

# STUDIO DEL COMPORTAMENTO STAGIONALE DELLA FRATTURA SUI DIPINTI MURALI DEL CASTELLO DI FÉNIS

Lorenzo Appolonia, Simonetta Migliorini

## Premessa

I dipinti murali della cappella del castello di Fénis, sono stati restaurati nella prima metà degli anni Ottanta.<sup>1</sup> L'intervento, all'epoca, aveva avuto la qualità di ripresentare lo stato originale del ciclo pittorico e, in particolare, era intervenuto su alcuni problemi di carattere coesivo che avevano riguardato la riadesione dell'intonaco dipinto alla muratura e l'integrazione di alcune fessure.<sup>2</sup>

La verifica degli interventi, eseguita mediante sopralluoghi più o meno sistematici ha, di recente, mostrato che una stuccatura, in particolare, presentava fenomeni nuovi che si manifestavano con un nuovo riproporsi. Fortunatamente la frattura riguarda una parte assai marginale del dipinto e, inoltre, la nuova fessura che si è venuta a riscontrare si è formata sulla stuccatura fatta durante la fase di restauro. È, tuttavia, proprio questo fattore che ha mostrato come il problema che ha generato il fenomeno degradativo non è risolto, ma, anzi, ancora attivo al punto da continuare nel suo processo di distacco.

L'intervento del Laboratorio d'Analisi Scientifiche (LAS) si è posto quindi il problema di verificare le cause del fenomeno e, se possibile, di valutare il grado di danno, in

funzione della possibilità di una progettazione specifica che rimedierà a questo fenomeno e permetterà di formulare proposte conservative per quella parte di ciclo pittorico.

La prima valutazione, effettuata in più sopralluoghi, è legata alla posizione della trave che sostiene la croce del Cristo Ligneo<sup>3</sup> e che aveva posizione, nella muratura, proprio in corrispondenza con la parte alta della frattura. La questione era quindi legata alla verifica dell'azione prodotta dalla trave a causa di eventuali allungamenti o contrazioni della stessa, in seguito a variazioni climatiche (soprattutto l'umidità) che influenzano la lunghezza delle fibre.

Dal sopralluogo si evidenziava, inoltre, che il problema fessurativo non contemplava solo la parte dipinta interna alla cappella, ma si presentava anche nella corrispondente zona dei dipinti murali alla prima balconata del cortile interno. Questa nuova presenza, poteva indicare, quindi, che il fenomeno potesse essere dovuto anche a fattori di assestamento di una struttura, probabilmente slegata a seguito di vari interventi di rimaneggiamento (la fessura è prossima alla loggia con i dipinti di Giacomino d'Ivrea, successivi ai dipinti dei Saggi).

La valutazione della responsabilità eventuale del movimento della trave nelle dinamiche strutturali del primo piano del castello, è stata ritenuta necessaria per la comprensione del fenomeno e, di conseguenza, è stata predisposta una campagna di rilevamento che ha riguardato il movimento della fessura e la sua relazione con le condizioni di temperatura e umidità ambientali.

## La strumentazione

Il LAS ha da sempre un settore che si occupa delle valutazioni ambientali e climatiche. Questa serie di parametri è fondamentale per la comprensione delle attività degradative dei vari oggetti, poiché proprio questa relazione rappresenta il sistema monumento/ambiente che condiziona la conservazione di ogni tipo di manufatto.

In questo caso, tuttavia, l'attrezzatura del LAS è stata implementata con l'acquisizione di altre strumentazioni più specifiche per la risoluzione del problema, come dei sensori appositi denominati appunto fessurimetri.

La prassi del rilevamento dei movimenti delle fessure, prevede varie metodologie, le quali, tuttavia, sono per lo più di tipo "segnalazione", ovvero mostrano che un evento è avvenuto. Di questo genere sono per esempio quelle che sono chiamate "spie" e che possono essere di gesso o di vetro. In pratica queste spie mostrano che un movimento è ancora in atto nel momento in cui, sollecitate, si rompono. È evidente che tale fenomeno dipende dalla durezza del mezzo, vetro o gesso, dall'entità e dalla forza del movimento. Di recente si trovano anche dei sistemi con scala micrometrica, ovvero capaci di rilevare la quantità del movimento, ma solo all'osservatore che passa in quel preciso momento. Si può comprendere, come entrambe queste situazioni, seppure più economiche e meno invasive, non potevano essere adeguate a fornire risposte



