

SKR
SCR

CONSERVATION PRÉVENTIVE
PRATIQUE DANS LE DOMAINE DU PATRIMOINE BÂTI

PRÄVENTIVE KONSERVIERUNG
ERFAHRUNG IM BEREICH BAUDENKMÄLER

CONSERVAZIONE PREVENTIVA
PRASSI NELL' AMBITO DEI MONUMENTI STORICI

PREVENTIVE CONSERVATION
PRACTICE IN THE FIELD OF BUILT HERITAGE



En couverture: *Olivone, toiture recouverte de végétation de l'église di San Martino. Auteur : Andreas Küng*

*Bern, Serviceabo am Berner Münster: Kontrolle und Ergänzung des Ölfarbanstriches an der Brüstung am oberen Viereckkranz Süd, Münsterbauhütte Bern in Zusammenarbeit mit Bergführer Urs Steiner, Frutigen
Autor: Berner Münster-Stiftung, Bern*

Berlin, Figurengruppe 2 der Südseite der Schlossbrücke von Hermann Schievelbein: Athena unterrichtet den Jüngling im Waffengebrauch, 1853. Autor: Das Foto wurde im Auftrag des Landesdenkmalamtes 2006 von der Meßbildstelle Dresden GmbH, Jürgen Renisch, angefertigt.

Remerciements:

L'appui et la contribution financière du service des biens culturels du canton de Fribourg (SBCF), sans lequel la publication des actes du colloque n'aurait pas pu être envisagée.

Le soutien financier de nos différents sponsors, culturels & commerciaux.

Tous les conférenciers ainsi que tous les auteurs de contributions écrites dans le présent recueil.

Le soutien et l'appui des membres du comité SCR ainsi que le soutien logistique du secrétariat SCR.

Toutes les personnes impliquées d'une manière ou d'une autre dans la réalisation de ce colloque et la publication de ses actes.

IMPRESSUM:

Éditeur: SCR/SKR

Conception, élaboration & coordination: Olivier Guyot, Julian James, Elisabeth & Michel Muttner, Susanna Pesko-Bonoli

Copyright: 2009, comité d'organisation du colloque SCR
Tous les droits des textes et illustrations sont chez les auteurs.
Les auteurs sont seuls responsables du contenu de leur article

Distribution: Association suisse de conservation et restauration SCR
Secrétariat central
Brunngasse 60 / C.P.
3000 Berne 8
Tél. 031 311 63 03
Fax 031 312 38 01
E-Mail: info@skr.ch

Couverture, layout & mise en page: Michel Muttner, Le Landeron

Imprimeur: Imprimerie MTL SA, Villars sur Glâne
1er tirage: 500 ex.

ISBN 978-3-033-02088-7

CONSERVATION PRÉVENTIVE
PRATIQUE DANS LE DOMAINE DU PATRIMOINE BÂTI

PRÄVENTIVE KONSERVIERUNG
ERFAHRUNG IM BEREICH BAUDENKMÄLER

CONSERVAZIONE PREVENTIVA
PRASSI NELL' AMBITO DEI MONUMENTI STORICI

PREVENTIVE CONSERVATION
PRACTICE IN THE FIELD OF BUILT HERITAGE

Préface <i>Egbert Moll-Thissen</i> <i>François Gueux</i>	4	H. Haeberli, A. Loeffel, Chr. Schläppi Bauservice am Gesamtkunstwerk Berner Münster. Ein kurzer Erfahrungsbericht von der Front.	90
Julian James Que veut dire la conservation préventive dans le domaine du patrimoine bâti et des objets monumentaux hors musée?	7	Stefan Trümpler Präventive Konservierung – eine Standardmethode für Glasmalereien. La conservation préventive – une approche standard pour les vitraux.	97
Stefano Della Torre Verso la conservazione programmata in Italia: un processo lungo e faticoso.	15	Doris Warger Wartung am Baudenkmal.	104
Anouk Stulens Un système de surveillance et de maintenance pour le patrimoine culturel dans la région flamande (Belgique).	22	Philippe Bridel, Verena Fischbacher Un siècle d'entretien des ruines romaines d'Avenches. Comment assurer durablement leur survie?	108
George Allan The practice of preventive maintenance in England.	27	Martina Griesser-Stermscheg, Jochen Käferhaus Das Palmenhaus in Schönbrunn (1882): Tropische Pflanzenwelt in Stahl und Glas. Monitoring, Pflege und Wartung.	114
Francesca Piqué Post-treatment maintenance of decorated surfaces in the field of immobile heritage.	30	Chr. Degrigny, F. Mirambet, A. Tarchini, S. Ramseyer, G. Rapp, A. Jaggi Le projet POINT ou le retraitement de protection cyclique de matériels métalliques techniques et scientifiques de grandes dimensions en atmosphère non contrôlée.	121
Paolo Salonia, Lorenzo Appolonia Diagnostica per un programma di manutenzione	34	Michela Catalano, Valeria Pracchi Il Documento Preliminare alla Progettazione per interventi sui Beni Culturali	127
Roberto Garufi Strumenti speditivi per la lettura e gli interventi sui processi di degrado.	40	Meiping WU Preventive Conservation of Architectural Heritage in Southeastern China	134
York Rieffel Pflege als strategisches Konzept. Anspruch und Wirklichkeit der präventiven Denkmalpflege in Berlin.	46	Raphaëlle Ternois France: la conservation préventive appliquée à un cas de patrimoine industriel privé.	141
I. Schäufele, K. Melhorn, M. ul Islam, J. Flachsbarth, W. Kowalsky, H.-H. Johannes und A. Gerdes Bauwerksmonitoring an denkmalgeschützten Bauwerken am Beispiel der Pfarrkirche St. Marien (Fatimakirche) in Kassel.	53	Stefania Bossi Attività ispettive, preventive e manutentive sul patrimonio storico architettonico: competenze e profili professionali	147
Anna Henningsson Preventive conservation of churches during tunnel work in Stockholm.	56	Franz Graf, Giulia Marino Patrimoine, énergie, économie : conservation programmée d'amélioration thermique des enveloppes de la Cité satellite du Lignon à Genève (1963-1971).	153
D. Del Curto, C. Manfredi, G. Pertot, V. Pracchi, E. Rosina, L. Valisi Diagnostica, intervento e monitoraggio : il caso dell'oratorio di Santo Stefano a Lentate sul Seveso (Milano).	62	Rossella Moiola La Conservazione programmata ed il progetto di restauro	161
Bénédicte Rousset, Christine Bläuer Détermination de la teneur en eau des matériaux de construction in situ : signification des valeurs et pertinences des techniques de mesure.	70	Andrea Canziani, Francesca Turati Informazione e formazione nei processi della conservazione programmata. Opportunità e prospettive, criticità e limiti, strumenti e procedure.	168
Christine Bläuer Entwicklung des Pflegeplans für die Kirche St. Martin in Zillis.	79	Lars Klemm Energieeffizienz und Präventive Konservierung im Museum	174
Bianca Burkhardt „Bauhütte als Bau-Hüterin“ Möglichkeiten einer Bauhütte im Bereich der präventiven Konservierung am Beispiel Basel	85	Illustrations couleurs Sponsors / Annonceurs	181 196

