



## IL PROGETTO

Recupero e conservazione del soffitto ligneo della Sala Magna di Palazzo Steri, Palermo.

**A**ncora una volta il condizionamento si è ritrovato al centro di malevoli attenzioni. Francamente ci ha stupito che il Presidente del Consiglio Draghi se ne sia uscito con un'affermazione che ci ha lasciati attoniti: "È preferibile la pace o soffrire il caldo durante l'estate?". Prendiamola pure come una battuta mal riuscita perché, se anche mai dovessimo pensare di realizzare una pace nell'Est Europeo rinunciando all'uso dei climatizzatori, potremmo proporre di rinunciare al forno a microonde per realizzare la pace in Medio Oriente.

Certo è che il nostro settore, ogni volta che accade qualcosa, viene citato come l'origine di tutti i mali: dalla causa del morbo del legionario, alla diffusione del covid 19, solo per citarne alcuni. Quello che poi sorprende ancor più è che subito dopo la battutaccia, l'uso dei climatizzatori sia stato regolamentato con una legge fissando un limite per gli ambienti a 27° con uno scarto di 2° quindi fino a 25°, quando è cosa nota che i set point consigliati dalle aziende per il funzionamento degli impianti negli ambienti è proprio di 25°. Una vera bufera in un bicchiere d'acqua.

Quello che vorremmo suggerire a tutti è di valutare quanto certe affermazioni in libertà possano essere pericolose e dannose per settori che impiegano migliaia di lavoratori. Un invito a ponderare certe uscite perché delle battute che possono sembrare innocue possono al contrario generare gravi danni e grandi problemi.

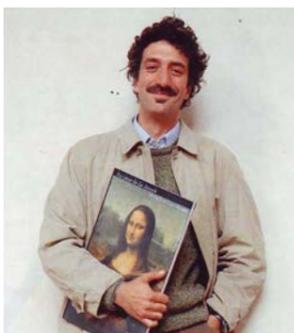
Alessandro Riello  
Presidente



**COSTANZA CONTI**  
nata a Palermo nel 1964, laureata presso la Facoltà di Architettura di Palermo, diplomata presso la Scuola di Specializzazione in Architettura dei Giardini, Progettazione e Assetto del Paesaggio di Palermo, ha svolto attività di libero professionista fino al 2002. Dal 2002 lavora presso l'Università degli Studi di Palermo e, presso il medesimo ente, dal 2010 è responsabile del Settore Valorizzazione, Salvaguardia e Restauro del patrimonio storico monumentale.



**DANIELA ROMANO**  
nata a Palermo nel 1970, laureata presso la Facoltà di Architettura di Palermo, ha studiato presso l'Agenzia Casaclima di Bolzano conseguendo la qualifica di Esperto CasaClima Jr. Lavora presso l'Università degli Studi di Palermo, dove si occupa prevalentemente di progettazione di sistemi di climatizzazione e monitoraggio ambientale finalizzati alla conservazione delle opere d'arte e dei beni culturali.



**PAOLO DIONISI VICINI**  
nato a Roma nel 1964, laureato in Scienze Forestali, è Dottore di Ricerca in Scienze del Legno presso l'università di Firenze. Ha fatto parte del team di Ricerca Scientifica del Metropolitan Museum of Art di New York e fa attualmente parte (dal 2004) del team che studia le condizioni del microclima di conservazione della Gioconda presso il Louvre. Svolge attività di monitoraggio delle relazioni legno-umidità nelle opere d'arte, sviluppando piattaforme di monitoraggio autoalimentate e accessibili in remoto.

