compiuta dello stato di fatto e del livello di sicurezza strutturale attuale e delineare le eventuali ipotesi di intervento per il raggiungimento di un idoneo livello di sicurezza anche attraverso il ricorso a tecniche e tecnologie innovative, compatibili con le esigenze di tutela e conservazione.

6.2. Il Palazzo Vescovile

6.2.1. Vicende storiche

Il Palazzo Vescovile si trova sul lato meridionale di Piazza Sordello, vicino al Duomo. Fu costruito tra 1756 e il 1786, ed apparteneva alla famiglia dei marchesi Bianchi fino al 1823, quando fu venduto alla Curia diocesana e divenne sede vescovile. All'interno si segnalano l'imponente scalone ed alcune sale affrescate dal Bazzani. Nel palazzo si trovano tra l'altro l'Archivio Storico Diocesano, che possiede un ricco patrimonio documentale relativo alla diocesi e comprende gli archivi della Mensa vescovile e della Basilica palatina di Santa Barbara, e il Seminario diocesano.

6.2.2. *Lo stato di conservazione*

Le grandi dimensioni e la complessità funzionale del palazzo richiedono una razionalizzazione del processo manutentivo in un'ottica di prevenzione, sfruttando le potenzialità tecnologiche e valorizzando le risorse umane presenti nell'ufficio tecnico diocesano.

Lo stato di conservazione dl palazzo è discreto, ma data la mancanza totale di un quadro conoscitivo a livello della geometria, dell'impiantistica e dei parametri ambientali, risulta necessario sviluppare un progetto di conoscenza diffusa.

6.2.3. *Il progetto*

Fase conoscitiva. Vista la totale mancanza di documentazione scientifica ed analitica del Bene, in questa fase il progetto prevede il rilievo completo del corpo di fabbrica con scale di rappresentazione consone ai tipi di intervento proposti (rilievo dell'intero complesso) con particolare attenzione alla facciata.

Fase diagnostica. Il programma delle indagini prevede lo svolgimento di prove psicrometriche estese a tutti i piani dell'edificio, per valutare gli sbilanci termo igrometrici che possono essere causati sia dall'utilizzo degli impianti di climatizzazione/riscaldamento, sia dai naturali fenomeni di carico termico e variazioni di umidità ambientale a seguito dei cicli giornalieri/stagionali e l'orientazione dei locali.

Nei punti che risulteranno di maggior sbilancio o di maggior interesse per la valutazione delle variazioni microclimatiche saranno installate sonde per la registrazione periodica di temperatura e umidità dell'aria. La registrazione dei dati avrà cadenza oraria per un periodo di 18 mesi. La finalità degli accertamenti è l'identificazione dei fattori di rischio per la conservazione sia delle strutture stesse degli edifici e delle loro finiture, sia dei manufatti conservati.

Nel caso in cui si verifichi la presenza di localizzati sbilanci termici che possano essere correlati all'esistenza di dispersioni termiche ed anomalie delle strutture e degli impianti tecnologici, si prevede di ottenere la mappatura delle temperature superficiali nei punti critici mediante termografia all'infrarosso termico e misura della trasmittanza delle murature mediante termoflussimetria.

Verifica strutturale. Il progetto dovrà fornire una conoscenza compiuta dello stato di fatto e del livello di sicurezza strutturale attuale e delineare le eventuali ipotesi di intervento per il raggiungimento di un idoneo livello di sicurezza anche attraverso il ricorso a tecniche e tecnologie innovative, compatibili con le esigenze di tutela e conservazione.





Figura 20 – Il Palazzo Vescovile

6.3. Il Seminario Vescovile

6.3.1. Vicende storiche

Già in epoca medievale, per la formazione del Clero, la Diocesi di Mantova ebbe una “schola sacerdotalis” direttamente legata al Capitolato della Cattedrale.

Di essa si conosce poco più della sua esistenza per il periodo che va dal secolo X all'inizio del secolo XII; nulla si conosce per il periodo successivo, ragione per cui si può ipotizzare che la sua esistenza fosse cessata. Solo nel secolo XVI, per merito del Cardinale Ercole Gonzaga, Vescovo “eletto” di Mantova, riprenderà a vivere una “schola” di chierici, legati al culto, nell'ambito della Cattedrale, il cui numero non doveva essere superiore a 25, mantenuti in parte con redditi del Cardinale stesso e in parte con i redditi del beneficio di S. Bartolomeo eretto nella Cattedrale.