DIAGNOSTICA, INTERVENTO E MONITORAGGIO: IL CASO DELL'ORATORIO DI SANTO STEFANO A LENTATE SUL SEVESO (MILANO)

*Davide Del Curto**, *Carlo Manfredi**, *Gianfranco Pertot**, *Valeria Pracchi●*, *Elisabetta Rosina●*, *Luca Valisi**

* Dipartimento DIAP, Politecnico di Milano

● Dipartimento BEST, Politecnico di Milano

Riassunto

Gli autori illustrano l'esperienza compiuta nell'oratorio di Santo Stefano a Lentate sul Seveso che si presenta particolarmente ricca di dati da offrire alla discussione. Campagne analitiche legate al controllo microclimatico erano infatti già state eseguite in passato, e confermavano l'alto contenuto d'acqua delle murature (in alcuni punti con percentuali superiori all'8%) presente sia nelle zone basse che in quelle di sommità, a segno di migrazioni di soluzioni acquose dal sottosuolo e di percolamenti dalle coperture, oltre a valori elevati di umidità relativa. Le ulteriori indagini eseguite al momento della stesura del progetto (2003) confermavano gli alti tenori di umidità con picchi intorno al 75% e la presenza di acqua nelle murature sempre in particolare nello stesso lato.

Per queste ragioni si è ritenuto opportuno intervenire cercando di controllare i parametri ambientali. Dopo gli interventi al contorno (verifica delle coperture, riapertura di ventilazioni chiuse etc) è stato inserito a pochi centimetri dal piede della muratura un tubo scaldante che segue l'intero perimetro dell'edificio di culto. Il sistema scelto, denominato *Temperierung*, si affida all'irraggiamento: funziona attraverso localizzati tubi circolanti acqua calda che cedono calore alle pareti dell'edificio.

A seguito dell'intervento si è attuato un monitoraggio della durata di un anno (2008), per controllare la risposta ottenuta, in modo da agire tempestivamente se dovessero insorgere fenomeni inaspettati, ma anche per poter valutare in modo controllato e misurato l'evolvere della situazione. Questo infatti è uno dei pochi casi in cui si hanno dati, per quanto frammentari, che consentono di ragionare sul prima, durante e dopo il cantiere di restauro.

Abstract

This paper describes the case study of the Oratory of Santo Stefano in Lentate sul Seveso (Mi), which has been a particularly rich experience in terms of the data collected and thus seems suitable for encouraging a useful discussion.

In 1986/87 and again in 1988/89, the "Gino Bozza" Centre for the Study of Deterioration and Causes of damage (CNR, Milano) carried out investigations on the microclimate and masonry of the church; results showed high water content in the wall (some values higher than 8%), both at dado level (due to rising damp) and in some areas up to 6-8 m from the floor (due to water infiltration from the roof).

In 2003, the authors carried out further investigations: relative humidity in the church was high (often close to 75%), and a high water content was measured particularly on the south side, as well as in localized areas resulting from the previous investigations. Following these results, the intervention focused on the control of the ambient conditions.

Following preventive measures at the periphery (roof inspection, opening of blocked air ventilation ducts, etc), it was decided to install heating in the masonry, consisting of a warm water pipe placed at the base of the walls, a few centimetres from the floor. The water exchanges heat with the masonry, improving the thermal capacity of the wet materials.

After the intervention, the authors carried out a one-year monitoring programme (in 2008) with the aim of assessing the changes in the microclimatic and surface conditions, and evaluating the evolution of change. Interestingly, monitoring lead to damage prevention following unexpected problems with the intervention.

The collected data on Santo Stefano, although fragmentary, has enabled the authors to react on the building conditions before, during and after the restoration.

Key-words

Diagnostics, intervention, monitoring, study case of Santo Stefano in Lentate sul Seveso (Milan)

Introduzione

L'Oratorio di Santo Stefano a Lentate sul Seveso è un luogo poco noto e molto prezioso.

Il piccolo edificio trecentesco occupa un posto privilegiato tra gli oratori viscontei della Lombardia pedemontana, e i suoi cicli di affreschi costituiscono una pagina non secondaria della storiografia storico-artistica.

I restauri sono terminati nell'ottobre 2007 preceduti negli anni da vari studi. Campagne analitiche legate al controllo microclimatico erano infatti già state eseguite in passato (1986/87 e 1988/89 dal Centro "Gino Bozza" per lo studio delle cause di deperimento e dei metodi di conservazione delle opere d'arte del CNR di Milano), e confermavano l'alto contenuto d'acqua delle murature (in alcuni punti con percentuali superiori all'8%)

presente sia nelle zone basse che in quelle di sommità, a segno di migrazioni di soluzioni acquose dal sottosuolo e di percolamenti dalle coperture, oltre a valori elevati di umidità relativa. Le ulteriori indagini eseguite al momento della stesura del progetto (2003) confermavano gli alti tenori di umidità relativa con picchi intorno al 75% e la presenza di acqua nelle murature, ancora, come in passato, sul lato meridionale. La manifestazione più evidente del degrado correlato era la perdita, in alcune zone quasi totale, di leggibilità degli affreschi narranti le vicende della vita terrena e ultraterrena del Santo.

Per queste ragioni si è ritenuto opportuno intervenire cercando di controllare i parametri ambientali. L'idea di agire in maniera indiretta, per un beneficio alla parte

giudicata di maggior pregio, si era affacciata già alla metà degli anni '60, senza però che le proposte relative all'inserimento di sistemi di blando riscaldamento trovassero attuazione.

L'oratorio era appena uscito da una duplice campagna di interventi. Mauro Pellicoli, "il restauratore principe", aveva infatti operato per la prima volta sugli affreschi alla metà degli anni Trenta; un secondo intervento, eseguito da un suo allievo sotto la sua supervisione, è degli anni Cinquanta; ma dieci anni dopo si segnalava la necessità di intervenire nuovamente, soprattutto a causa di infiltrazioni dalla copertura, e si interpellava "l'illustre Maestro del restauro Commendator Mauro Pellicoli" per una "revisione" degli affreschi. Pellicoli consigliò, una volta che fossero stati risolti i guasti alla copertura, una ulteriore pulitura, ma la mancanza di fondi chiuse la questione e impedì, qualche anno dopo, che si realizzasse la citata proposta per la realizzazione di un impianto di riscaldamento.