**Gruppo di lavoro**  
Responsabile del Procedimento  
**Ing. Antonio Sorce**  
Intervento di restauro  
**Arch. Costanza Conti**  
con la collaborazione  
dell'**Arch. Alessandro Marco**  
Impianto di climatizzazione  
e monitoraggio  
**Arch. Daniela Romano**  
Impianti Elettrici  
**Ing. Giovanni Signorino**

## Il Progetto.

La sala Magna è un'importante sala di Palazzo Steri, oggi sede del rettorato, e presenta un soffitto a cassettoni che si compone di preziose tavole di legno dipinte. Attraverso una eloquente selezione di miti, storie bibliche, episodi tratti da romanzi cortesi, Manfredi III Chiaromonte, promotore dell'opera, affermò il suo ruolo politico nelle contrastate vicende siciliane sullo scorcio del XIV secolo. Tra il 1377 e il 1380, come attestato dall'iscrizione che corre su un lato del soffitto tra mensole e lacunari, il potente e nobile signore di Palermo, in lotta con i sovrani aragonesi, finanziò un'impresa singolare, per ampiezza e complessità concettuale.

Il sistema del soffitto si estende per una larghezza di circa 8 m e una lunghezza di 28 m, ed è costituito da ventiquattro travi a sezione rettangolare poste ad una altezza di circa 8 m, appoggiate su mensole lignee.

Le travi sono suddivise in due campi da una fascia centrale che si sviluppa lungo l'asse longitudinale della sala.

Gli intervalli fra trave e trave danno origine ai profondi lacunari rettangolari in cui si ripete in miniatura il sistema architettonico delle travi maggiori con le rispettive mensole. Il programma iconografico si distribuisce sulle tre facce delle 24 travi lignee e sui lacunari.

Più di 50 storie scorrono davanti agli occhi dell'osservatore. Susanna e i vecchioni, Giuditta e Oloferne, il Giudizio di Salomone, le storie del Re David, e ancora l'avventura degli Argonauti, la leggenda troiana (suddivisa in una minuziosa narrazione che giunge fino alla seconda distruzione di Troia) sono solo alcune delle narrazioni visuali che campeggiano sulle travi. Altre vicende interessano l'amore adultero di Tristano e Isotta, la cruenta avventura di Elena di Narbona e la drammatica e inesorabile sorte di Didone.

Nel corso dei secoli il soffitto ligneo ha subito diverse trasformazioni, anche legate alle differenti funzioni attribuite alla Sala.

Nella seconda metà del secolo scorso è stato realizzato al di sopra del soffitto dipinto un solaio in lamiera grecata con massetto in calcestruzzo armato che ha sostituito la funzione portante delle originarie travi lignee, che oggi sostengono esclusivamente i pannelli dipinti.

Già a partire dal 2005, a causa della preoccupante disgregazione delle pellicole pittoriche e dei supporti lignei, l'Area Tecnica dell'Università ha avviato studi ed indagini che sono confluiti nella realizzazione di interventi pilota volti a indagare le cause e lo stato di degrado del complesso sistema costituente il soffitto.

I pannelli dipinti si presentavano in grave stato di conservazione, imputabile sia al naturale invecchiamento dei materiali costitutivi, che ai pregressi interventi di risanamento e presentavano numerose forme di degrado: depositi superficiali, lacune diffuse, abrasioni, distacchi e sollevamenti della pellicola pittorica, deterioramento del legante e alterazione di alcuni pigmenti e lesioni del supporto ligneo. La stesura di una vernice chetonica applicata nel precedente intervento di restauro, aveva alterato le qualità materiche caratteristiche della tecnica a tempera e gravemente alterato i colori. Inoltre gli attacchi di agenti xilofagi hanno interessato diffusamente i pannelli

lignei dipinti e le strutture di supporto costituenti l'orditura del soffitto, determinando una notevole riduzione della resistenza meccanica degli elementi in legno, ulteriormente aggravato dalla costruzione del solaio in lamiera grecata che ha determinato inevitabili fenomeni di condensa.

Alla luce della gravissima situazione di degrado, prossima al collasso, l'esecuzione dei lavori di restauro non era più procrastinabile e si è ritenuto indispensabile procedere all'integrale smontaggio del soffitto per consentire un efficace consolidamento delle parti lignee oltretutto il restauro delle pellicole pittoriche.