Anche la Basilica di S. Andrea ebbe una sua scuola per la formazione dei chierici addetti al servizio culturale. Si trova documentazione di ordinazioni di candidati in essa formati.

Per gli aspiranti al sacerdozio provenienti da altre parrocchie vi erano i sacerdoti che si incaricavano di formarli e di presentarli, ma senza che esistesse un luogo apposito in cui accoglierli e prepararli anche con la vita in comune.

L'istituzione di un Seminario secondo i decreti del Concilio Tridentino fu sollecitata nel 1575 – 76, presso il Vescovo Diocesano, dal Visitatore Apostolico mons. Angelo Peruzzo. A tale scopo non era necessario erigere un edificio specifico, ma soltanto adattare una parte dell'episcopio la cui ampiezza permetteva di ospitare in apposito appartamento il principe erede Vincenzo Gonzaga con la sua corte.

L'erezione del Seminario vero e proprio, che però non eliminò la scuola dei chierici della Cattedrale, è dovuta al ven. Francesco Gonzaga, Vescovo di Mantova (1593-1620). A tale scopo egli mise a disposizione il piano terra di una parte dell'episcopio, quella esistente sul lato sinistro della via che scende da Piazza Sordello verso Piazza Virgiliana, già chiamata via Vescovado e ora via Cairoli. Quella sede – che dopo la seconda guerra mondiale divenne Scuola Elementare “Baldassare Castiglione” e successivamente Scuola Media “L. B. Alberti”- fu integrata con l'acquisto di edifici attigui per formare un chiostro e rendere il complesso adatto ad una vita autonoma e di raccoglimento.

L'istituto di formazione aveva una capienza piuttosto limitata - non più di quaranta posti – ed era per lo più frequentato dai candidati provenienti da territorio.

Alla formazione spirituale e morale dei candidati provenienti dalla città provvedeva una associazione, all'inizio del secolo XIX, guidata dal sacerdote Domenico Morandi, parroco di S. Maria della Carità e docente del Seminario Diocesano.

I giovani dovevano mantenere i contatti con le parrocchie, dare esempio di vita cristiana e sacramentale.

Di fronte alle necessità della Diocesi (tra l'altro i confini diocesani, a partire dal 1707, erano stati allargati con l'aggregazione a Mantova di parrocchie del territorio delle Diocesi di Brescia e di Verona, di quelle della circoscrizione di Asola, delle cosiddette "terre delegate" e, infine, di quelle in Diocesi di Reggio Emilia), che a confronto con i Seminari delle Diocesi confinanti di Brescia e Verona, quello di Mantova era ben poca cosa, il Vicario Capitolare mons. Girolamo Trenti⁴ (1807-1823) verificò l'insufficienza e le carenze dell'istituto, che non aveva al suo interno i corsi di tutte le discipline per la formazione umanistica, filosofica e teologica. Egli decise di far redigere un progetto, successivamente modificato ed ampliato, da realizzare nell'ex episcopio resosi disponibile dopo che la residenza del Vescovo era stata trasferita nel palazzo dei Marchesi Bianchi.

La realizzazione del progetto, anche se in forma non completa, fu opera dei Vescovi Giuseppe Bozzi (1823-1833) e Giovanni Battista Bellè (1835-1844). Questi lasciò beneficiario di parte dei suoi beni proprio il Seminario.

All'interno della porzione non interessata dai lavori già eseguiti, il Vescovo Paolo Carlo Origo (1896-1928) realizzò la cappella in stile neo-gotico, ristrutturando l'edificio precedente che era parte dell'antichissima chiesa di S. Paolo.

Il Vescovo Domenico Menna (1928-1954) compì opere necessarie per una vita adatta ai tempi (1940) e volle collocare il Seminario Minore, indispensabile per l'accresciuto numero dei candidati al sacerdozio, in luogo salubre.

Acquistò, dunque, l'ex eremo di Camaldoli di Gusnago (BS) per ospitarvi le classi delle Medie Inferiori.

