

nuova serie
43
2007

Territorio



Rivista trimestrale del Dipartimento
di Architettura e Pianificazione

Franco Angeli

Rocca Rangoni: il monitoraggio del microclima e le indagini sulle strutture lignee

*Davide Del Curto**

con Juri Badalini, Luca Valisi, Tomaso Cavalli



1. Il comportamento microclimatico

I metodi e gli strumenti propri delle indagini diagnostiche applicate ai beni architettonici descrivono un edificio attraverso la misura strumentale di alcuni parametri fisici: dati dimensionali, proprietà meccaniche dei materiali, temperatura, umidità. Il loro monitoraggio nel tempo restituisce un modello del comportamento delle strutture e degli ambienti al variare delle condizioni climatiche, d'uso e di carico.

Lo studio del microclima si configura – specie nella fase istruttoria – come momento di lettura ed interpretazione di un complesso architettonico del quale fornisce una descrizione quali-quantitativa complementare al quadro conoscitivo costruito attraverso i rilievi metrici, tematici e gli studi di carattere storico.

Le indagini microclimatiche in corso presso la Rocca Rangoni sono orientate in particolare a caratterizzare le dinamiche di scambio termo-igrometrico tra strutture murarie ed ambienti interni e a localizzare i fenomeni di squilibrio – condensazione, gelo/disgelo, cristallizzazione salina – dannosi per la conservazione dell'edificio e degli oggetti in esso contenuti. I risultati forniscono elementi utili ad orientare le operazioni di manutenzione e le scelte di progetto con riguardo particolare alla distribuzione delle destinazioni d'uso nelle diverse porzioni del complesso.

Le tecniche di monitoraggio impiegate a Spilamberto (eseguite sulla base delle prescrizioni Uni 10899/1999, Beni di interesse storico e artistico, condizioni ambientali di conservazione, misurazione ed analisi) sono basate sulla trasmissione di segnali elettromagnetici a bassa frequenza e permettono di acquisire grandi quantità di dati reiterando le misure nel tempo senza alterare l'aspetto del manufatto e senza comprometterne l'integrità materica e funzionale. Sono state utilizzate scale di rilievo e gradi di affinamento diversi ed indispensabili per dar conto della complessità della Rocca, un complesso di oltre 150 stanze caratterizzato da un assetto distributivo eterogeneo che alterna porzioni di edificio a corpo singolo e doppio ed uno sviluppo dei quattro livelli di piano (terra, ammezzato, nobile, sottotetto) ove i corpi privi di seminterrato si affiancano ad altri dotati di ampie cantine.

Sono presenti situazioni differenziate anche rispetto all'uso degli spazi con porzioni abitate – e quindi riscaldate – accanto a zone fredde solo localmente provviste di serramenti efficienti ovvero, come al piano nobile, prive di riscalda-

* Diap - Laboratorio di analisi e diagnostica del costruito

mento e di un efficace sistema di chiusure.

Le macro-aree omogenee per caratteristiche dimensionali e costruttive (spessori murari, rapporti aero-illuminanti, disposizione delle aperture), di esposizione e ventilazione – ed in prima approssimazione riconducibili ad un medesimo comportamento microclimatico – vengono individuate sulla base dell’analisi morfologica e metrica: dal punto di vista planimetrico si riconosce la presenza di tre corpi orientati secondo l’asse est-ovest, la cosiddetta ‘ala vecchia’, il corpo comprendente la ‘galleria’ e l’‘ala nuova’ collegati dalle due maniche trasversali nord-sud prive di seminterrato (fig. 1). L’analisi delle macro-aree viene precisata mediante l’impiego di uno strumento ad alta risoluzione sensibile al limitato gradiente termico proprio degli ambienti confinati da strutture murarie piene eseguite in momenti diversi nel corso dell’anno e del giorno. I dati sono restituiti in forma di mappe isoterme e isocore utili a visualizzare la distribuzione del gradiente termico e del grado igrometrico.

Le misure eseguite lungo la sezione verticale chiariscono l’articolazione ed i rapporti fra volumi, struttura e aperture ed evidenziano le aree in cui le particolarità dell’impianto distributivo determinano localizzate variazioni del microclima, ad esempio in corrispondenza delle stanze 113 e 214 esposte verso sud nella corte grande dove l’assenza della volta comporta, rispetto ai locali confinanti, significative modificazioni nella distribuzione del gradiente termico. I rilievi eseguiti lungo la sezione del corpo nord valgono più in generale ad evidenziare il ruolo delle volte del piano nobile che, a dispetto delle naturali caratteristiche di leggerezza e consistenza, contribuiscono egregiamente all’isolamento termico dei locali sottostanti proteggendoli dall’importante apporto radiante della copertura soprattutto nella stagione calda (fig. 2).