E' significativo che a distanza così breve da un intervento radicale ed effettuato da mano esperta fossero necessarie ulteriori operazioni di conservazione. La stessa contingenza, con perfetta coincidenza temporale, si riscontrava anche per il San Vincenzo in Galliano, restaurato sempre da Pellicoli. E non sono gli unici casi in cui dopo una decina di anni dall'intervento su opere su supporto murario si sono manifestati problemi. Come può accadere che i restauri di affreschi, a differenza di quelli compiuti su opere musealizzate, siano talora inefficaci? Una prima banale ipotesi sembra rimandare al fatto che operare su muro e operare su tela, legno etc. è - o sembra essere - nella mentalità del restauratore di allora, la stessa cosa. I restauri sono rapidissimi, senza ovviamente indagini preliminari, senza soprattutto preoccupazione alcuna per le condizioni al contorno o relative ai dati ambientali. L'intervento sulle superfici affrescate è quasi sempre scollegato da ciò che accade all'edificio: esula dalle competenze del restauratore ogni altro aspetto che non sia l'azione sulla materia dipinta.

Sembrerà impossibile, ma il retaggio di questa *forma mentis* è ancora abbastanza comune, registrato persino da una legislazione che consente gradi diversi di progetto per le superfici affrescate e per il supporto murario con il quale esse formano però corpo unico.

La mutata temperie culturale, e le innovazioni di processo intervenute anche nell'ambito del restauro, fanno oggi propendere per una cura prolungata nel tempo, che consenta di procrastinare il momento del restauro, sentito come *extrema ratio*.

Non più dunque l'idea di restauro come evento istantaneo in cui tutto accade, si fa e ha termine, quanto una concezione di conservazione che, con le parole del codice (Decreto Legislativo 22 Gennaio 2004, n. 42), è assicurata mediante una coerente, coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro (art. 29 I comma).

Non daremo qui conto dunque dei restauri, quanto del modo in cui abbiamo inteso verificare e controllare le variazioni nel tempo indotte dal nostro intervento, in modo da poter agire tempestivamente qualora ce fosse bisogno. Alcune brevi conclusioni indicheranno i

problemi che una rinnovata prassi di controlli, monitoraggi e attività manutentive pongono alla attenzione dei tecnici e degli amministratori di beni particolarmente sensibili.

Campagne di indagine 1986-1992: i metodi utilizzati, i risultati ottenuti [1]

Come accennato, già in passato, forse in previsione di un intervento poi non realizzato, vennero svolte varie indagini, tra queste le analisi di laboratorio con microscopio ottico in luce trasmessa su sezioni sottili, in luce riflessa su sezioni trasversali; con microscopio elettronico a scansione corredato di microsonda elettronica; analisi diffrattometrica a raggi X su polveri; analisi cromatografica per via ionica; analisi spettroscopica all'infrarosso su 21 prelievi in buono stato di conservazione per la caratterizzazione mineralogico-petrografica; su 19 prelievi rappresentativi del degrado; su 11 prelievi per la ricerca di eventuali prodotti applicati in precedenti restauri.

Risultati

Tutti gli intonaci risultano costituiti da legante a calce calcica, con rapporto Ca/Mg uniforme in tutti i prelievi, ad indicare un medesimo bacino di approvvigionamento per la produzione della calce viva. Le uniche eccezioni sono state individuate nelle pareti sud di abside e navata, in cui la composizione della malta indica la provenienza da un altro bacino di approvvigionamento (è probabile che siano malte di restauro). L'aggregato è sabbia quarzosa-silicatica nella maggior parte dei campioni, nel prelievo di malta di restauro si riscontrano in aggiunta elevate concentrazioni di dolomite. Prevalentemente il rapporto legante/aggregato è 1:2. L'intonaco, di spessore circa 3 cm, è steso in due strati di cui quello di finitura risulta molto sottile (200 µm), a sola calcite microcristallina. La velatura che offuscava la superficie affrescata è costituita da una microstruttura finissima di gesso e calcite, dovuta alla veloce cristallizzazione della componente carbonatica dell'intonaco, solubilizzata dall'acqua contenuta nella struttura. La presenza di acqua ha anche provocato la cristallizzazione di nitrati provenienti dal terreno, e di solfati, migrati da rappezzi in malta cementizia. Diffusissima la pellicola a ossalato di calcio derivato dalla trasformazione della gomma arabica ampiamente utilizzata nel restauro del 1952.

Monitoraggio delle condizioni ambientali e termigrometriche delle murature

Le misure registrate mediante sensori nel 1986/87 (un mese per ogni stagione) sono state quelle di Temperatura e umidità ambientale; le stesse registrate continuativamente da settembre 1988 a settembre 1989, a cui si sono aggiunte le misure di temperatura superficiale in punti strategici della navata, sulle pareti nord e sud, ad altezza 20 e 200 cm dal piano di calpestio, e a due differenti profondità.

Risultati

La temperatura dell'aria si mantiene su valori accettabili con variazioni molto ridotte, raramente attraversa lo 0°C. L'UR è invece costantemente elevata, oltre la soglia del 65% tranne nei mesi estivi. L'andamento ha maggiore variabilità rispetto a quello della temperatura. L'umidità assoluta è poco diversa all'interno rispetto all'esterno, quindi le condizioni di elevata UR ambientale non sono legate a particolari effetti dell'evaporazione dell'acqua contenuta nelle strutture. Nella seconda campagna, grazie all'utilizzo di sonde per la misura della temperatura superficiale, si è potuto constatare che nel periodo primaverile si possono verificare episodi di condensazione superficiale.

Misura del contenuto d'acqua nelle murature

Le campagne dell'11 novembre 1987 e del 19 novembre 1992, sono state effettuate con metodo ponderale [2], i campioni sono stati prelevati nel presbiterio, nell'aula e sulla parete esterna a diverse altezze sino a 6 m dal piano di calpestio, fino a 10 cm di profondità.

Risultati

Il confronto tra i campioni prelevati nelle due battute evidenzia che tra il 1987 e il 1992 si è verificato un peggioramento della situazione di imbibizione delle murature. Il contenuto d'acqua ha raggiunto valori elevati (fino al 7.5%), soprattutto nelle pareti nord e sud della navata, mentre nel presbiterio si rilevano contenuti d'acqua accettabili, sia pur in aumento sul lato sud. La distribuzione in altezza, indipendentemente dall'orientamento delle pareti, ha messo in luce un andamento decrescente sino a 4 m dal piano di calpestio, e nuovamente un incremento fino agli 8 m di quota. Le conclusioni a cui si è giunti è che, nonostante gli interventi, non vi è stata una sufficiente bonifica delle murature, che risultavano ancora interessate da risalita capillare (soprattutto il lato nord e ovest) e percolamento di acqua dalle coperture (lato sud).

La campagna di indagine eseguita nel 2003 in vista dell'intervento

L'indagine si è avvalsa delle tecniche di termografia all'infrarosso per individuare le anomalie termiche indicative della presenza di acqua nelle superfici, e quindi per ottenere una mappatura delle condizioni di imbibizione. Le prove gravimetriche [secondo la procedura già citata in nota 2] hanno poi permesso di valutare il contenuto di acqua nei punti risultati più critici dalla mappatura all'infrarosso termico. Il monitoraggio del microclima si è avvalso di due serie di battute psicrometriche [3] al fine di ottenere in diversi orari della stessa giornata, e in diverse giornate, la distribuzione delle osservabili ad una medesima quota, secondo una griglia di acquisizione dei dati che permetta di coprire l'intera superficie calpestabile.