A partire dal 1958 il Vescovo Antonio Poma (1954-1967), facendo demolire il seminario ottocentesco, già episcopio medievale, diede inizio alla realizzazione, tenacemente perseguita dal rettore Giuseppe Amari, poi Vescovo di Cremona e di Verona, di un nuovo complesso. Del precedente edificio si salvarono solo la facciata, il chiostro e i muri ad essi paralleli, il cui restauro fu completato durante l'episcopato di mons. Carlo Ferrari (1967-1986).

Durante gli eventi calamitosi del secolo scorso, periodo nel quale fu più volte chiuso il Seminario, i chierici poterono continuare la loro vita di formazione nella villa vescovile di Quingentole, che il Vescovo Giovanni Corti adattò a tale scopo.

Per esigenze di riposo e sollievo estivo, i chierici poterono beneficiare della villa di Sailetto, pervenuta al Seminario dall'eredità della marchesa Teresa Peyri Cavriani nella prima metà del sec. XIX, adattata alle esigenze di un seminario per volere del Vescovo Paolo Origo e alienata al Comune di Suzzara nel 1975.

Il Seminario è stato riconosciuto ente ecclesiastico per antico e pacifco possesso di stato, in vigore del Concordato, tra S. Sede e l'Italia, del Febbraio del 1929. Attualmente ha personalità giuridica quale ente civilmente riconosciuto e come tale è iscritto nel Registro delle Persone Giuridiche presso il tribunale di Mantova.

⁴ L'opera alla quale mons. Trenti dedicò buona parte della sua attività reggente della diocesi, per gli anni 1816-1823, fu la sistemazione e l'ampliamento del seminario.

Nelle preoccupazioni del vicario capitolare, il problema della riforma degli studi seminaristici non fu mai disgiunto dall'altro della sistemazione dell'ampliamento del seminario vescovile. Anzi, quella riforma risultava subordinata al reperimento di un adeguato numero di aule adatte allo svolgimento regolare delle lezioni ed a decenti dormitori per i seminaristi e mons. Trenti l'aveva ribadito più volte alla competente autorità austriaca.

6.3.2. *Lo stato di conservazione*

Le problematiche evidenti nello stato di fatto sono una generalizzata mancanza del controllo del microclima.

Sono da valutare nell'intero complesso problemi di umidità sulle murature e lo stato di conservazione delle superficie della facciata su Via Cairoli, in quanto sono presenti puntuali disgregazioni dell'intonaco, lacune della tinteggiatura e infiltrazioni.

All'interno nel cortile vi sono estesi degradi sulle colonne del loggiato.

Oltre a ciò sono presenti anche delle lesioni sia in facciata che in controfacciata.

6.3.3. *Il progetto*

Anche in questo caso, le grandi dimensioni e la complessità funzionale del palazzo richiedono una razionalizzazione del processo manutentivo in un'ottica di prevenzione, sfruttando le potenzialità tecnologiche e valorizzando le competenze delle risorse umane presenti nell'ufficio tecnico diocesano, per la gestione degli interventi.

La razionalizzazione del processo manutentivo sarà attuata soprattutto attraverso lo studio dei processi conoscitivi e i presidi da mettere in atto avendo come elemento principale di analisi le colonne ed il loggiato interno.

Fase conoscitiva. Vista la totale mancanza di documentazione scientifica ed analitica del Bene, in questa fase il progetto prevede il rilievo completo del corpo di fabbrica con scale di rappresentazione consone ai tipi di intervento proposti (rilievo dell'intero complesso) con particolare attenzione alla facciata. Il rilievo del degrado e del quadro fessurativo sempre sull'elemento della facciata in Via Cairoli risulta necessario.

Fase diagnostica. Il programma delle indagini prevede lo svolgimento di prove psicrometriche estese a tutti i piani dell'edificio, per valutare gli sbilanci termo igrometrici che possono essere causati sia dall'utilizzo degli impianti di climatizzazione/riscaldamento, sia dai naturali fenomeni di carico termico e variazioni di umidità ambientale a seguito dei cicli giornalieri/stagionali e l'orientazione dei locali.

Nei punti che risulteranno di maggior sbilancio o di maggior interesse per la valutazione delle variazioni microclimatiche saranno installate sonde per la registrazione periodica di temperatura e umidità dell'aria. La registrazione dei dati avrà cadenza oraria per un periodo di 18 mesi. La finalità degli accertamenti è l'identificazione dei fattori di rischio per la conservazione sia delle strutture stesse degli edifici e delle loro finiture, sia dei manufatti conservati.