Il progetto esecutivo di restauro del soffitto ligneo della Sala Magna allo Steri è stato approvato dalla Soprintendenza ai BB.CC.AA. di Palermo nel mese di Luglio 2016 ed i lavori di restauro sono iniziati nei mesi di Giugno 2017 adottando il criterio del "minimo intervento".

Preliminarmente alla movimentazione e allo smontaggio, le tavole dipinte sono state protette e preconsolidate. Si è successivamente proceduto al risanamento del supporto ligneo, tramite l'inserimento di cunei in legno d'abete e/o colmando le fessurazioni e le mancanze, con uno stucco opportunamente formulato per i materiali lignei di pregio, e al consolidamento della pellicola pittorica. La pulitura, cautelativamente preceduta dall'esecuzione di test, ha portato alla rimozione della vernice chetonica applicata



durante il restauro degli anni '70 e ha permesso la rimozione dei depositi coerenti soprammessi alla pellicola pittorica originale.

Nell'ottica del "minimo intervento", la reintegrazione pittorica è stata eseguita limitandosi ad integrare le micro-lacune ed abrasioni del film pittorico tramite velature ad acquerello e l'equilibratura tonale del supporto ligneo a vista. Con la verniciatura finale è stato creato un film protettivo al fine di garantire un'adeguata conservazione degli strati pittorici da eventuali agenti di degrado. Tali interventi risultano compatibili, reversibili e distinguibili rispetto alla superficie pittorica originale.

Un tema importante per la conservazione del manufatto riguardava le condizioni ambientali del soffitto, in cui proliferavano gli agenti xilofagi. Gli studi sul monitoraggio microclimatico della Sala hanno peraltro rivelato criticità nel solaio del piano superiore, attraversato dalle tubazioni non coibentate del sistema di riscaldamento e raffrescamento della soprastante Sala delle Capriate. In questa fase si è ritenuto necessario approntare una struttura di pannelli in lamiera rivestiti in sughero che costituisce una protezione del soffitto ligneo dipinto e un piano di lavoro per futuri interventi effettuati all'estradosso del suddetto solaio.

Particolare attenzione è stata data al nuovo sistema di monitoraggio e climatizzazione, al fine di assicurare un microclima ottimale per la conservazione del prezioso soffitto e la prevenzione degli attacchi xilofagi favoriti dalle forti oscillazioni dell'umidità relativa, nonché dalla formazione di condensa.

## L'impianto.

Il legno, a causa dell'idrofilia della cellulosa che costituisce in gran parte la cellula legnosa, è un materiale igroscopico cioè si pone in condizioni di equilibrio igrometrico di tipo dinamico con l'aria circostante entro un campo di variazioni che va dallo stato anidro, assunto pari a 0%, al punto di saturazione, assunto pari al 30%.

I cicli di rigonfiamento (adsorbimento) e di ritiro (desorbimento) sono causati da processi di diffusione, ossia da processi fisico-chimici di trasporto delle molecole dell'acqua secondo la direzione dettata dai gradienti di umidità.

A causa della natura anisotropa del legno, i cicli di adsorbimento o desorbimento producono sulle tavole non soltanto modifiche dimensionali ma anche sensibili deformazioni geometriche, quali ad esempio imbarcamenti, svergolamenti, falcature e fessurazioni.

L'anisotropia delle deformazioni si manifesta inoltre diversamente a seconda della geometria del manufatto: il tipo di deformazione più frequentemente rilevato nelle tavole è l'imbarcamento dovuto al ritiro tangenziale di intensità differente sulle due facce opposte.

Ai fini di garantire una stabilità geometrico-dimensionale del supporto ligneo e quindi della superficie pittorica, occorre mantenere un tenore di umidità del legno (E.M.C, Equilibrium Moisture Content = Contenuto di Umidità di Equilibrio) stabile evitando altresì differenze termo-igrometriche tra le due facce esposte all'aria, in modo da impedire o ridurre al minimo i processi di diffusione sopra descritti.