Le riprese termografiche e le prove gravimetriche sono state effettuate in due battute, prima e dopo un periodo di piogge, al fine di poter apprezzare l'apporto al

contenuto d'acqua dovuto all'eventuale non adeguato smaltimento delle acque meteoriche.

Termografia all'infrarosso

Sono state esaminate tutte le superfici interne ed esterne dell'edificio, in modalità passiva.

Risultati

Nella battuta di marzo, sono stati rilevati gradienti termici indicativi della presenza di umidità nella parete nord, in un'area circoscritta, nella parte sinistra della muratura. Sia nella battuta di marzo, sia in quella di maggio, la parete sud risulta maggiormente soggetta a sbilanci termici dovuti all'irraggiamento solare, e dal contatto con la pavimentazione, più fredda in primavera rispetto allo spiccato. Non si tratta però di anomalie termiche indicative della presenza di acqua, come confermato dalle indagini gravimetriche qui condotte.

Misura del contenuto d'acqua nelle murature

Le prove gravimetriche sono state eseguite in tre zone delle pareti nord e sud, alle quote di 10, 20 e 70 cm dal piano di calpestio. I prelievi sono stati effettuati in superficie, a 10, 15 e 20 cm di profondità, avendo cura di prelevare le polveri da punti il più possibile corrispondenti tra le due battute.

Risultati

La zona in cui si rilevano elevati contenuti d'acqua (intorno al 10%) è sulla parete sud, in corrispondenza dell'anomalia termica rilevata. Sul prospetto nord invece si è osservato che nella battuta di marzo si riscontrava la presenza di un'infiltrazione localizzata, alla base della parete, mentre nella battuta di maggio è possibile notare un forte decremento del contenuto di acqua nella medesima zona.

Monitoraggio microclimatico

1) Battute psicrometriche, risultati

Nella battuta di marzo si rilevano gli effetti del riscaldamento della parete sud, che confina con l'edificio addossato e in cui è in funzione un impianto di riscaldamento. Inoltre è possibile distinguere gli sbilanci termici dovuti alla poca tenuta del serramento del portone ed all'irraggiamento solare che penetra direttamente nell'edificio al pomeriggio attraverso la bifora in facciata. Infine si nota una zona in cui l'umidità specifica è maggiore in prossimità della controfacciata. Nelle successive battute primaverili è possibile osservare il graduale incremento dello sbilancio termico nelle zone che subiscono maggiormente gli effetti dovuti all'irraggiamento solare. Rimane ancora in prossimità della parete ovest (la controfacciata) la zona in cui l'umidità assoluta è maggiore.

2) Acquisizione con data logger, risultati

Il monitoraggio di temperatura e umidità ambientali è stato effettuato per soli 3 mesi, dal 24 marzo al 22 maggio 2003, pertanto per un periodo troppo limitato per poter trarre conclusioni utili a descrivere la dinamica degli andamenti delle osservabili misurate. Tuttavia le

osservazioni che si possono trarre confermano l'andamento già messo in luce dal monitoraggio effettuato nel 1988-89, e che consiste in modeste variazioni giornaliere di Temperatura. L'Umidità Relativa risulta invece sempre oltre la soglia del 60%, e raggiunge valori del 75% tra fine aprile e inizio maggio, in concomitanza di precipitazioni meteoriche di scarsa entità ma frequenti.

In conclusione si afferma che nel 2003 ancora sussisteva un punto di infiltrazione localizzata alla base della parete, sul prospetto sud, e che per morfologia, orientazione, tecniche e materiali impiegati si rilevano sbilanci nella distribuzione di temperatura e umidità ambientali che si verificano nel corso della giornata, con ampiezza crescente verso la stagione estiva.

Inoltre la distribuzione della temperatura superficiale, rilevata mediante termografia all'infrarosso, risulta disomogenea e, nelle zone in cui si possono identificare "ponti termici", il degrado della pellicola pittorica risulta maggiore.

Il sistema *Temperierung*

A fronte dei dati ottenuti si è ritenuto opportuno cercare di controllare i parametri ambientali. Dopo gli interventi al contorno (verifica delle coperture, riapertura di ventilazioni chiuse etc) è stato inserito a pochi centimetri dal piede della muratura un tubo scaldante che segue l'intero perimetro dell'edificio di culto. Il sistema scelto, denominato *Temperierung*, si affida all'irraggiamento: funziona attraverso localizzati tubi circolanti acqua calda che cedono calore alle pareti dell'edificio.

La voce *Temperierung* comprende alcune esperienze di controllo del clima in edifici che, imponendo vincoli stringenti alla conservazione delle collezioni in essi esposte, o alla possibilità di intervenire su contesti costruttivamente delicati, richiedono condizioni ambientali stabili e adeguamenti tecnologici non invasivi. In altre parole, ci si propone di temperare gli effetti dei parametri ambientali che per qualche motivo non siano considerati soddisfacenti, perché lesivi delle condizioni di vita auspicabili per i manufatti, siano essi le opere d'arte, o gli stessi edifici che le ospitano. La sperimentazione condotta in tal senso è relativamente recente, ed origina dall'attività di ricerca, nella quale la Soprintendenza per i musei non statali di Baviera si è impegnata a partire dagli anni Ottanta, che si è diffusa in anni più recenti in tutta l'Europa centrale, a partire dalla Germania, all'Austria, alla Repubblica Ceca, alla Slovenia, all'Italia. La letteratura, che pure non è copiosissima, non può ormai essere confinata ad un ambito regionale [4].

Paternità del nome e della tecnologia vengono concordemente riconosciuti a Henning Großschmidt, Leitender Restaurator presso la ricordata Soprintendenza bavarese. Großschmidt si adoperò per limitare i danni dovuti al considerevole gradiente di temperatura tra l'interno degli ambienti e le murature perimetrali, che provocava sollecitazioni termiche e

meccaniche ai dipinti appesi, disponendo alcuni circuiti anulari in rame circolanti acqua calda alla base (*wall-base tempering*) delle strutture di involucro (*the building shell*). L'intento dichiarato è quello di contrastare la dispersione di calore verso l'esterno, avvalendosi in tal modo di alcuni vantaggi: impedire la risalita capillare dell'umidità, i dannosi effetti della traspirazione salina e dell'acqua di condensa, favorendo condizioni stabili del clima interno e assicurando condizioni fisiologicamente salutari, ed appropriate per la conservazione dei manufatti. La fortuna riscontrata da tale semplice intuizione è manifesta nella misura delle soluzioni eterogenee alle quali può essere adattata: edifici antichi o moderni, musei, monumenti, chiese, abitazioni [5].

Le caratteristiche descritte delineano un sistema che non sovrappone un impianto all'edificio preesistente; ne esalta invece le prerogative: inerzia termica, incremento delle capacità coibenti e sostanziale comportamento passivo dell'insieme, che ne riduce l'impegno in termini di sostenibilità energetica.