Nel caso in cui si verifichi la presenza di localizzati sbilanci termici che possano essere correlati all'esistenza di dispersioni termiche ed anomalie delle strutture e degli impianti tecnologici, si prevede di ottenere la mappatura delle temperature superficiali nei punti critici mediante termografia all'infrarosso termico e misura della trasmittanza delle murature mediante termoflussimetria.

Verifica strutturale. Il progetto dovrà fornire una conoscenza compiuta dello stato di fatto e del livello di sicurezza strutturale attuale e delineare le eventuali ipotesi di intervento per il raggiungimento di un idoneo livello di sicurezza anche attraverso il ricorso a tecniche e tecnologie innovative, compatibili con le esigenze di tutela e conservazione.

6.4. La Basilica Concattedrale di S. Andrea Apostolo

6.4.1. *Le vicende storiche*

Le vicende storiche della Concattedrale Basilica di S. Andrea sono sinteticamente riprese nelle date fondamentali che descrivono il percorso storico del Bene: le cronache della corte di Carlo Magno registrano nell'anno 804 il rinvenimento a Mantova del Sangue di Cristo, secondo tradizione raccolto ai piedi della croce e qui portato dal milite romano che gli aveva trafitto il costato. Per

custodire tanto tesoro, Mantova fu elevata a sede vescovile, innestando così un processo di sviluppo che portò un modesto borgo lungo il fiume Mincio a divenire città.

A onorare il "Preziosissimo Sangue", come si usa chiamarlo, furono erette successivamente tre chiese. Della seconda resta il bellissimo campanile gotico.

La terza è l'ultimo capolavoro di Leon Battista Alberti, dal cui modello sono derivate innumerevoli chiese nel mondo intero. Avviata nel 1472, fu conclusa nel sec. XVIII con la maestosa cupola di Filippo Juvara; la arricchiscono opere di Andrea Mantegna (che qui ha il suo sepolcro), Correggio e Giulio Romano, oltre a un importante ciclo di affreschi dei secoli XVI e XVIII, che in sintonia con la reliquia svolgono il tema della Redenzione.

6.4.2. *Lo stato di conservazione*

L'albertiana basilica di S. Andrea è stata oggetto di un importante intervento di conservazione alla facciata, al pronao e al corpo del transetto e all'abside. In questo momento sono in corso di esecuzione i lavori di conservazione della navata principale, ma significative criticità rimangono tuttavia per gli interni. A tal proposito sono state identificate opportune campagne diagnostiche, al fine di determinare gli interventi più corretti e meno invasivi. In questo caso è direttamente impegnata la Direzione regionale MiBAC, che si propone come cofinanziatore per l'intervento diagnostico sugli interni della basilica.

6.4.3. *Il progetto*

In questo ultimo edificio, il più emblematico nell'ambito del patrimonio diocesano, le grandi dimensioni e la complessità del Bene richiedono lo sviluppo e l'applicazione di metodologie innovative per la conservazione programmata.

Fase conoscitiva. Ad oggi esiste un repertorio abbastanza diffuso di rilievi eseguiti per la conoscenza della fabbrica, distribuiti e dislocati nel tempo e nello spazio. In questo ambito il progetto prevede la realizzazione di un database univoco delle informazioni 3D ad oggi acquisite.

In particolare il progetto prevede la documentazione della controfacciata monumentale all'interno della navata principale per documentare lo studio del quadro fessurativo presente. Lo scopo di tale lavoro è la correlazione delle fessure interne con la parte esterna della facciata che attualmente è già in fase di conservazione ad opera della Direzione Regionale.

A queste analisi saranno affiancate i monitoraggi strutturali per lo studio dei movimenti del complesso della Basilica al fine di valutare il suo comportamento nel campo delle deformazioni.

Le metodologie di indagine saranno distinte secondo un approccio gerarchico dimensionale in:

- monitoraggio altimetrico, in particolare il controllo riguarda le variazioni in elevato della struttura e del complesso basilicale;
- monitoraggio tridimensionale, per analizzare deformazioni della stessa nel campo tridimensionale, per identificare eventuali cinematismi che creano spostamenti o inclinazioni delle strutture;

In questa strutturazione gerarchica si considera l'attività di monitoraggio come una attività complessa che richiede un approccio globale nella definizione dei modelli di studio delle criticità in essere, e nelle relative strategie conoscitive e attuative.