Nella stanza 214 – dove la volta è ancora presente sebbene danneggiata – si registrano massimi di temperatura inferiori rispetto alla corrispondente stanza 306 nella quale la volta è andata perduta e l’ambiente è esposto all’influenza diretta della copertura. Tuttavia, se è intuitivo che la presenza di un livello in più – sebbene ‘leggero’, come appunto una volta in camorcanna – contribuisca a mitigare i valori massimi e minimi di temperatura, risulta interessante constatare come i benefici più significativi consistano nella riduzione del gradiente termico all’interno del medesimo locale e nella diminuzione dei moti convettivi con conseguenti benefici in termini di comfort termico percepito a parità di condizioni esterne (fig. 3).

Le rilevazioni eseguite nella ‘galleria’ (321) confermano la delicatezza di questo ambiente che, in ragione della geometria allungata e della generosa finestratura sul fianco settentrionale, può contare su una limitata inerzia dell’involucro dovuta anche all’attuale difettosità dei serramenti. I dati relativi alla stagione estiva mostrano una distribuzione uniforme della temperatura e dell’umidità relativa con le finestre sia aperte che chiuse ed evidenziano, per contro, la buona tenuta termica della volta che, specie nella misurazione autunnale, contribuisce a contenere il gradiente in pochi decimi di grado; allo stesso modo il solaio di calpestio realizza buone prestazioni di isolamento e determina un’efficace cesura termica a beneficio dei sottostanti locali 226-7-8-9-30 al piano ammezzato, abitati e riscaldati (fig. 4).

I rilievi eseguiti a campione negli altri ambienti del piano

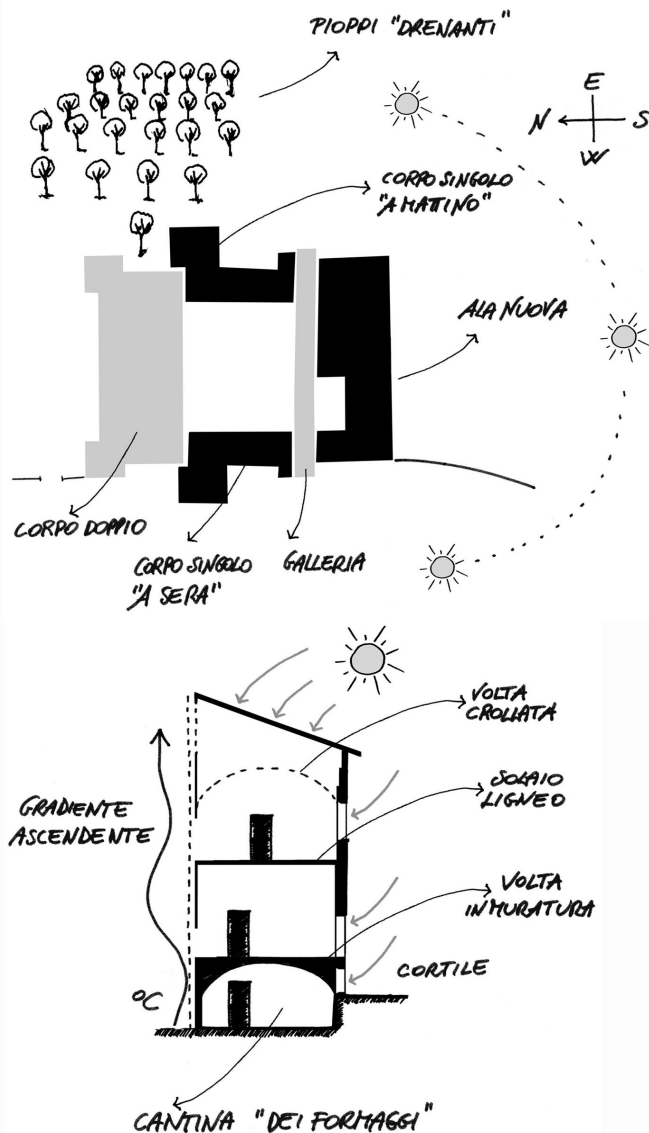
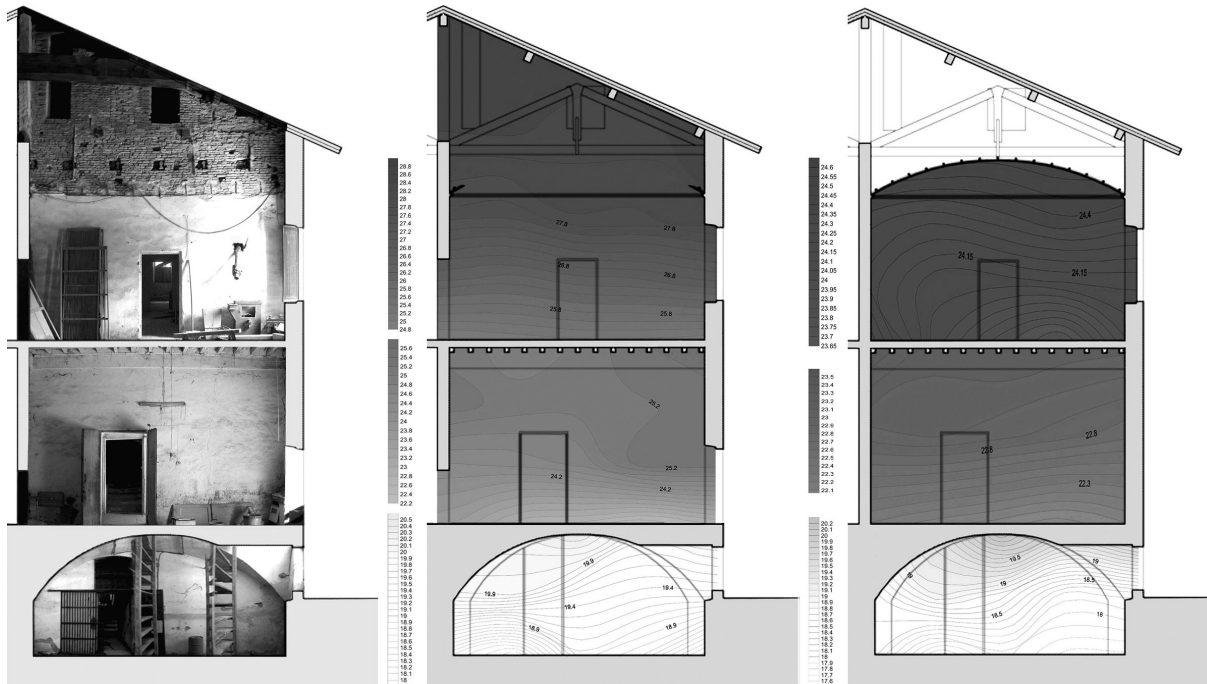