1. Ripresa della zona di rilevamento con i 4 fessurimetri sulla muratura e le scatole di acquisizione. Uno dei fessurimetri della trave è anche percettibile; in basso la centralina di acquisizione. (S. Migliorini)

complete alle nostre richieste. Il LAS ha quindi provveduto all'acquisizione di alcuni strumenti di rilevamento capaci di collegarsi alle centraline di rilevamento, già in suo possesso, e utili per avere un dato di misura in continuo per tutto il tempo della rilevazione.

I fessurimetri impiegati sono stati di due tipi in funzione della loro capacità di misura e sensibilità. In particolare sono stati utilizzati fessurimetri per fratture di 2 e 5 mm e la sensibilità alle variazioni era, di conseguenza, di 0,02 mm per il primo e di 0,05 mm per il secondo.

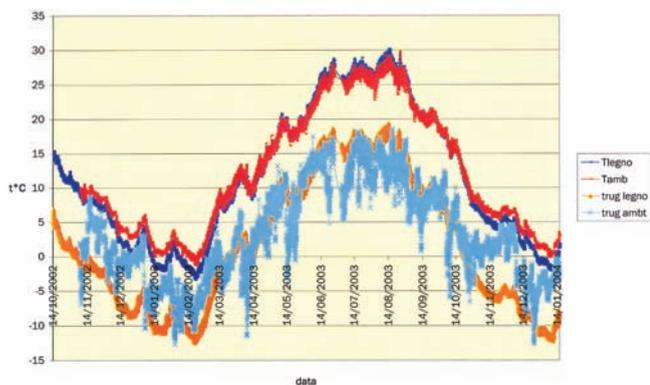
In ultimo, la discussione si è concentrata sul periodo necessario alla misura. In considerazione delle difficoltà di individuare a priori i momenti più critici per questo tipo di monumento, e questo a causa della tipologia dello stesso, della sua inerzia termica e della sua esposizione, si è deciso di far proseguire l'acquisizione dei dati per almeno un anno intero, al fine di poter valutare tutte le influenze climatico/ambientali possibili. Le misure di spostamento sono state eseguite sulle fessure della muratura (fig. 1), sulla trave e sono state completate dai rilievi climatici e idrometrici della cappella.

### Le indagini diagnostiche

La campagna di rilevamento si è svolta da ottobre 2002 a gennaio 2004 collocando le sonde all'interno del castello, con l'acquisizione in continuo delle grandezze microclimatiche di temperatura, d'umidità relativa, sia ambientale sia della trave di legno a sostegno del Crocifisso, e di fessurimetri a parete e alla trave per complessivi 10 canali. L'indagine aveva come obiettivo il controllo dei movimenti della fessura, verificatasi nella parete, in corrispondenza dell'inserimento nel muro della trave di sostegno del Crocifisso.

### Risultati dell'analisi della temperatura

I dati mostrano come l'andamento climatico interno segua quello esterno stagionale e come le variazioni giornaliere siano minime e controllate dall'inerzia termica della stanza (fig. 2). In particolare, l'escursione termica della trave mostra come questa oscilli in modo coerente con l'ambiente. Si deve comunque notare che la superficie della trave risulti sempre più fredda di quella ambientale, quando la temperatura ambiente scende sotto i 10 gradi, mentre supera la temperatura ambiente quando il valore di quest'ultima supera i 20 gradi. Le fasi di transizioni, e soprattutto quando le temperature sono comprese tra i 10°C e i 20°C, mostrano, invece, un buon accordo fra le temperature ambiente e quelle dalla trave. Questo tipo di



2. Confronto fra andamenti climatici interni dell'ambiente e della trave.

andamento può essere dovuto ai fenomeni di condensazione, nei cicli freddi, i quali assorbono energia dalla superficie e, viceversa, possono essere dovuti ai fenomeni di evaporazione, nei cicli caldi.