Molte delle possibilità intraviste dalla pionieristica sperimentazione rimangono inesplorate; anche per queste ragioni l'analisi dell'evoluzione nei casi concreti aiuta nella ricerca [6].

Il monitoraggio microclimatico e termografico (2008)

Alla fine dell'intervento di restauro, per l'intero 2008, è stato eseguito il monitoraggio microclimatico e termografico con l'obiettivo di controllare gli effetti dell'impianto sul microclima interno e sui meccanismi di degrado delle superfici murarie decorate. La ricerca eseguita si rifà alle esperienze del gruppo UNI - Clima [7] ed ai risultati del Progetto Europeo Friendly - Heating, nella sintesi curata da Dario Camuffo [8].

La campagna di misure è stata eseguita in continuità, anche strumentale, con il protocollo impiegato nel 2003 per le rilevazioni pre-restauro, nel tentativo di costruire una base dati raffrontabile ed ottenere elementi per valutare in che misura gli interventi sulla struttura abbiano modificato le condizioni termigrometriche delle murature ed i parametri microclimatici fondamentali [9]. In particolare si è tentato di valutare in che termini la presenza dell'impianto *Temperierung* incida sulle modalità di degrado da umidità di condensa, innalzando il punto di rugiada mediante il localizzato incremento della temperatura superficiale dell'intonaco, ovvero contenendo l'umidità ambientale [10].

L'impianto è entrato in funzione il 22 novembre 2007. Dalle 24 ore immediatamente precedenti all'accensione, il microclima dell'Oratorio è stato sottoposto a due ordini di controllo: monitoraggio permanente di Temperatura (°C) e U.R. (%) [11] per restituire, attraverso rilevazioni orarie eseguite in continuo, un profilo tendenziale di lungo periodo, rispetto al quale riferire le osservazioni di dettaglio e valutare le dinamiche di scambio tra esterno ed interno (Fig. 1);

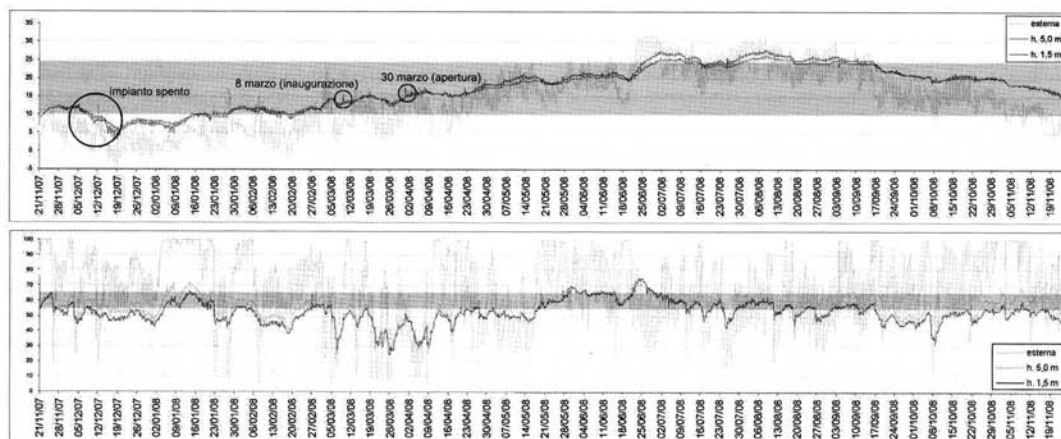


Fig 1- monitoraggio annuale della Temperatura (°C) e dell'U.R. (%). La fascia azzurra corrisponde al range ottimale per la conservazione delle pitture murali e affreschi $T = 10-24^{\circ}\text{C}$, $\text{U.R.} = 55-65$. UNI 10829/99

mappatura "psicrometrica" in sezione orizzontale e verticale per valutare periodicamente nel dettaglio come i medesimi parametri si distribuiscono nello spazio, e unitamente alla mappatura termografica delle pareti interne, per monitorare l'entità del riscaldamento delle superfici dovuto alla presenza dell'impianto e la progressiva estensione dell'area di influenza. Le misure di dettaglio sono state eseguite mediamente ogni due mesi, infittendo le rilevazioni nei giorni e nelle settimane immediatamente successive all'accensione dell'impianto: prima dell'accensione, dopo un'ora, dopo 5 ore, dopo un giorno, dopo una settimana, dopo due settimane, dopo un mese... (Fig. 2).

Analogamente a quanto eseguito nel 2003, i dati termografici vengono restituiti mediante mappe termiche in falsi colori; l'interpolazione del dato "psicrometrico" è restituita in forma di mappe isoterme e isocore; i dati del monitoraggio annuale mediante andamento lineare T-UR/gg parallelamente al dato rilevato all'esterno.

I profili annuali di T e U.R. rilevati all'interno dell'oratorio si presentano poco influenzati dal *Temperierung*: nel periodo in cui l'impianto è acceso non si registrano evidenti variazioni rispetto a quando l'impianto è spento, soprattutto se i valori sono considerati in relazione all'andamento misurato all'esterno nel medesimo periodo. La limitata portata dell'impianto a circuito singolo, la contenuta altezza della fascia di parete interessata dal riscaldamento, la bassa temperatura del fluido termovettore, il rapporto tra questi valori e il volume interno e la massa della struttura, unitamente all'elevato numero di ricambi d'aria dovuto alla scarsa tenuta della porta di ingresso, priva di battuta al piede, contengono al minimo l'effetto esercitato dal *Temperierung* sulle condizioni termo igrometriche del microclima interno.

Rispetto ai valori medi di U.R. rilevati nelle precedenti campagne di monitoraggio pre - restauro, nel corso delle quali il dato si era mantenuto sopra il 65%, le misure più recenti, eseguite a restauro concluso, rilevano una progressiva e costante diminuzione del valore medio nel corso dell'anno. Al momento, non vi

sono elementi sufficienti per stabilire un nesso di causa diretto con la presenza del *Temperierung*; infatti, alla diminuzione dell'U.R. non corrisponde una analoga variazione tendenziale della temperatura ambientale, circostanza che non consente di riconoscere una significativa azione dell'impianto sui due principali parametri microclimatici. In altre parole, considerato il limitatissimo effetto di riscaldamento dell'ambiente, si deve propendere per un progressivo e "spontaneo" asciugamento delle strutture dovuto alla rimozione della vie di adduzione d'acqua (coperture, fondazioni) nel corso dell'intervento di restauro, cui il debole riscaldamento indotto dal *Temperierung* può avere contribuito [12].

Il principale effetto sui parametri ambientali interni riconducibile all'azione del *Temperierung* consiste in un moderato incremento dell'inerzia termica nella stagione fredda, riconoscibile dalla leggera traslazione dei profili di T e U.R. rilevati all'interno rispetto a quello registrato da rilevatore esterno, a segnare come la presenza di una debole fonte di riscaldamento al piede della muratura migliori la capacità dell'involucro di "ammortizzare" gli sbalzi esterni più bruschi. Tale effetto è destinato a migliorare anno dopo anno, soprattutto se combinato con il progressivo asciugamento delle strutture dall'umidità di provenienza indesiderata (gronda, fronte di risalita...) e con un periodo di funzionamento dell'impianto esteso anche alla primavera inoltrata [13].