Fig. 1 – Individuazione delle zone omogenee

nobile evidenziano condizioni complessive di equilibrio termo-igrometrico tra l’ambiente e la muratura in buona parte riconducibili alla regolarità dell’impianto planimetrico; i valori si mantengono stabili anche grazie all’elevata ventilazione, all’assenza o difettosità dei serramenti ed alla presenza dei voltati sorta di ‘stabilizzatore’ termico per tutto il piano. Le stanze 315-316-317 nella manica est evidenziano un buon comportamento dell’involucro murario in termini di risposta alle variazioni climatiche esterne ed i valori di temperatura e umidità relativa si distribuiscono uniformemente in tutte le condizioni di prova (primo riscaldamento – massima esposizione – primo raffreddamento).

Nella ‘camera di belvedere’ (314) le particolari caratteristiche di esposizione su tre lati liberi e la discontinuità degli spessori murari in gran parte ridotti ai tamponamenti *in fo-*



Dall'alto:
Fig. 2 – Distribuzione del gradiente termico lungo la sezione BB in presenza della volta (stanza 214) e dove questa è crollata (stanza 306)
Fig. 3 – Estradosso di una volta 'in camorcanna', dettaglio



Fig. 2 – Ripresa termografica della 'galleria' (321), range 22,7°C-27,1°C: in evidenza l'impronta fredda delle centine

lio, inducono significative dinamiche di scambio tra l'ambiente e le superfici dell'involucro particolarmente evidenti nelle ore pomeridiane estive quando coppie di diversi punti della medesima parete fanno registrare differenze di 9-10°C.

1.1. Un 'presidio diagnostico' permanente

Lungo la sezione del corpo sud – l'ala nuova – si registra un gradiente complessivo equivalente ma una differenza più netta tra il piano seminterrato (003-4-5) ed i livelli superiori.

A seguito di questo screening la Rocca è stata equipaggiata con una rete di 13 data logger per la registrazione oraria di temperatura e umidità relativa: il progetto di monitoraggio consiste in tal senso nella scelta di un numero finito di punti (e di strumenti) di misura utili alla formazione di un presidio permanente.

Gli esiti del primo anno di monitoraggio restituiscono profili coerenti per un edificio in muratura di laterizio pieno in contesto padano e non evidenziano situazioni di emergenza anche in considerazione del carattere eccezionalmente mite della stagione invernale 2006-2007: i valori oltrepassano occasionalmente la soglia di condensa nelle ore più fredde della notte ed in prossimità delle porzioni del complesso sfavorite dalle caratteristiche morfologiche e di esposizione. Le rilevazioni sono tuttavia ancora in corso allo scopo di definire una valutazione analitica basata su più cicli annuali completi.

In corrispondenza degli ambienti privi di serramenti o sfavoriti dalle particolarità distributive e strutturali si registrano

escursioni giornaliere (giorno-notte) più marcate e aderenti ai profili di riferimento misurati nella corte grande 130.

Gli ambienti dell'ala nuova 249 e 331 – oggetto dei più recenti interventi di miglioria serramenti efficienti e impianto di riscaldamento a radiatori – costituiscono un importante termine di paragone rispetto al resto della Rocca, in particolare rispetto all'ala nord, analoga per esposizione e dimensione dei locali ma da tempo abbandonata. Il monitoraggio concorre a caratterizzare questa parte del complesso – la 'casa del fattore' – e, accanto alle verifiche distributive e di carico, risponde a precise richieste relative alla possibilità di collocarvi destinazioni d'uso pubblico.