L'umidità interna del legno è funzione sia della temperatura che dell'umidità relativa dell'aria che lo circonda. Come si può vedere osservando il grafico in basso, che mette in relazione l'umidità

di equilibrio del legno, l'umidità relativa e la temperatura a bulbo secco dell'aria, costruito secondo l'equazione Hailwood-Horrobin (1956), la variazione dell'umidità relativa dell'aria incide molto di più della temperatura nel determinare cambiamenti nel contenuto d'acqua del legno: per mantenere stabile un certo valore teorico di EMC un'oscillazione di 20°C può essere compensata da una variazione di soli 3 punti percentuali di umidità relativa dell'aria.

### Primo monitoraggio ambientale.

Nel Gennaio del 2004, a seguito dell'indagine fitosanitaria ed entomologica condotta dalla facoltà di Agraria dell'Università di Palermo, è stato incaricato un gruppo di lavoro del Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Palermo di svolgere delle indagini microclimatiche nella sala dei Baroni, che viene spesso utilizzata come sala convegni e può contenere, fino a 150 persone. Dall'esame dei dati del monitoraggio si è rilevato che esistono varie dinamiche termo-igrometriche all'interno della sala che producono delle criticità sia nei mesi invernali che in quelli estivi. Quando tira vento di Scirocco in tutte le stagioni l'umidità relativa si abbassa ben al di sotto del 40%. Nel periodo invernale il valore dell'umidità relativa delle sonde poste appena al di sotto del solaio ligneo è rimasto al di sotto del 40% per il 30% del tempo. Sia nel mese di Luglio che nel mese di Agosto, per il 75% del tempo, l'umidità relativa si è mantenuta tra il 60% e il 75%, ma a volte ha superato il valore dell'80%. Le oscillazioni possono essere anche di ora in ora e sono legate a vari fattori di perturbazione, quali lo svolgimento dei convegni, l'ingresso incontrollato di flussi di aria esterna con un contenuto igrometrico assai variabile e il funzionamento invernale dell'impianto a fancoil, senza un sistema di umidificazione dell'aria.

Tali fluttuazioni rappresentano un fattore di accelerazione del degrado delle tavole dipinte, tanto più elevato quanto più esse sono intense e frequenti.

### Impianto di climatizzazione.

Il progetto del sistema di climatizzazione e monitoraggio della Sala Magna ha come obiettivo principale la realizzazione del microclima ottimale per la conservazione delle tavole lignee dipinte che costituiscono il soffitto della sala e inoltre la prevenzione degli attacchi biotici che hanno gravemente compromesso l'integrità delle tavole dipinte e delle travi lignee.

Per il conseguimento del suddetto obiettivo verrà immessa dell'aria esterna opportunamente trattata ed in condizioni termoigrometriche stabili nell'intercapedine tra i due solai esistenti. L'aria immessa defluirà lentamente verso

l'ambiente attraverso le numerose fessure presenti nel solaio fra tavola e tavola e così l'intera intercapedine fra il solaio ligneo e quello latero-cementizio costituirà essa stessa un plenum di diffusione dell'aria.