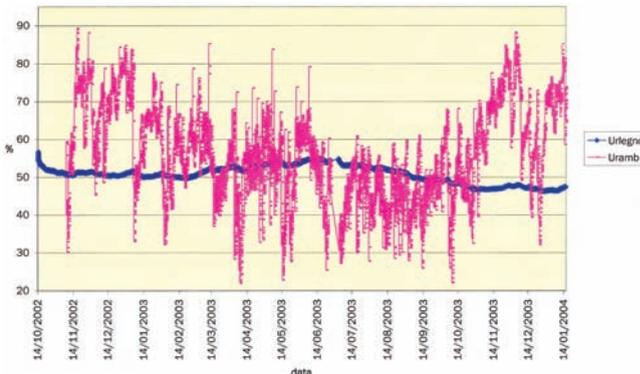
Il fenomeno pare bilanciato, almeno sulla superficie, negli intervalli di temperatura compresi fra i 10 e i 20 °C.

Dai dati ottenuti non si osservano mai sconfinamenti nei limiti della temperatura di rugiada, il che presupporrebbe l'assenza della formazione di condensa superficiale, ma, nei mesi tra novembre e gennaio, si ottengono valori di distanza dalla temperatura di rugiada inferiori a 5 °C.

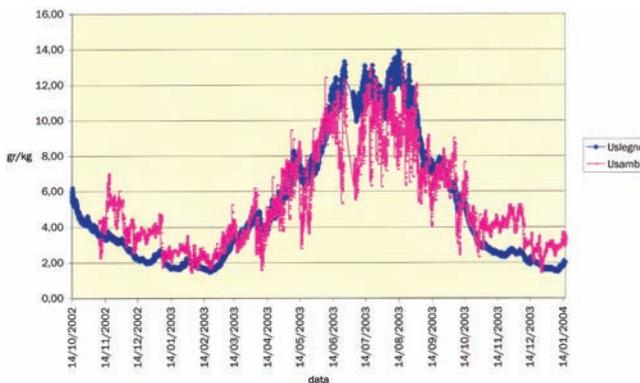
I valori massimi di temperatura registrati sono intorno ai 30 °C (esterno 37 °C), mentre i minimi registrati sono intorno a -3 °C sulla trave e -1 °C ambiente (esterno -9 °C).

### Analisi umidità relativa

I dati mostrano un andamento dell'umidità relativa ambiente che segue l'andamento delle condizioni climatiche esterne, mentre i valori misurati sulla trave evidenziano un andamento molto stabile che non si è discostato di molto, durante tutta la campagna d'acquisizione, dai valori compresi tra 45% e 55% (fig. 3). Questi dati hanno richiesto pertanto un approfondimento delle conoscenze con la valutazione del contenuto assoluto di acqua, rispetto a quello relativo, che si ottiene con il calcolo dell'umidità specifica. In questo caso si è evidenziato un aumento dei valori da 1,5 g/kg a 14 g/kg da marzo ad agosto con una successiva diminuzione nuovamente con l'arrivo dei mesi invernali, dimostrando che il reale contenuto d'acqua della trave cambia nei mesi invernali e in quelli estivi e, quindi, che essa tende a funzionare come materiale assorbente dell'umidità ambientale.



3. Confronto fra i dati di umidità relativa del legno e quelli ambientali.



4. Confronto fra i dati di umidità specifica del legno e quelli ambientali.

## Risultati dell'analisi con i fessurimetri

I quattro fessurimetri murali hanno mostrato come, nel corso di un anno solare, hanno compiuto un ciclo completo: al momento iniziale, nel mese di ottobre 2002, sono stati tutti tarati e fatti partire da una posizione pari a zero, col procedere dei mesi la fessura si è allargata (spostamento positivo fino al valore massimo). Lo spostamento fino al valore massimo ha avuto un progredire piuttosto costante. Superato il massimo, tra il mese di gennaio e febbraio, il movimento s'inverte. Si assiste inizialmente ad un brusco restringimento della fessura, che si riporta al valore iniziale (aprile 2003) e in seguito prosegue a valori più bassi. Il valore minimo è raggiunto all'incirca nel mese di giugno. La fessura permane costante fino a circa la metà del mese d'agosto e poi ricomincia ad allargarsi riportandosi alla fine di un anno di misura (ottobre 2003) sul valore iniziale per dare in seguito avvio ad un nuovo ciclo, tabella 1.