E' poi interessante notare come le mappature di T e U.R. registrino una distribuzione invernale dei parametri sostanzialmente analoga a quella rilevata ad impianto spento, con punti di massimo e minimo localizzati nelle stesse posizioni, in prossimità della porta di ingresso e con un moderato gradiente positivo muovendo dalla controfacciata verso lo spigolo sud-est del presbiterio, prossimo ai fabbricati contigui e da questi termicamente protetto (Fig. 3). Le isoterme in pianta [14] non registrano un apprezzabile riscaldamento dell'aria in prossimità delle superfici murarie. L'interpolazione eseguita con i valori rilevati lungo le sezioni verticali, immediatamente a ridosso delle pareti interne, mostra

un gradiente verticale positivo ed una corrispondente distribuzione del rapporto di mescolanza (U.S.), entrambi opposti a quanto rilevato ad impianto acceso [15]; tuttavia, sia ad impianto acceso che ad impianto spento, il gradiente complessivo si mantiene tanto contenuto [16] da non configurare circostanze subadiabatiche o superadiabatiche, a dire che un *Temperierung* così dimensionato non determina moti d'aria significativi a ridosso della parete riscaldata (Fig. 5).

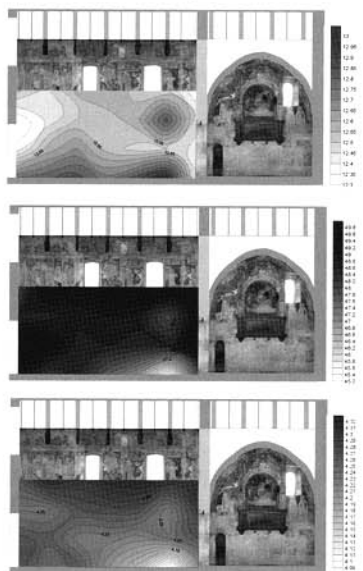


Figura 5 – distribuzione di temperatura e umidità lungo la sezione longitudinale a ridosso della parete ad impianto acceso (a sx, 05.12.2007) e ad impianto spento (a dx, 23.07.2008).

L'effetto più evidente prodotto sulle pareti dal funzionamento dell'impianto, consiste nel riscaldamento superficiale della breve fascia basamentale e nel conseguente innalzamento del punto di rugiada che, nella stagione fredda e più ancora in quella di transizione primaverile, determina un sensibile contenimento del rischio di condensa in quella zona (a patto, naturalmente, di mantenere l'impianto in funzione anche nella primavera inoltrata quando le strutture tardano più dell'aria a cedere il freddo accumulato nel corso dell'inverno, ed il rischio di condensa è quindi massimo proprio alla base dei muri).

Nel periodo immediatamente successivo all'accensione dell'impianto, la temperatura rilevata sulla parete intonacata alla quota corrispondente al tubo di rame si attesta sui 37°C, cala a 20 – 25°C 10 cm più in alto, e continua a diminuire progressivamente fino a circa 100 cm dal pavimento, quota oltre la quale si stabilizza al valore di riferimento per la muratura non riscaldata in equilibrio passivo con l'ambiente (nel medesimo periodo tra 11 e 12°C). Nel corso dei mesi successivi (Fig. 4) la breve fascia di parete a diretto contatto con l'impianto raggiunge la temperatura del fluido termovettore (45°C). Salendo, questa cala rapidamente

così da ridurre la fascia di diretta influenza del *Temperierung* a poco più di 50 cm, quota oltre la quale si raggiunge la temperatura di equilibrio ambiente – muratura, anche a fronte del riscaldamento dell'aria dovuto all'avanzamento della stagione (il 15 aprile tra 14 e 15°C).

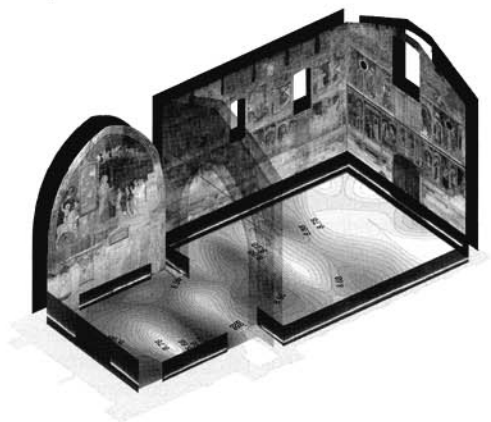


Figura 3- restituzione integrata del dato termico ambientale e del dato termografico a parete con il *Temperierung* acceso

Ad un anno dal completamento del restauro e dall'installazione del *Temperierung*, i dati consentono alcune prime considerazioni:

1. il microclima dell'oratorio si presenta in condizioni migliorate con riguardo particolare alla riduzione dell'umidità ambientale soprattutto in ragione degli interventi eseguiti per eliminare le vie di adduzione d'acqua alle strutture.
2. l'impianto *Temperierung*, qui installato e dimensionato con finalità essenzialmente conservative (e non di riscaldamento per comfort), mostra una positiva azione di controllo locale del degrado da condensa, e di miglioramento delle prestazioni di inerzia termica dell'involucro, mentre non si evidenziano significative alterazioni del microclima interno riferibili alla presenza dell'impianto.
3. la natura sperimentale del sistema suggerisce la definizione di un presidio diagnostico permanente minimo, che, mediante il controllo di poche fondamentali grandezze (al minimo 4 punti di misura a contatto e 1 termo igrometro ambientale) segnali l'insorgere di situazioni anomale e potenzialmente rischiose, consentendo un tempestivo intervento, d'intesa con la proprietà ed i soggetti che utilizzano il bene e ne sono, di fatto, custodi.

Alcune considerazioni generali

L'esperienza di controllo prolungato nel tempo, da noi fortemente voluta, ci offre infatti l'occasione per accennare ai problemi di controllo e gestione dei beni dopo i restauri.

In questo fortunato caso l'intervento conservativo ha comunque messo in moto una serie di attività riguardanti ambiti differenti tra loro:

- *l'attività di studio* (servita poi anche per la comunicazione) concretizzatasi in un volume di raccolta del materiale elaborato prima e durante la fase operativa, in modo da lasciare traccia esauriente della storia passata e presente;

- *la divulgazione e la formazione*. L'edificio di culto è stato infatti riaperto al pubblico e viene visitato grazie alla costituzione di un gruppo di guide volontarie che sono state preparate ad accompagnare il visitatore offrendo il racconto complesso e lungo che ha segnato il bene, non fermandosi esclusivamente agli aspetti più legati alla storiografia storico artistica, ma dedicando peso anche agli avvenimenti più recenti, come il restauro stesso, e le scoperte che conseguono spesso un cantiere ben istruito;

- *il controllo*. Le guide sono diventate anche le sentinelle che osservano, da utenti privilegiati, le anomalie o le spie dell'evoluzione dello stato conservativo. Esse inviano dei sintetici *report* in cui annotano mensilmente il numero di visitatori e segnalano ciò che ad un controllo visivo può essere ravvisato. La nostra parte, a sua volta effettuata in modo del tutto volontario, e mossa principalmente dalla curiosità scientifica e dal bisogno di un *follow up* dei propri interventi, è stata quella di seguire l'evoluzione dell'oratorio attraverso il controllo e il monitoraggio di cui abbiamo offerto in questa sede i dati.