La grande cantina 003-4-5 risente solo relativamente dell'ampia superficie contro terra e combina il profilo termico smusato proprio degli ambienti ipogei ad elevata inerzia termica con valori di umidità ambientale controllati.

La medesima situazione si riscontra nella cantina voltata 001 che, per quanto faccia registrare le condizioni di umidità più sfavorevoli del complesso, si attesta su valori del tutto adeguati per un ambiente confinato da pareti a contatto con il terreno e giustificati solo in relazione alla presenza di grandi aperture ed alla costante ventilazione.

2. Le indagini sulle strutture lignee

Le ispezioni e gli accertamenti diagnostici sulle strutture lignee della Rocca Rangoni sono stati eseguiti allo scopo di caratterizzarne tipologia, materiali e modalità costruttive e per valutarne lo stato di conservazione e possibile utilizzo. I risultati consistono nel completamento del rilievo geometrico e dimensionale, nell'identificazione di tipologie costruttive, specie legnose, tecniche di lavorazione e messa in opera dei singoli elementi; nella valutazione dello stato di conservazione generale e di dettaglio; nel completamento delle indagini strumentali.

L'esame ha interessato tutte le strutture lignee – solai, volte in 'camorcanna' e coperture – per una superficie totale di quasi 2.100 mq e 905 pezzi, ed è stato condotto secondo un criterio di minima invasività e progressivo approfondimento in accordo con le più recenti prescrizioni tecniche di settore (Uni 11118-9, 11035-41).

2.1. Le ispezioni: questioni di metodo

Il protocollo di indagine applicato presso la Rocca Rangoni si articola in cinque punti:

- 1) codifica dei vani e degli elementi;
- 2) raccolta dei dati generali (vano per vano) e di dettaglio (elemento per elemento);
- 3) valutazioni intermedie;
- 4) esecuzione di riscontri strumentali e verifica a calcolo;
- 5) valutazioni finali.

L'estensione della Rocca e la modalità di esecuzione delle ispezioni, che richiede l'esame diretto da parte dell'operatore di ogni singolo pezzo, ha soprattutto richiesto la definizione di una strategia operativa in grado di razionalizzare la gestione dei dati – sia nella fase di rilievo che in quella di elaborazione e interpretazione – integrandosi con l'analisi del complesso eseguita stanza per stanza secondo il sistema

Raumbuch.

Il sistema di codifica messo a punto per la Rocca Rangoni si basa sull'assegnazione di un codice alfanumerico a tre posizioni per strutture semplici e articolate. Il primo campo identifica il vano, il secondo la tipologia dell'elemento, il terzo la numerazione progressiva. Ad esempio, il codice 106.T.003 identifica:

106 sesto vano del livello terra (100)

T trave

003 progressivo generale.

Per singoli elementi di strutture articolate (capriate, pontoni doppi) viene aggiunta la sigla dell'elemento che costituisce la struttura. Pertanto, il codice 409.CC.107.M identifica:

409 nono vano del livello coperture (400);

M monaco;

CC appartenente alla capriata;

107 progressivo generale.

I dati sono gestiti alle diverse scale da un database di facile implementazione in grado di recepire sia i dati derivati dalle ispezioni conoscitive relative allo stato di fatto, sia quelli che riguardano le successive operazioni di restauro e manutenzione (la messa a punto di un protocollo speditivo di indagine per strutture lignee complesse e lo studio di un sistema di gestione dei dati costituisce il tema della ricerca condotta da Juri Badalini con Tomaso Cavalli presso il Laboratorio di Analisi e Diagnostica del Costruito ed alla quale si riferiscono anche le ispezioni alla Rocca Rangoni).

I risultati del rilievo sono presentati in forma di elaborati di sintesi (tavole) e di dettaglio (schede) la cui consultazione parallela restituisce una descrizione puntuale e di immediata leggibilità con riguardo particolare allo stato di conservazione.

Tutte le strutture lignee della Rocca sono state indagate secondo il medesimo protocollo e livello di approfondimento (riconoscimento della specie, lavorazione, difetti, stato di conservazione, ecc.) mentre la selezione delle informazioni è demandata alla fase di output allo scopo di orientare la produzione di elaborati relativi alle situazioni più significative.

Se il rilievo geometrico generale offre la base grafica e metrica per la registrazione delle informazioni relative ad ogni struttura esaminata, il riconoscimento della specie legnosa costituisce il primo passo per la descrizione di un elemento ed avviene mediante l'esame delle caratteristiche morfologiche tipiche: colore, odore, tessitura, direzione della fibratura, porosità, differenziazione tra alborno e durame, evidenza degli anelli, presenza e posizione di tasche di resina, forma e dimensione dei raggi midollari.

