

**EDILIZIA**

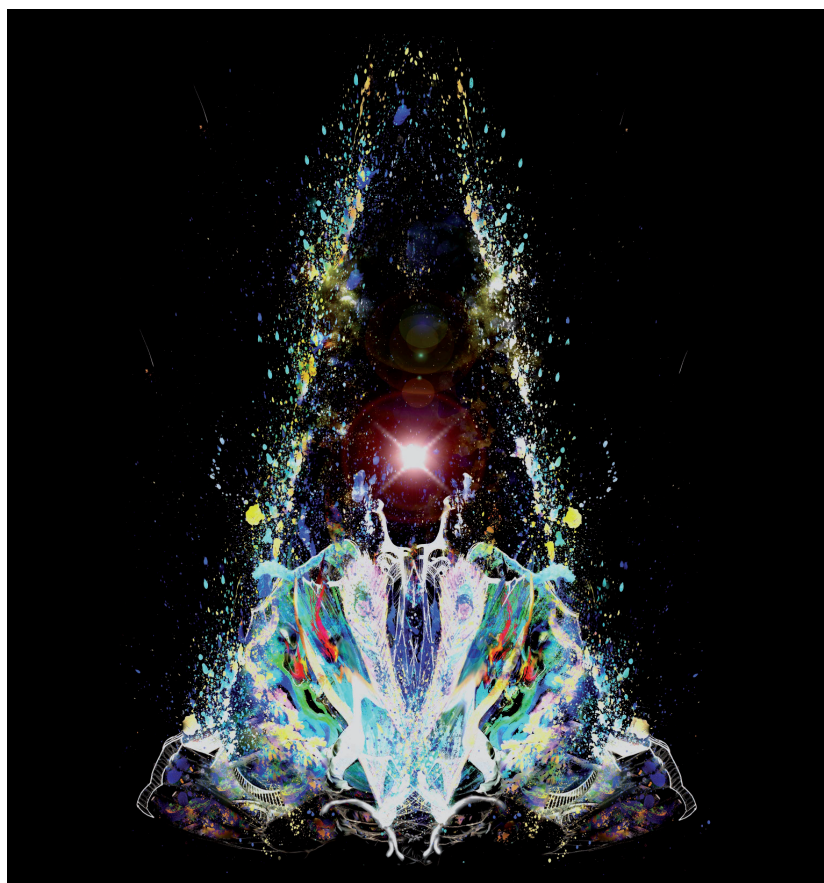
A cura di MONICA CANNAVIELLO ANTONELLA VIOLANO

---

# CERTIFICAZIONE E QUALITÀ ENERGETICA DEGLI EDIFICI

---

- norme
  - procedure
  - applicazioni
- 



FRANCOANGELI

A cura di MONICA CANNAVIELLO ANTONELLA VIOLANO

# CERTIFICAZIONE E QUALITÀ ENERGETICA DEGLI EDIFICI

- norme
- procedure
- applicazioni

FRANCOANGELI

Impaginazione di Rosalba Pagliocca

*In copertina: Paola Del Prete, Energia pura, 2010.*  
Grafica pubblicitaria, dim. 35,92x25,99 cm

Copyright © 2012 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Ristampa	Anno
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sui diritti d'autore.

Sono vietate e sanzionate (se non espressamente autorizzate) la riproduzione in ogni modo e forma (comprese le fotocopie, la scansione, la memorizzazione elettronica) e la comunicazione (ivi inclusi a titolo esemplificativo ma non esaustivo: la distribuzione, l'adattamento, la traduzione e la rielaborazione, anche a mezzo di canali digitali interattivi e con qualsiasi modalità attualmente nota od in futuro sviluppata).

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale, possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali ([www.clearedi.org](http://www.clearedi.org); e-mail [autorizzazioni@clearedi.org](mailto:autorizzazioni@clearedi.org)).

Stampa: Tipomnza, via Merano 18, Milano.

## Esempi di sperimentazione in ambito europeo

*di Paola Gallo*

Il patrimonio edilizio esistente costituisce la parte predominante del costruito delle nostre città e, soprattutto quando si parla di edilizia del passato, rappresenta una vera e propria identificazione storica e culturale con il proprio ambiente. Oggi ci troviamo, quindi, a gestire un patrimonio immobiliare che però è del tutto carente dal punto di vista della qualità tecnica, tecnologica, energetica, senza dimenticare quella funzionale e morfologica e dobbiamo far fronte ad edifici obsoleti, inadeguati a garantire le condizioni di comfort (molto spesso anche le minime) per i quali sarebbero necessari continui ed a volte ingenti ed antieconomici interventi di adeguamento.