Circostanze fortunate e interessi personali hanno consentito questa improvvisata forma di gestione del bene, ma non è possibile non vederne le criticità.

La fase ora necessaria diviene infatti quella di affidare il compito dell'attuazione del piano di conservazione preventiva e programmata a personale incaricato: vanno cioè eseguiti i controlli suggeriti, compilati i *report* di implementazione e aggiornamento del piano stesso, oltre all'esecuzione delle attività manutentive vere e proprie, programmate e da eseguire a scadenze prestabilite, o *just in time*.

L'attuazione di questo progetto è legata a due condizioni: la prima è il riconoscimento, da parte degli amministratori, della validità di una politica di gestione che vada ad investire cifre modeste, ma continuate nel tempo per evitare interventi più sostanziali in termini economici, o danni con conseguente perdita di parti del bene (sempre irripetibili nel caso di beni culturali); mentre la seconda riguarda la formazione di personale interno all'amministrazione magari, in questo specifico caso, coadiuvato dalle guide stesse, capace di usare lo strumento del piano di conservazione in tutte le sue potenzialità.

Si obietta solitamente che la scarsità di risorse economiche e l'endemica mancanza di personale nelle amministrazioni pubbliche renda impossibile l'attuazione di una prassi da tutti giudicata, sulla carta, come virtuosa.

A questo si può, almeno in parte, ovviare grazie a forme di incentivazione previste nei bandi attivati dalle

Fondazioni Bancarie, o dalle Regioni, specificamente dedicati a politiche di tutela di lunga durata.

In realtà sembra principalmente un problema di paradigma culturale. Con fatica riconosciamo infatti l'efficacia di azioni di cura e controllo continuate: molti autori hanno riflettuto in questo ultimo decennio sulle ragioni che hanno portato alla scomparsa di una prassi manutentiva ancora sentita come economicamente vantaggiosa in un passato non così lontano.

Non è qui possibile riprendere le tante argomentazioni espresse, sembrava più utile, in questo contesto, riportare un'esperienza concreta di controllo nel tempo, facendo scorgere le opportunità che una visione della conservazione come attività ciclica, offre ai molti portatori di interesse che ruotano attorno alle politiche di tutela del patrimonio culturale.

NOTE

[1] ALESSANDRINI G., *La diagnostica: l'ambiente, i materiali, il degrado, i trattamenti pregressi*, in PRACCHI 2008, pp. 157-165.

[2] Raccomandazione NorMal 40/93, Misura ponderale di umidità nelle murature, CNR-ITC 1993, sostituita da norma UNI 11085, Beni Culturali. Materiali lapidei naturali ed artificiali. Determinazione del contenuto di acqua: metodo ponderale, 2003

[3] UNI 10829

[4] KOTTERER, GROBESCHMIDT, BOODY, KIPPES 2004, in particolare gli interventi di H. GROBESCHMIDT e J. KÄFERHAUS.

[5] "It is applicable to all sorts of buildings in old or modern construction such as museums, monuments, churches, dwelling houses etc.", GROBESCHMIDT H., *The tempered Building: renovated architecture – Comfortable rooms – A "Giant Display Case"*, in KOTTERER, GROBESCHMIDT, BOODY, KIPPES 2004, p. 14.

[6] Sulle applicazioni del *Temperierung* in Italia: BECKER T., *Erfahrungen mit der Temperierung in Italien*, in: IN KOTTERER, GROBESCHMIDT, BOODY, KIPPES 2004,, pp. 155-162; PRATI 2006, MANFREDI 2006.

[7] Lo stato della normativa tecnica italiana e dei gruppi di lavoro attivi è stato recentemente riassunto in occasione dell'ultima Fiera del Restauro di Ferrara: Kermes, luglio – settembre, 2008.

[8] CAMUFFO 2008.

[9] Strumentazione: Termocamera FLIR THERMOVISION AGEMA 900 LW (8 – 14µm) raffreddata Stirling, focale 12"; software ThermoCAM Researcher 2001 (12 bit). Fotocamera digitale CANON EOS 5D, zoom 35 – 135 mm. Per il monitoraggio microclimatico n°3 termoigrometri conducimetrici Escort mod. Junior C10 + psicometro conducimetrico digitale, sensibilità +/-5%, per range -20/+60°C, U.R. 0-100%.

[10] CAMUFFO 2008, parte I, *Il caso degli inverni umidi e piovosi*, p. 72.

[11] Mediante una coppia di termo igrometri conducimetrici collocati a differenti altezze da terra nell'aula e nel presbiterio.

[12] Il valore medio di U.R. rilevato all'interno dell'oratorio è diminuito dal 65% al 49% circa, durante i primi 15 giorni di accensione dell'impianto, circostanza

che pare in larga misura spiegabile con la corrispondente diminuzione del dato esterno. Va tuttavia notato come l'andamento di lungo periodo si mantenga in costante decrescita e non sia completamente spiegabile con il normale andamento stagionale.

[¹³] KÜNZEL 2006, pp. 77-80.

[¹⁴] Tracciate in pianta mediante l'interpolazione lineare dei valori misurati lungo una maglia di lato 1,5 m alla quota di circa 1.00 m dal pavimento. Cfr. UNI 10829/99.

[¹⁵] BERNARDI 2004, pp. 102 – 104.

[¹⁶] 0,7 °C, pari a meno di 0,15°C/metro ad impianto acceso (Rilevazioni del 5.12.2007); 0,44°C, pari a meno di 0,09°C/metro ad impianto spento (Rilevazioni del 23.07.2008), un differenziale inferiore alla risoluzione dello strumento.