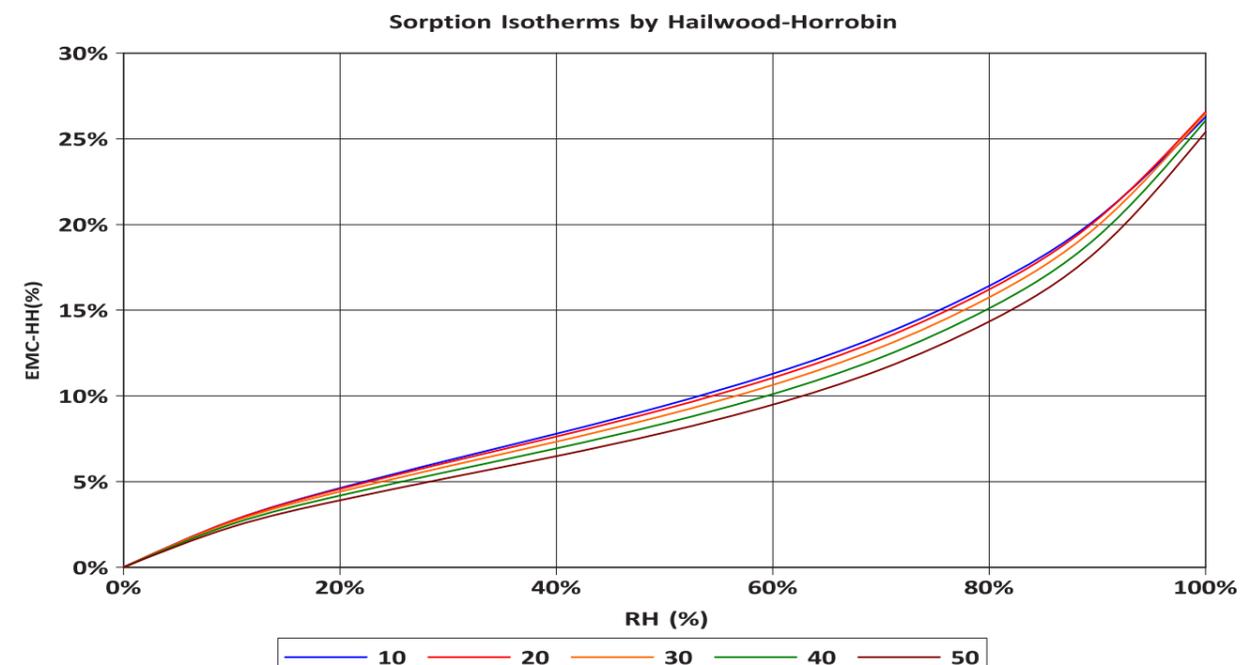
La portata dell'aria esterna varierà in funzione dei fattori che tenderanno a modificare le condizioni ottimali di conservazione del legno, da un valore minimo durante i periodi di chiusura della sala ad un valore massimo durante la piena occupazione della sala, in modo da conseguire il duplice risultato di rinnovare opportunamente l'aria ambiente aumentando il comfort degli occupanti e di preservare il solaio dalle fluttuazioni dell'umidità nonché dall'inquinamento indoor legato alla presenza delle persone. Le masse d'aria, dopo aver attraversato la sala usciranno attraverso le fessure naturalmente presenti in corrispondenza delle battute degli infissi, che non sono del tipo a tenuta, consentendo un lavaggio della sala dall'alto verso il basso.

I sistemi di filtrazione della centrale di trattamento d'aria ridurranno significativamente inoltre il particolato dell'aria e i gas inquinanti dell'aria esterna che costituiscono ulteriori fattori di degrado delle superfici dipinte.

Ma in quali condizioni verrà immessa l'aria?

Per quanto detto sopra a proposito dei cicli di rigonfiamento e di ritiro del legno, si prevede di lasciar fluttuare la temperatura di immissione su un intervallo di circa 10°C nel corso dell'anno (15-25°C), mentre il setpoint di umidità relativa avrà delle variazioni minime calcolate in funzione delle variazioni di temperatura e tali mantenere così un valore di umidità interna del legno stabile. Il tenore di umidità relativa dell'aria immessa sarà peraltro compatibile con le condizioni di comfort degli occupanti poiché sarà scelto nell'intervallo tra il 50% e il 60%. Ciò consentirà un adattamento flessibile a varie necessità tra cui il benessere degli occupanti durante le conferenze, la fluttuazione naturale della temperatura nei periodi di chiusura della sala ai fini del risparmio energetico e quindi la scelta di setpoints più sostenibili. Verranno inoltre sostituiti i fancoils esistenti in modo da poter regolare la temperatura della sala durante i convegni. Si tratterà quindi di un impianto misto a ventilconvettori ed aria primaria, regolato secondo logiche mirate alla conservazione dei pannelli dipinti ed alla prevenzione degli attacchi biotici.