Ciò comporta che, laddove sia necessario (condizioni di obsolescenza qualitativa) e soprattutto fattibile dal punto di vista economico, il recupero degli edifici esistenti costituisce un'opportunità per il miglioramento qualitativo (non solo strutturale, ma anche tecnologico e ambientale) contribuendo alla valorizzazione del "ritrovato" legame degli edifici con l'ambiente di cui essi fanno parte. È dunque logico, da un punto di vista economico e operativo, attuare in particolare le adeguate misure di risparmio energetico nel momento in cui un edificio viene sottoposto ad opera di riqualificazione; dato il lungo ciclo di vita degli edifici infatti, la mancata opportunità potrà presentarsi presumibilmente solo dopo molti anni.

La tendenza Europea indica al 40 % circa le previsioni degli investimenti nel settore del recupero; settore che acquisterà sempre maggior importanza nei prossimi anni a venire; stando a quanto previsto infatti, la riqualificazione degli edifici esistenti presenta un potenziale particolarmente elevato se si calcola che circa l'1-2% degli edifici viene ristrutturato ogni anno.

Secondo tali premesse, la gestione del fabbisogno energetico diventa un importante strumento che consente all'Unione di influenzare il mercato mondiale dell'energia e quindi la sicurezza dell'approvvigionamento energetico nel medio e lungo termine.

La Comunità Europea considera prioritario il problema del contenimento energetico nel patrimonio edilizio: per questo motivo, fin dalla Direttiva Europea 2002/91/CE ha introdotto il concetto di Certificazione Energetica degli edifici, invitando gli istituti di normazione europei (CEN-Mandato n°343) a fornire i necessari supporti normativi e, allo stesso tempo, gli Stati membri a recepirne i contenuti, attraverso le norme e le leggi nazionali.

La direttiva siffatta, invita quindi ogni stato membro a promuovere il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, stabilendo leggi e standard al fine di ottenere maggiori performance e con l'obiettivo di provvedere ad un'opportuna certificazione per il parco edifici del territorio nazionale, per rendere così trasparente la connotazione energetica degli stessi.

La direttiva in particolare impone agli Stati membri una serie di requisiti minimi da adottare, in relazione al rendimento energetico dei nuovi edifici e di quelli esistenti (intesi per esistenti quelli da sottoporre a radicali interventi di ristrutturazione) e promuove la certificazione energetica degli edifici, unitamente alle ispezioni regolari a caldaie ed impianti di condizionamento dell'aria.

Nei paesi appartenenti alla Comunità Europea però, i criteri e le soglie limite individuate ad oggi appaiono molto diversificate tra di loro; vengono infatti individuate non solo classi energetiche differenti, ma vengono utilizzate terminologie che variano a seconda delle prestazioni energetiche dell'edificio e/o unità immobiliare (passivHaus, plus Energie Haus, etc.), rendendo difficilmente paragonabili le prestazioni tra classi di edifici simili e/o inseriti in uguali fasce climatiche.

Ed è proprio per superare tali evidenti differenze che è stata recentemente emanata la nuova Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19/05/2010 in materia di prestazione energetica nell'edilizia, con lo scopo principale di chiarire, rafforzare ed ampliare il campo di applicazione della precedente direttiva (2002/91/CE), ma anche di ridurre le notevoli differenze tra le pratiche in uso negli Stati membri in tale settore. Inoltre questo nuovo documento impone agli Stati Membri la definizione di piani nazionali destinati ad aumentare il numero di "edifici a energia quasi zero", ossia edifici ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico dovrebbe essere coperto in gran parte da energia da fonti rinnovabili, a partire da quelli pubblici; disciplina infatti il settore pubblico: esso deve assumere un ruolo guida, indicando che tali edifici aventi una metratura totale di oltre 500 m<sup>2</sup> e aperti al pubblico dovranno esporre gli attestati di certificazione energetica, limite di metratura che verrà ridotta a 250 m<sup>2</sup> entro cinque anni a partire dall'entrata in vigore della direttiva.

## 1. Potenzialità e prestazioni dell'organismo edilizio. Il caso studio del Museo Bardini

Già da tempo la Comunità Europea<sup>1</sup> con l'emanazione del Quinto Programma Quadro di azione in materia ambientale (1992/1999) ha svolto questo ruolo direttore sulla gestione energetica consapevole del patrimonio edilizio dell'Unione che si basava innanzitutto sul coinvolgimento di amministrazioni e imprese, sia pubbliche che private, secondo il principio della condivisione delle responsabilità. All'interno di questo programma e con le finalità di coinvolgere l'amministrazione pubblica nella gestione consapevole del patrimonio edilizio in suo possesso, promuovere presso le imprese l'utilizzo di strumenti di informazione ambientale e far partecipare gli stessi utenti, che è stato finanziato il progetto MUSEUMS<sup>2</sup> (Energy efficiency and sustainability in retrofitted and new museum buildings), un progetto sull'efficienza energetica e sulla sostenibilità negli edifici museali e che prevedeva lo studio e la realizzazione di interventi strategici di recupero in chiave energetica in otto edifici adibiti a museo localizzati in Europa.