Le ragioni scientifiche per le quali il rilievo geodetico-topografico si pone come strumento di conoscenza fondamentale sono dunque da ricondurre ad una precisa, estesa e non generalizzata definizione dei metodi di acquisizione delle informazioni, alla loro strutturazione geo-topografica in cui si mettano in evidenza le validità di tale documentazione in merito alle accuratezze delle misure. I movimenti, le deformazioni, i dissesti e il quadro fessurativo da analizzare, vengono acquisiti secondo un sistema di riferimento assoluto rispetto al complesso monumentale, permettendo una interpretazione dei fenomeni a scala globale. Al contrario, le singole informazioni che si potrebbero acquisire con metodi di controllo variometrici e dinamici, non restituirebbero un quadro complessivo dei fenomeni.



Figura 21 – Sezione del Pronao della Basilica con le evidenti fessure presenti

Fase diagnostica. La fase diagnostica sulla Basilica si articola nelle seguenti fasi.

Analisi microclimatiche estese a tutto il complesso. Il programma delle indagini prevede la continuità con quanto già installato e reso operativo nel corso dei restauri del 2007, in particolare lungo la navata principale e nella controfacciata.

Per operare in continuità, ma con un sistema completo, saranno impiegati sensori equivalenti a quelli installati per mantenere il confronto sui dati.

Nei punti che saranno valutati di maggior interesse per la valutazione delle variazioni microclimatiche saranno installate sonde per la registrazione di temperatura e umidità dell'aria, con la finalità di identificazione dei fattori di rischio per la conservazione sia delle strutture stesse che delle finiture.

Analisi termografiche ed endoscopiche. Il programma delle indagini prevede lo svolgimento di prove termografiche con modalità attiva finalizzate allo studio della struttura in muratura del pronao, in particolare della facciata dalla basilica. Il riscaldamento verrà effettuato mediante l'utilizzo di due generatori di calore, che saranno installati sul ponteggio e nei locali del pronao alle diverse quote. Per ottimizzare il riscaldamento si farà uso di teli in polietilene per sigillare le aperture e delimitare i volumi da riscaldare.

Al fine di verificare le eventuali emergenze rilevate saranno effettuati anche carotaggi di piccole dimensioni (diametro 12-15 mm) nei punti, ritenuti significativi. Le prove consisterranno nell'esame dei materiali prelevati e l'endoscopia e videosondaggio nelle cavità praticate.

Indagini geoelettriche. Nell'ambito del progetto si propone un'indagine geoelettrica finalizzata all'individuazione dei principali fenomeni di infiltrazione idrica nell'ambito territoriale circostante la struttura. In particolare l'indagine si propone i seguenti obiettivi:

- rilevare l'eventuale presenza di flusso idrico determinato da problematiche legate alla cattiva manutenzione della sede stradale o delle infrastrutture sottostanti;
- individuare le principali zone di saturazione entro la massima profondità di indagine;
- individuare eventuali cavità o zone con caratteristiche di elevata resistività riconducibili a strutture antropiche al di sotto della pavimentazione;

Dai dati a disposizione si deduce che la totalità dell'area è coperta da pavimentazione di vario spessore: l'immissione degli elettrodi nel terreno risulta pertanto un'operazione laboriosa e sicuramente inadeguata al contesto logistico-ambientale.

Per il raggiungimento di questi obiettivi si propone un approccio non invasivo ideale per un'indagine di dettaglio, evitando così l'infissione di elettrodi in corrispondenza della pavimentazione. Questo metodo operativo permette di ottenere informazioni preziose in relazione allo stato di imbibizione degli edifici in pietra (con particolare riferimento alle porzioni di sottosuolo prospicienti la struttura).

Il progetto prevede la realizzazione di 8 tomografie elettriche da realizzarsi mediante strumentazione OhmMapper in condizioni di umidità (dopo la pioggia) e in condizioni di clima secco, secondo il posizionamento riportato in Figura 22. Le indagini saranno quindi svolte per due volte lungo i quattro allineamenti indicati in figura, per un totale di 8 tomografie elettriche.