La centrale termo-frigorifera sarà costituita da una pompa di calore polivalente posta sul tetto dell'edificio, in posizione tale da non essere visibile dal basso, schermata alla vista da un muro esistente ed alimenterà sia i fancoils che la centrale di trattamento aria primaria. Le canalizzazioni dell'aria dal terrazzo si immetteranno nei controsoffitti del loggiato fino a raggiungere il



A sinistra in alto, particolare della pulitura.

A sinistra in centro, Tav. IV A-23: Aristotele cavalcato dalla cortigiana.

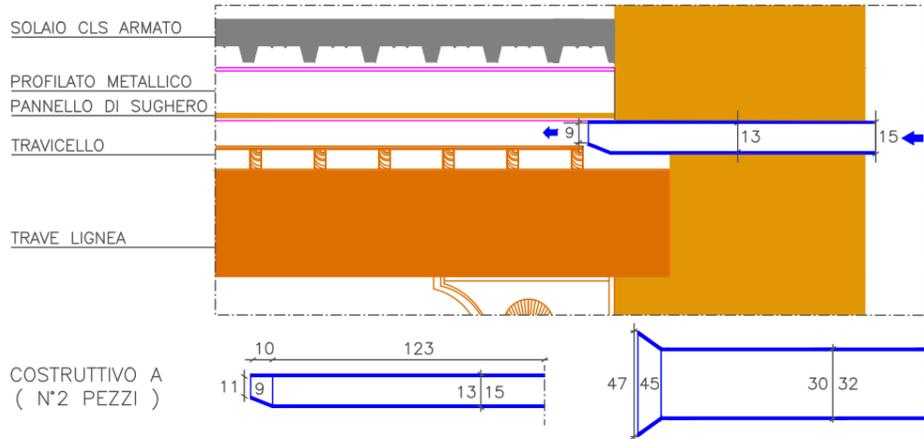
A sinistra in basso, veduta del soffitto dipinto.

A destra, grafico costruito secondo l'equazione Hailwood-Horrobin (1956).