La conifera (560 elementi) prevale sulla latifolia (297) e rappresenta oltre il 60% del legname in opera presso la Rocca. È notevole l'incidenza del pioppo – impiegato tuttavia quasi esclusivamente nelle coperture dei rustici nella corte principale e in localizzate sostituzioni nelle strutture di copertura – mentre la quercia (69% del totale latifoglie) è impiegata al piano terra per le travi dei solai a doppia orditura, nei piccoli impalcati ad orditura semplice del piano ammezzato e nelle coperture per la costruzione delle capriate, in particolare dei monaci.

L'abeto rosso (*picea abies*), utilizzato per il rifacimento delle coperture nel 1989 rappresenta circa 2/3 del totale mentre l'abeto bianco (*abies alba*) è presente solo in minima parte (1%).

Il riconoscimento della specie si accompagna all'esame delle lavorazioni – modalità di taglio (asciatura, segatura a mano, segatura a macchina, ecc.), finitura superficiale (piallatura, ecc.) e degli spigoli (presenza di smussi, fili, ecc.) – che completa la descrizione morfologica degli elementi e fornisce indizi utili in sede di esame stratigrafico (fig. 5).

L'esperienza e la preparazione dell'operatore, la sua conoscenza dei difetti e delle patologie più comuni costituisce una condizione determinante per la stima a vista di solai e coperture poiché la superficie del legname in opera reca segni molteplici dovuti all'invecchiamento naturale, ai trattamenti, alle condizioni climatiche, solo in parte riconducibili a processi patologici.

La battitura con mazzuolo di faggio o altro legno duro costituisce un supporto dell'esame visivo tanto semplice quanto efficace: il suono prodotto dalla percussione varia in funzione della compattezza del materiale e permette di localizzare in prima approssimazione – ma con un buon livello di sicurezza – le alterazioni non visibili in superficie come carie o cavità interne dovute al naturale invecchiamento delle fibre. Allo stesso modo, l'ispezione in luce radente favorisce l'individuazione dei segni lasciati dagli utensili – ascia, pialla, sega a mano, sega a nastro – sulla superficie degli elementi e consente di classificarli secondo la lavorazione (fig. 6).

Nello stesso modo sono rilevati i dissesti – inflessioni, cedimenti, lesioni dovute ai carichi – e i difetti – fessurazioni, nodi, deviazione della fibratura, cipollatura – la cui individuazione e stima consente una prima valutazione dello stato di conservazione attribuendo a ciascun pezzo una valutazione parametrica codificata in sede di GL 20/Pr 13.

Dove l'ispezione individua la presenza di discontinuità interne dovute a difetti o degradi ovvero dove si renda necessario stabilire l'effettiva entità di quanto evidenziato dall'esame superficiale, il test resistografico consente di determinare la sezione resistente residua. La prova resistografica o penetrometrica consiste nell'impiego di un perforatore stru-



Fig. 5 – Ispezione del solaio 210

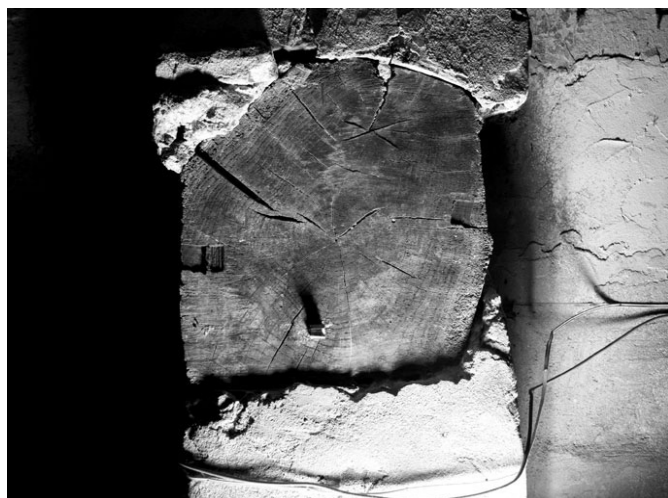


Fig. 6 – Trave 106.T.003, esame in luce radente per il riconoscimento della specie legnosa

mentato che registra la resistenza all'avanzamento attraverso l'elemento di una punta d'acciaio del diametro di 3 mm a basso numero di giri. Le prove vengono eseguite lungo l'asse neutro cercando di evitare nodi e difetti evidenti che possano alterare i valori di resistenza rilevati. Il protocollo di indagine prevede l'esecuzione di un numero sufficiente di penetrazioni – tre o più – per definire il quadro delle resistenze locali dell'elemento in corrispondenza della porzione degradata, di una apparentemente sana e in una zona di transizione tra le due. L'umidità influisce sulle caratteristiche meccaniche del legname ed i profili di resistenza alla penetrazione vengono interpretati in rapporto ai valori di umidità misurati al momento ed in prossimità del punto di esecuzione della prova nonché con i parametri microclimatici (T e UR) monitorati all'interno del locale.