BIBLIOGRAFIA

1 PRACCHI V., a cura di, *L'Oratorio di Santo Stefano a Lentate sul Seveso. Il restauro*, Silvana ed., Cinisello Balsamo (Mi), 2008

2 BERNARDI A., *Conservare opere d'arte. Il microclima negli ambienti museali*, Padova, Il Prato, 2004.

3 KOTTERER M., GROßESCHMIDT H., BOODY F.P., KIPPES W. (a cura di), *Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung/Climature in Museums and Historical Buildings: Tempering*, Wien, Schloss Schönbrunn Kultur, 2004

4 KILLIAN R., *Die Wandtemperierung in der Renatuskapelle in Lustheim. Auswirkungen auf das Raumklima*, München, 2004

5 COMMISSIONE EUROPEA, DIREZIONE AMBIENTE e UFFICIO NAZIONALE DELLA C.E.I. PER I BENI CULTURALI ECCLESIASTICI, D. CAMUFFO, a cura di, *Il riscaldamento nelle chiese e la conservazione dei beni culturali, Guida all'analisi dei pro e dei contro dei vari sistemi di riscaldamento*, Milano, Mondadori - Electa 2006

6 KÜNZEL H., *Bauphysik und Denkmalpflege*, Stuttgart, IRB-Verlag, 2006

7 PRATI C., *Il Palazzo Pallavicino a Cremona*, in "Il Giornale dell'Architettura", n. 38, Torino, Allemandi, gennaio 2006, p. 19

8 MANFREDI C., *Il sistema Temperierung. Esperienze di climatizzazione degli edifici storici*, in "Il rapporto restauro 2006", supplemento a "Il Giornale dell'Architettura" n. 40, Torino, Allemandi, marzo 2006, p. 12

9 KÜNZEL H., KÜNZEL H.M., GROßKINSKY T., *Gelungene Sanierung durch Bauteiltemperierung am Beispiel der Salinenkapelle St Rupert in Bad Reichenhall*, in "WTA Almanach 2007", München, 2007, pp. 349-368



Fig. 5: Measuring crack width in stucco using microscope. Photo: H. Ekestang



Fig. 6: Condition survey by mapping of the stucco altar in Maria Magdalena church. Photo: H.

DIAGNOSTICA, INTERVENTO E MONITORAGGIO: IL CASO DELL'ORATORIO DI SANTO STEFANO A LENTATE SUL SEVESO (MILANO) Davide Del Curto, Carlo Manfredi, Gianfranco Pertot, Valeria Pracchi, Elisabetta Rosina, Luca Valisi

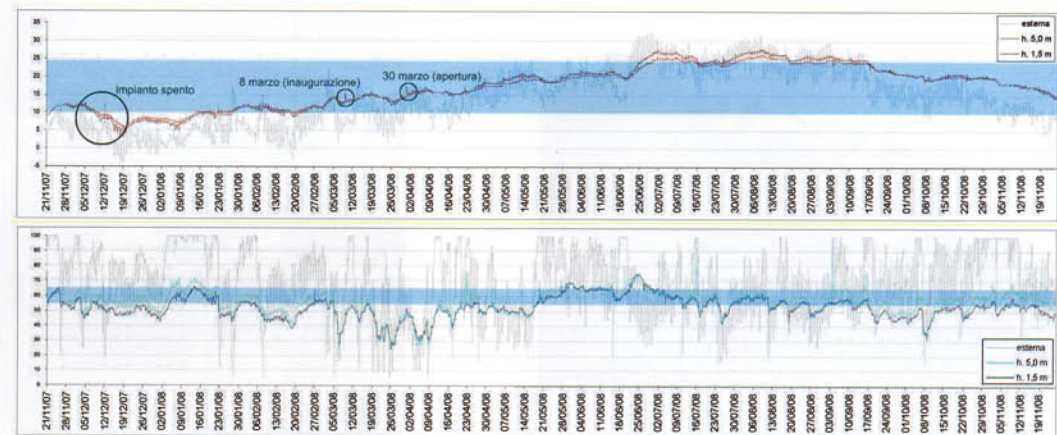


Fig 1- monitoraggio annuale della Temperatura (°C) e dell'U.R. (%). La fascia azzurra corrisponde al range ottimale per la conservazione delle pitture murali e affreschi $T=10-24^{\circ}\text{C}$, $\text{U.R.}=55-65$. UNI 10829/99

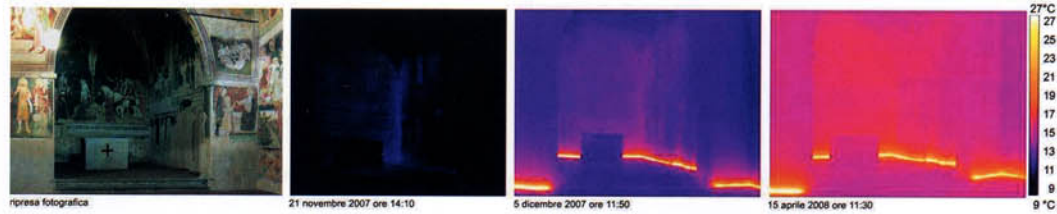


Fig 2 - riscaldamento progressivo delle pareti per effetto dell'impianto Temperierung (range 9-27°C)

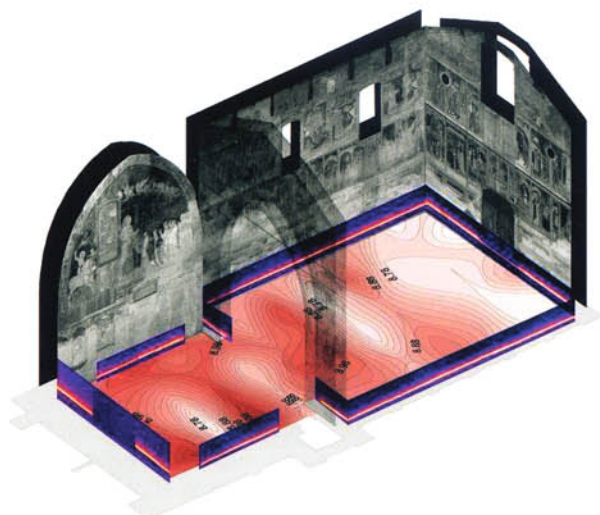


Figura 3- restituzione integrata del dato termico ambientale e del dato termografico a parete con il Temperierung acceso

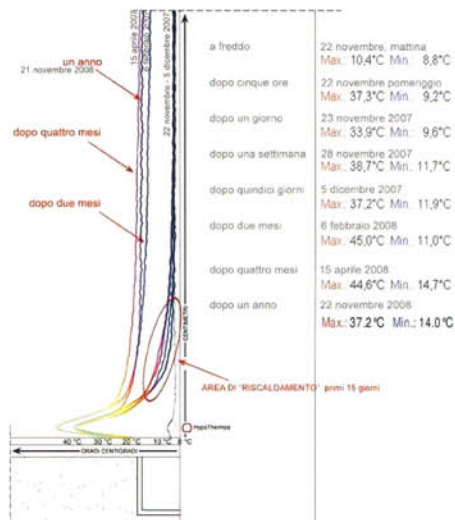


Figura 4- schema del riscaldamento progressivo alla base della parete

BAUSERVICE AM BERNER MÜNSTER

Ein kurzer Frontbericht

Hermann Häberli, Annette Loeffel



Abb. 17. Bauservice am Berner Münster: Kontrolle und Notmassnahmen am Turmhelm, (2001, 2003, 2004 zusammen mit einem Bergführer im Seil)



Abb. 18. Bauservice am Berner Münster: Mit Ölfarbe gefasste Brüstung am oberen Viereckskranz (Langzeitversuch an einem ursprünglich bereits aufgegebenen freistehenden Bauteil). Im Bild: Nachölen der Brüstung im Sommer 2007.