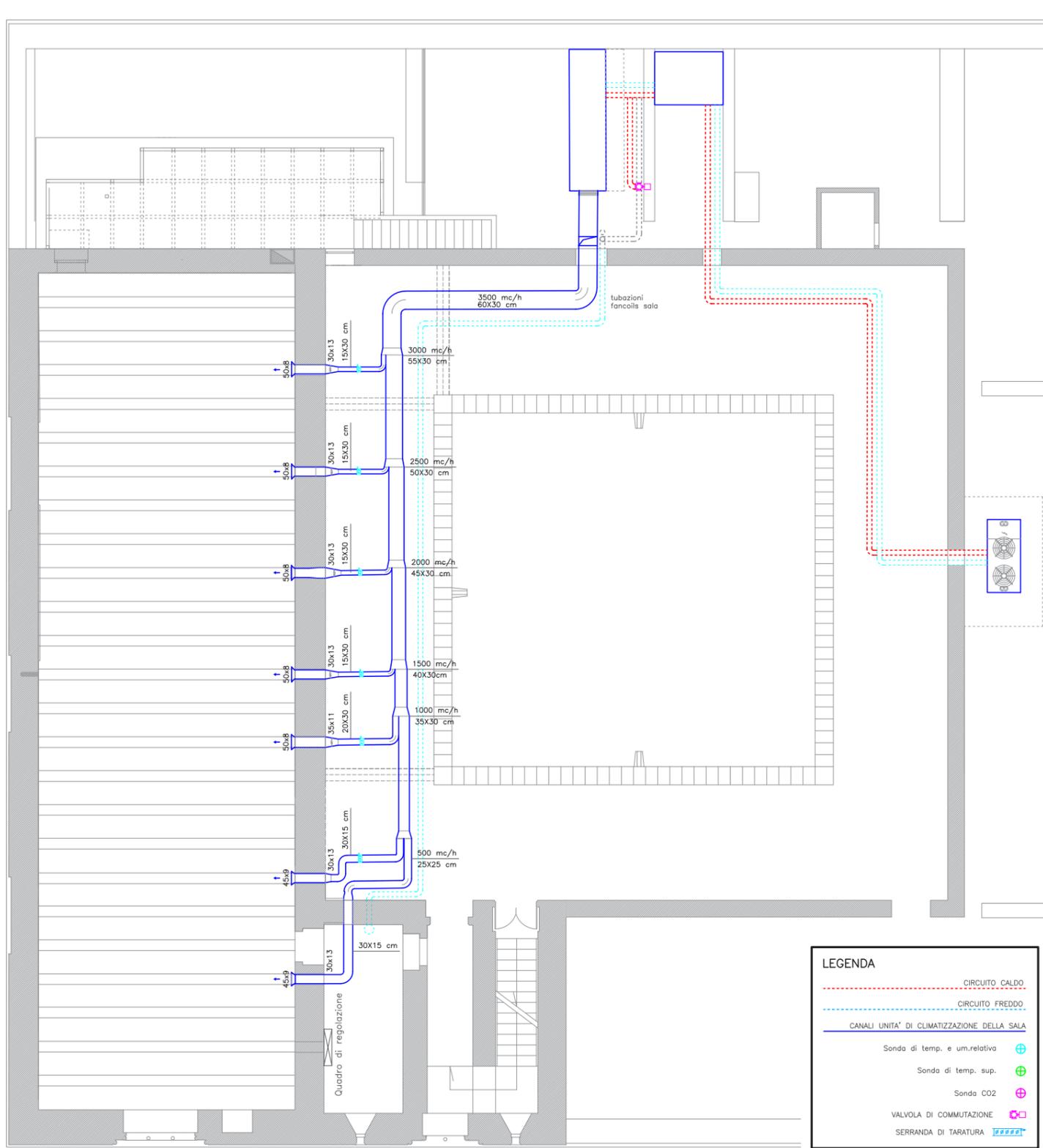
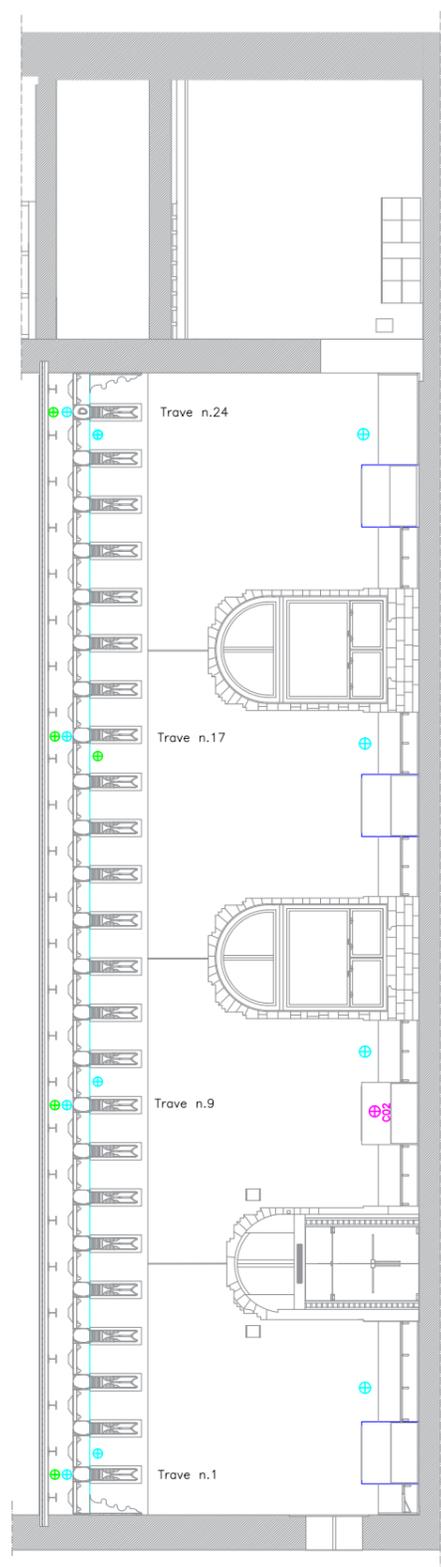
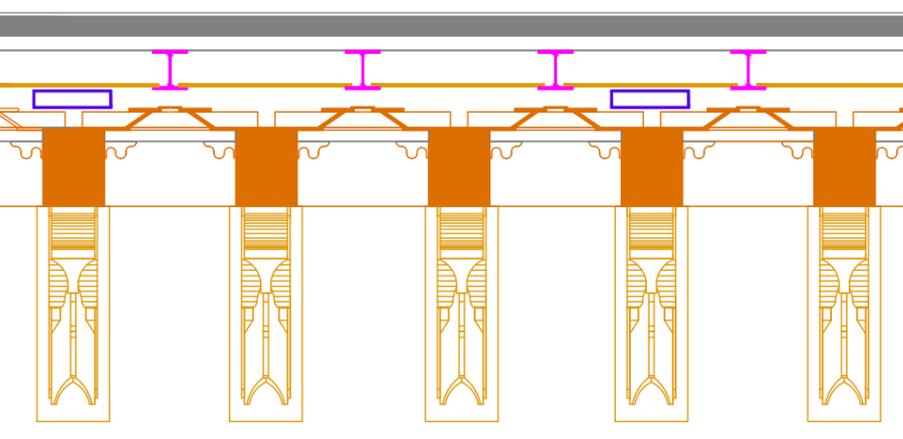
muro esterno della sala stessa, sempre all'interno del controsoffitto. Un sistema di monitoraggio igro-meccanico applicato su alcune tavole dipinte potrà consentire di valutare la risposta deformativa delle stesse alle varie situazioni termoigrometriche prima e dopo la realizzazione dell'impianto di climatizzazione. Si potrà così ottimizzare il microclima tenendo conto