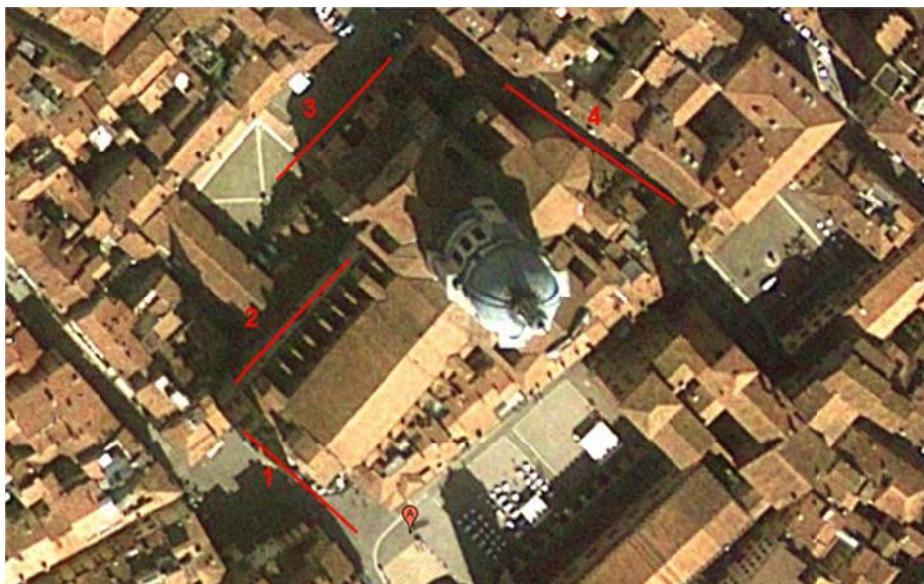


Figura 22 – Posizionamento dei 4 rilievi lungo il perimetro della Basilica di Sant'Andrea a Mantova

Indagini georadar. Lo scopo delle indagini e' quello di localizzare eventuali incatenamenti metallici all'interno delle strutture murarie del pronao. Il progetto prevede di iniziare le ricerche con una/due giornate di acquisizione dati sulla parete di fondo all'interno della Basilica per la ricerca dei capochiavi delle eventuali catene. In funzione dei risultati di questa prima fase, le ricerche potranno considerarsi concluse oppure potranno proseguire con indagini georadar all'interno della stanza ex biblioteca per la ricerca delle eventuali catene. Eventualmente, queste indagini saranno replicate anche nella stanza simmetrica posta sul lato opposto della Basilica.

Indagini sul campo e in laboratorio per la sicurezza sismica. Relativamente alla diagnostica dovrebbe essere integrato lo studio sulla caratterizzazione meccanica degli elementi strutturali. E' però estremamente importante attivare un altro fronte diagnostico finalizzato specificamente per le verifiche sismiche, rappresentato da misure delle caratteristiche dinamiche delle varie parti costituenti gli edifici. Si tratta di misure di microtremori eseguite con strumenti estremamente

semplici (tromino) che realizzano una mappatura dinamica dell’edificio. Questo tipo di diagnosi è particolarmente necessario per un edificio come la Basilica di S.Andrea caratterizzata da dimensioni, forme e complessità morfologiche che rendono sostanzialmente non utilizzabili gli strumenti di modellazione numerica (software di calcolo) per la caratterizzazione dinamica dei macroelementi utilizzata nelle le verifiche sismiche; è infatti noto che le strutture in elevazione esercitano una sorta di funzione di “filtro dinamico” per le strutture soprastanti. Ad esempio le azioni che vengono trasmesse alla lanterna di S.Andrea non sono quelle esercitate dal moto del suolo in caso di sisma, ma esse vengono “modulate” dalle caratteristiche di risposta sismica delle murature in elevazione e dalla cupola. Considerato che le differenze in questione possono essere anche molto consistenti, la rilevazione strumentale diretta di tali caratteristiche dinamiche è estremamente importante. Si tratterebbe di singole misure strumentali da effettuarsi in ognuna delle parti per le quali si può ipotizzare un comportamento dinamico autonomo rispetto al resto della fabbrica. Va però sottolineata che è la comprensione e interpretazione strutturale dell’organismo che guida e indirizza un piano di indagini strutturale e non il viceversa. Non è pensabile che la caratterizzazione sismica dell’edificio derivi solamente dall’assemblaggio di una serie di misurazioni a tappeto realizzate sull’edificio.