Si considera come umidità di riferimento per il legno stagionato il valore del 12%, espresso in percentuale rispetto al volume del legno anidro (0%), con temperatura ambientale di 20°C e umidità al 65%. È inoltre comunemente accettato che per ogni aumento di punto percentuale dell'umidità tra il 12% e il 25% si ottiene una diminuzione del 3% delle caratteristiche di resistenza meccanica.

Il controllo del microclima e la mappatura delle zone a rischio di contatto con l'acqua permettono così di valutare l'effetto dell'umidità sulle proprietà meccaniche e sull'evoluzione dei processi degenerativi, valutazione espressa attribuendo a ciascun pezzo un indice di rischio biologico con gravità crescente da 1 a 3 (Cfr. Uni EN 335-1) (fig. 7).

Una prima sintesi della campagna di indagini sulle strutture lignee della Rocca Rangoni evidenzia uno stato di conservazione complessivamente buono e circoscritte situazioni di emergenza per lo più riferibili alle condizioni di esercizio o al microclima localmente favorevole allo sviluppo di infezioni.

Il 71% dei pezzi risulta scevro da patologie mentre il 12% ha manifestato sintomi riconducibili a una o più patologie. Il danneggiamento più diffuso è quello superficiale dovuto all'azione degli insetti xilofagi che attaccano l'alburno (9%) mentre solo il 2% degli elementi è marcescente o cariato.

La distribuzione degli indici di rischio biologico evidenzia come nei locali meno aerati o a diretto contatto col terreno si determinino le condizioni di umidità e temperatura ideali per lo sviluppo di organismi patogeni e come buona parte degli elementi colpiti da carie o marcescenza siano localizzati proprio negli ambienti più umidi e poco ventilati (vani 003, 004, 105 e 106). Le infezioni interessano in particolare le testate delle travi nella cantina 003-004 a diretto contatto con la parete sud contro terra.

L'efficacia dell'indice di rischio biologico quale rapido indicatore dello stato di salute di una struttura lignea è evidente dalla lettura comparata dei dati relativi alla specie legnosa, classe di rischio e degrado: solo il 23% (9/39) degli elementi di quercia in classe di rischio 2 sono affetti da carie mentre la loro incidenza sale al 62.5% (5/8) per quelli riferibili alla classe 3.

La distribuzione delle situazioni di degrado e di rischio biologico è sintetizzata in forma di planimetrie alla scala dell'intero complesso ove sono individuati i singoli elementi degradati che necessitano di riparazioni e/o integrazione. È in questi elaborati che si sintetizza il senso complessivo di un procedimento analitico tanto dettagliato – *pezzo per pezzo* – che, accanto alla produzione di minuziosi dati conoscitivi utili alla descrizione dello stato di fatto delle strutture e all'interpretazione della loro storia costruttiva, restituisce con immediatezza l'entità dello stato di conservazione complessivo e permette di quantificare e localizzare analiticamente gli interventi necessari, fornendo un prezioso strumento operativo nella logica del *riparare piuttosto che restaurare*.

Al piano terra si registrano casi diffusi di aggressione da parte di insetti xilofagi quasi sempre limitati alle porzioni di alburno sulla superficie dei segati e comunque non tali da pregiudicare le caratteristiche meccaniche del materiale.

Le strutture dei livelli nobile e ammezzato non presentano situazioni di emergenza ed i casi diffusi di fibratura deviata non sono di entità tale da condizionare la capacità portante nelle attuali condizioni di carico.

All'intradosso del solaio 210 si leggono distintamente le tracce lasciate dall'acqua penetrata attraverso un condotto fumario e probabilmente cessate dopo il rifacimento del tetto e la chiusura del camino: i danni sono limitati all'orditura secondaria, specie in prossimità della parete, mentre la verifica



Fig. 7 – Identificazione delle specie legnose al piano terra (a sinistra) e delle lavorazioni (a destra)

resistografica consente di escludere significativi peggioramenti dello stato di conservazione e della capacità di carico delle travi principali (T94-95-96-97).

Il recente rifacimento, l'assenza di infiltrazioni e le buone condizioni di ventilazione mantengono le coperture in ottime condizioni di conservazione e fenomeni localizzati di carie e marcescenza – probabilmente pregresse – sono stati rilevati solo su alcuni elementi di reimpiego, un falso puntone sulla torre di ingresso ovest (410.FP.395) e una catena sull'ala est (401.CC.256).

La copertura della 'casa del fattore' presenta una grave, seppur localizzata, situazione di emergenza in corrispondenza di un falso puntone (413.FP.411) la cui estremità meridionale è affetta da carie profonda ed estesa proprio in corrispondenza dell'appoggio sulla muratura.

La prova strumentale rappresenta l'ultimo anello dell'iter analitico e ad essa si ricorre solo quando non sia stato possibile valutare compiutamente un elemento mediante osservazione e battitura: si consideri ad esempio il test resistografico eseguito sulla trave 107.T.004 che ha permesso di localizzare una grave marcescenza interna invisibile in superficie e sfuggita alle prove di battitura ma suggerita dalla presenza

di un'infiltrazione d'acqua piovana dalla finestra priva di serramento della soprastante 'studiolo' (205), che penetra nel solaio infradiciandone l'intera struttura.