della "sensibilità" specifica del solaio. Dal mese di Agosto 2020 un gruppo di 34 sonde di temperatura, umidità relativa e temperatura superficiale, monitorano costantemente il microclima dell'intercapedine tra i due solai, lo strato d'aria appena al di sotto del solaio ligneo e la parte più bassa della sala, dove sono presenti anche delle sonde di anidride carbonica.

SEZIONE TRASVERSALE CANALE IMMISSIONE ARIA



SEZIONE LONGITUDINALE



LEGENDA	
	CIRCUITO CALDO
	CIRCUITO FREDDO
	CANALI UNITA' DI CLIMATIZZAZIONE DELLA SALA
	Sonda di temp. e um. relativa
	Sonda di temp. sup.
	Sonda CO2
	VALVOLA DI COMMUTAZIONE
	SERRANDA DI TARATURA

In alto, particolari costruttivi delle canalizzazioni fra i il solaio ligneo e quello in cls.  
In basso, planimetria generale dell'impianto di climatizzazione.



La descrizione del caso-studio attraverso l'articolo contenuto nella presente rivista ed i documenti ad esso collegati (immagini, schemi ed ogni altro contenuto) sono il risultato di una libera e personale attività dei professionisti presentati in questo numero della rivista. AERMEC è stata espressamente autorizzata dagli autori alla pubblicazione del presente documento, ma non potrà essere ritenuta in alcuna maniera responsabile dei contenuti e della fonte degli stessi.