Fessurimetro 0: variazione tra +0.18 e -0.17 mm	Variazione totale nell'anno: 0,35 mm
Fessurimetro 1: variazione tra +0.25 e -0.23 mm	Variazione totale nell'anno: 0,48 mm
Fessurimetro 2: variazione tra +0.36 e -0.23 mm	Variazione totale nell'anno: 0,59 mm
Fessurimetro 3: variazione tra +0.21 e -0.13 mm	Variazione totale nell'anno: 0,34 mm
Fessurimetro 4: variazione tra +0.03 e -0.07 mm	Variazione totale nell'anno: 0,10 mm
Fessurimetro 5: variazione tra +0.02 e -0.04 mm	Variazione totale nell'anno: 0,06 mm

Tabella 1. Valori massimi e minimi riscontrati dai fessurimetri (dallo 0 al 3 sono sul muro, mentre il 4 e il 5 sulla trave).

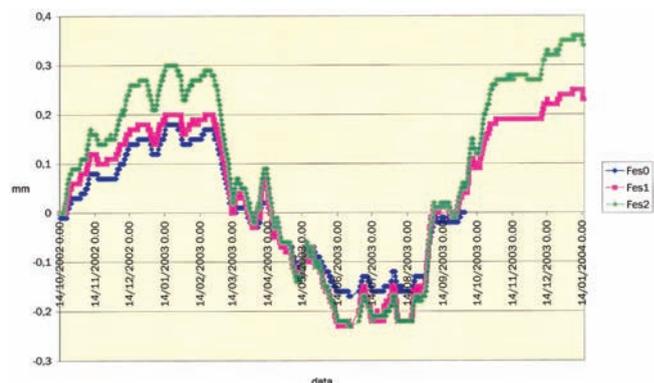
Il fessurimetro 2 all'inizio del periodo di misura evidenzia il maggior spostamento positivo, mentre nella fase del restringimento ha un comportamento molto simile al fessurimetro 1. Il fessurimetro 3 nella fase d'allargamento è in linea con il fessurimetro 0, mentre nella seconda parte dell'anno tende a restringersi meno degli altri e con un apparente ritardo. Pur con delle differenze nei valori assoluti questi quattro fessurimetri presentano tutti gli stessi andamenti.

Un discorso a parte va invece fatto per i fessurimetri 4 e 5, collocati sulla trave. Essi, infatti, evidenziano degli spostamenti molto inferiori e, soprattutto, ritardati rispetto a quanto misurato sulla muratura, anche in questo caso il valore di partenza è stato fissato come 0. Nel procedere la trave si è leggermente allungata nella direzione di misura positiva, e questo fino al mese di marzo, in seguito, nel mese di giugno, i valori sono tornati verso lo 0 e da quel momento la trave ha iniziato a contrarsi fino alla fine del periodo d'acquisizione (gennaio 2004). Rispetto a quanto misurato sulla parete, quindi, l'andamento presenta un ciclo completo, ma che non si identifica con l'annualità che sembra, anzi, essere superiore ad un anno. Confrontando l'andamento dei fessurimetri collocati nel legno con quelli nella parete si osserva che l'andamento delle due serie è simile, ma i fessurimetri all'interno del legno presentano un "ritardo" rispetto a quelli della parete di circa 2 mesi, valore preso considerando l'attraversamento dello 0 da parte del sensore 2 e del sensore 5 (figg. 5 e 6).

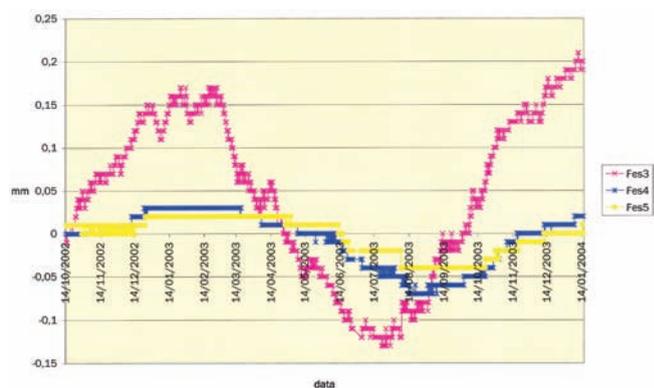
Interessante è la correlazione tra i valori d'umidità specifica del legno e i valori dei fessurimetri. L'andamento è assolutamente speculare: ad un aumento della quantità di vapore all'interno del legno corrisponde una contrazione della fessura e viceversa (fig. 7).