Le inflessioni rilevate nella struttura sono invece riconducibili all'incremento del carico di esercizio conseguente al livellamento delle quote dei pavimenti al piano nobile eseguito dopo la metà del '600; la luce originaria dei travicelli sagomati a 'V' di sezione media 7,5 x 14 cm di circa 3 metri è stata ridotta mediante l'inserimento della trave 205.T.093. La capacità portante dei solai è stata sottoposta a verifica preliminare con il metodo delle tensioni ammissibili considerando sia i carichi di esercizio per destinazione d'uso residenziale o assimilata (200 kg/mq) sia quello per destinazione pubblica (400kg/mq).

Tutte le travi e i travicelli dei solai considerati soddisfano la verifica a compressione assiale (s) e al taglio (t) per carico di esercizio residenziale o assimilato (200 kg/mq) mentre la deformazione massima (freccia) è sempre superiore a quella ammissibile.

I travicelli dello 'studiolo' (205) verificati senza considerare la trave rompi tratta T093 non soddisfano s e freccia nemmeno a 200 kg/mq. Considerando l'apporto delle trave, che di-

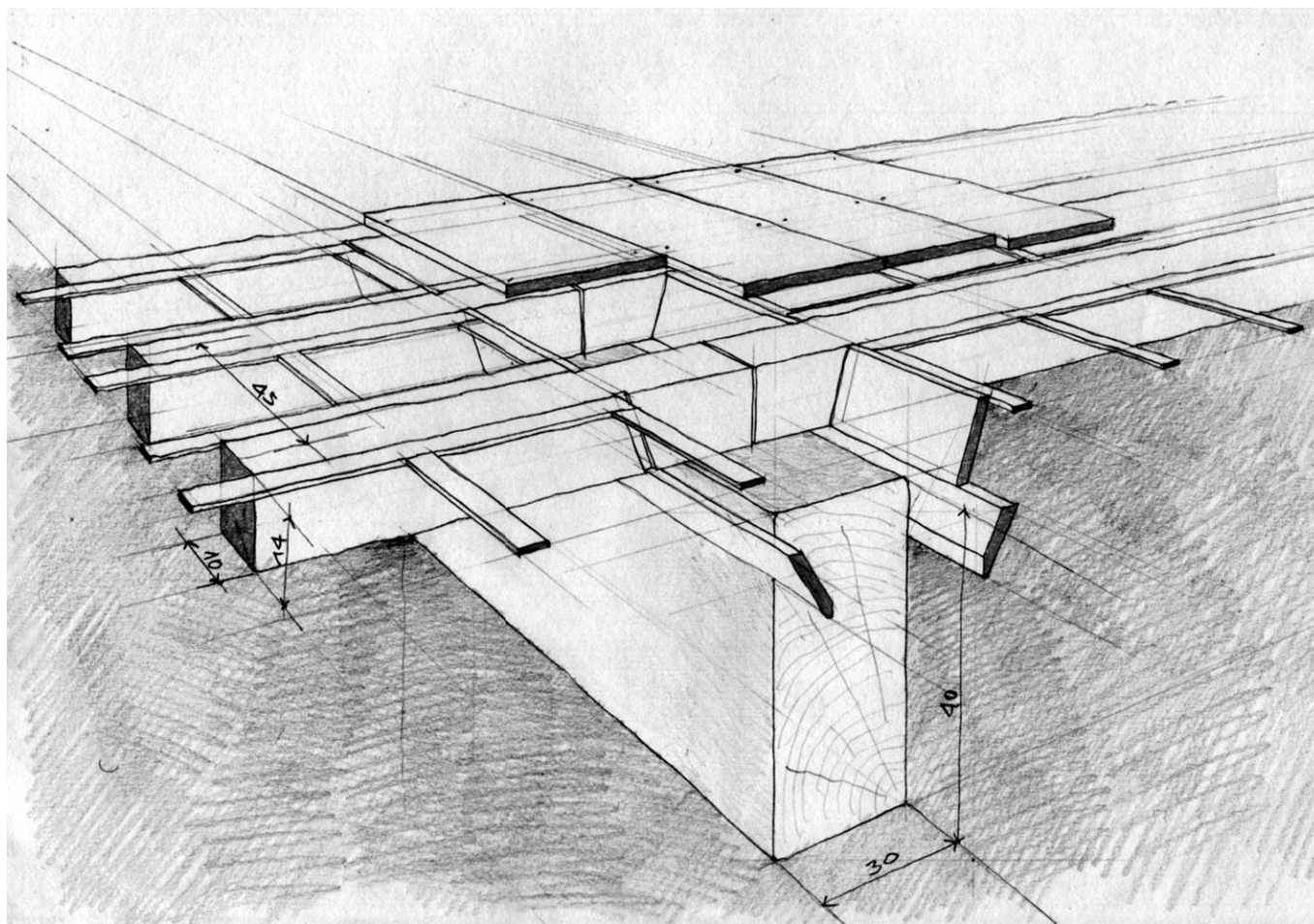


Fig. 8 – Schema costruttivo del solaio 210 (rilievo di T. Cavalli e J. Badalini)



Fig. 9 – Sequenza costruttiva dei solai 003-4

mezza la luce effettiva, l'impalcato può invece reggere anche il carico di 400 kg/mq e suggerisce discretamente la possibilità di intraprendere modalità di consolidamento che, unitamente a scelte consapevoli circa la distribuzione delle destinazioni d'uso, possano concretamente avvicinarsi all'idea di un intervento minimo ed efficace.

La trave 106.T.004 supera la verifica della s e del t con carico di esercizio per uso pubblico (400 kg/mq); lo stesso può dirsi per le travi della stanza 210, anche considerando la riduzione della sezione resistente di alcuni elementi particolarmente degradati verificata anche per via strumentale (fig. 8).

Accanto alle valutazioni sullo stato di conservazione funzionali alla definizione delle strategie di progetto e d'uso, l'esito delle ispezioni restituisce indicazioni di carattere più squisitamente conoscitivo proponendo un punto di vista sulla storia costruttiva della Rocca frutto del contatto diretto con le strutture nel corso dei lunghi sopralluoghi e dello stabile coordinamento con le ricerche storico-archivistiche e con

L'analisi stratigrafica delle murature.

L'osservazione delle modalità di posa traduce informazioni aggiuntive rispetto al semplice dato materico ed alle sue implicazioni di tipo prestazionale; nel vano 112, ad esempio, consente di individuare una prima cronologia relativa perché le travi 112.T.015 e 112.T.016 sono state messe in opera successivamente alla T004 realizzata probabilmente in fase con il solaio soprastante (211-212).

Nel corso del XVII secolo la costruzione della scala 204 ha determinato il taglio del solaio 106 e, per il sostegno della rampa, la formazione di due archi in muratura direttamente sulla trave 106.T.003, ricavata dal semplice scortecciamento di un possente elemento di quercia (sezione 44 x 45 cm in corrispondenza dell'appoggio orientale); quest'ultima, in ragione dell'incremento del carico, è stata puntellata con un pilastro in mattoni.

Sulla medesima trave si imposta anche la parete – databile tra la fine del XV e l'inizio del XVI – che al piano ammezzato divide lo 'studiolo' 205 dall'adiacente vano 207. Scala e parete sono state realizzate quando la 106.T.003 già occupava la posizione attuale, ed è quindi possibile collocare la sua messa in opera prima dell'inizio del XVI secolo.

I solai presenti in questa parte della Rocca sono tutti in legname di abete e costruiti solo a partire dal Cinquecento: si può quindi ipotizzare che la quercia sia stata utilizzata per ricavare grandi elementi durante le prime fase costruttive del complesso e che la trave 106.T.004, anche considerando l'ipotesi del reimpiego, sia stata messa in opera immediatamente prima che il ricorso alla conifera si stabilizzasse per i nuovi impalcati nel Cinquecento forse in conseguenza dalle mutate disponibilità del legname d'opera.

Gli unici elementi di quercia presenti al piano terra (vano 106) sono quelli localizzati nella zona compresa tra il sedime del recinto fortificato (XIV secolo) e l'area individuata come possibile sede delle preesistenze medievali.

Nel piano ammezzato si ritrovano nei brevi impalcati ad orditura semplice dei corridoi delle maniche est ed ovest: in queste strutture, gli elementi in quercia convivono con quelli di conifera in una alternanza apparentemente casuale che riguarda anche le modalità di lavorazione, perché gli uni sono sbazzati all'ascia e presentano sezioni poco definite, mentre gli altri presentano superficie piallata, sezioni regolari e spigoli inferiori sagomati a mezzo toro a suggerire l'ipotesi del reimpiego per quanto non vi siano, al momento, elementi sufficienti per determinare con certezza in quali termini.

La modanatura a mezzo toro si ritrova anche sull'orditura primaria e secondaria del solaio 111 e sulle travi dei vani 211 e 212, tutti in legno di abete e presenti solo in questi locali e al piano ammezzato, nelle stanze di levante e di ponente.

L'attuale configurazione del solaio della cantina sud (003 e 004) induce analoghe considerazioni evolutive: la struttura è il risultato di almeno 3 fasi successive riconoscibili in una prima serie di travi impostate su lesene di mattoni in due teste; una seconda serie di travi parallele alle prime è stata inserita all'interno di scassi praticati nella muratura a infittire il passo di quelle esistenti; infine, un sistema trasversale di travi e pilastri in acciaio è stato costruito a dimezzare la luce complessiva del solaio: l'osservazione delle specie legnose conferma il riconoscimento di questi tre momenti individuando il legno di latifoglia per le travi della prima fase e la conifera per quelle della seconda (fig. 9).