## Conclusioni

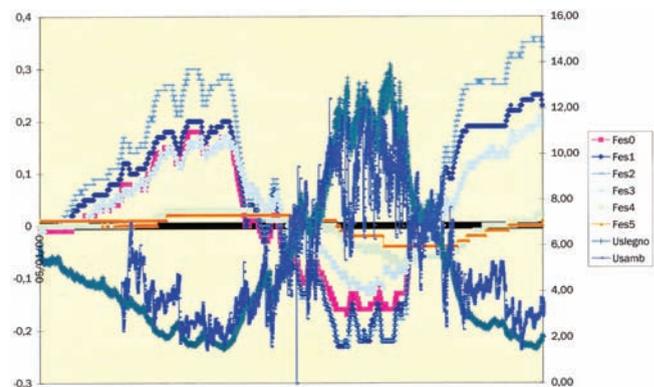
I risultati ottenuti dallo studio del movimento della frattura, hanno fornito le risposte che erano richieste. Attualmente, infatti, siamo in grado di comprendere che vi sia un fenomeno in atto e che questo stia dando continue sollecitazioni alla struttura muraria. Quanto questo possa essere pericoloso non è competenza specifica del LAS, tuttavia, dai dati in possesso si può vedere come il



5. Confronto degli andamenti dei fessurimetri della muratura.



6. Confronto fra il fessurimetro 3 della muratura e i fessurimetri della trave.



7. Confronto fra i dati dei fessurimetri e quelli di rilevamento dell'umidità specifica dell'ambiente e del legno.

movimento della fessura sia strettamente collegato con le variazioni di umidità del legno. Questo fa supporre che vi sia un fenomeno di cerniera della trave, la quale allungandosi per l'aumento della sua umidità (fenomeno che favorisce l'allungamento delle fibre della lignina), spinge la muratura facendo contrarre la sua parte esterna superficiale, dove si trova la fessura. Viceversa, nei periodi in cui nella trave diminuisce l'umidità, si ottiene il fenomeno inverso, il ritiro delle fibre rallenta la spinta sulla muratura e favorisce il rilassamento e allargamento della fessura.

La questione più complicata è data dall'interpretazione degli andamenti della trave. Il suo non completamento del ciclo mostra una possibilità di perdita di elasticità del mezzo, se questo fosse vero la questione potrebbe diventare complessa perché significherebbe una variazione progressiva con il possibile aumento del fenomeno di spinta sulla muratura. D'altro canto, questo spiegherebbe abbastanza bene il formarsi della nuova frattura. È evidente che per questo tipo di analisi e valutazioni la base statistica attuale non sia sufficiente, ma che occorra avere una migliore e più approfondita conoscenza del fenomeno e del suo ripetersi per periodi più lunghi e rappresentativi.

Un'ultima considerazione va fatta sull'entità del movimento, infatti, il sensore 2 ha mostrato (vedi tabella 1) che la variazione complessiva arriva fino a più di mezzo millimetro, anche questo valore può fornire la spiegazione del riproporsi del fenomeno fessurativo, soprattutto perché questo è avvenuto sullo strato più debole, ovvero la stuccatura applicata nell'ultima campagna di scavo.

#### Abstract

The presence of fissures could be a signal about some structural problems for the conservation of walls.

When this happens on mural paintings surfaces the question could become more dangerous. The loss of some pictorial parts is possible and, for these reasons, the knowledge of the causes must be done.

The chapel of Fénis castle show a presence of a fissure that come back after the restoration works hold in the 1983. The study of the movement quantity and the behaviour of the masonry wood are the object of this work. The results can be used to understand which are the relationship between the wall, the climate and the wood behaviour and the risks of damages for the paintings.

1) Relazione di restauro, ditta Giorgio e Barbara Gioia.

2) Relazione di restauro, ditta Giorgio e Barbara Gioia.

3) Relazione di restauro, ditta Giorgio e Barbara Gioia.

Gli autori ringraziano la ditta Lamba Scientifica di Altavilla Vicentina, per la collaborazione e il supporto all'allestimento del cantiere di rilevamento.