Per perseguire un modello di sviluppo sostenibile risulta fondamentale l'integrazione degli aspetti ambientali nella pianificazione e progettazione energetica, mediante il suo orientamento verso un uso più razionale dell'energia e l'incentivazione dell'impiego delle fonti energetiche rinnovabili. È in questo quadro che l'obiettivo principale del programma MUSEUMS, ed in particolare del caso studio condotto dall'unità scientifica in rappresentanza dell'Italia<sup>3</sup>, è stato rivolto alla sostenibilità ambientale ed energetica, tenendo

<sup>1</sup> Già nel 1973 aveva emanato il 1° Programma di Azione della Comunità Europea in materia ambientale che conteneva il seguente testo *“Il Parlamento Europeo ribadisce la sua richiesta di introdurre nella Comunità un certificato di purezza per prodotti durevoli che possono essere reinseriti nel processo di produzione e provochino soltanto un grado limitato di inquinamento nelle fasi della produzione e del consumo e di consentire l'immissione in commercio di prodotti che non rispondano ai requisiti soltanto a condizione che siano provvisti di relativo avvertimento”*, concetti che hanno poi condotto a tutto ciò che riguarda gli ecobilanci, i marchi ecolabelling e le norme sull'LCA (Life Cycle Assessment).

<sup>2</sup> Contract N° NNE5/1999/20 Contract duration 2000/2004. Il progetto è basato sui risultati ottenuti durante l'implementazione del progetto JOULE III *“Retrofitting of Museums for Antiques in the Mediterranean Countries (JOR3-CT95-0013)”* e del progetto SAVE II *“Guidelines for the Design and Retrofitting of Energy Efficient Museums for Antiques in the Mediterranean Countries (XVII/4.1031/Z/97-086)”*.

<sup>3</sup> Al progetto MUSEUMS oltre al Museo Bardini hanno partecipato: Herzog Anton Ulrich-Museum di Braunschweig, Archeological museum di Delphi, National museum *“Pompeo Aria”* di Marzabotto, National Archeological museum di Limona, Slovene Ethnographic museum di Ljubljana, Museum of modern art di Kristinehamn, C/Plex arc centre di West Bromwich come casi studio e come Energy Consultant oltre al Centro ABITA: Institut für

ben presente inoltre che edificare e/o recuperare manipolando così l'ambiente, investe non solo la scala dei rapporti tra l'edificio e l'ambiente in cui esso insiste, ma anche tra l'edificio ed i suoi utenti. Perché se da un lato operare nel settore edilizio genera impatti sull'ambiente lungo tutto il suo processo dall'approvvigionamento delle materie prime (produzione e trasporto), alla fase di funzionamento e manutenzione fino alla sua dismissione e smaltimento delle macerie da demolizione, dall'altro l'uso stesso dell'edificio genera altri impatti, non meno preoccupanti, necessari per garantire le condizioni di comfort e di benessere interno degli utenti interagendo quindi con le loro esigenze per garantire un ambiente vivibile e nel rispetto delle attività che vi si svolgono all'interno.

Quindi a partire da queste premesse per questi edifici oggetto di studio è stato necessario provvedere interventi che non solo consentissero un recupero nella considerazione degli standard previsti per il loro funzionamento, ma principalmente manifestassero l'efficacia dei sistemi integrati atti a garantire rigurosità e rispetto dell'ambiente a guisa di manifesto, capaci cioè di dimostrare i risultati in termini di raggiungimento della compatibilità ambientale elevando la componente di valore aggiunto alla costruzione che una volta recuperata quindi potesse dimostrare la sua elevata qualità ambientale.

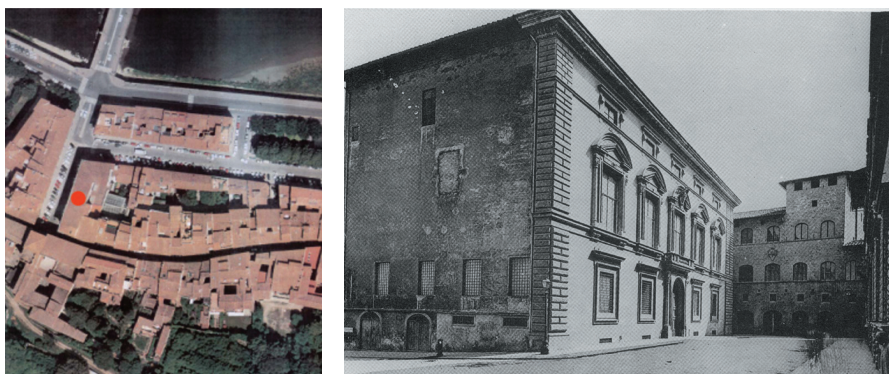
Il recupero energetico del Museo Bardini, caso studio per l'unità operativa italiana<sup>4</sup> nel progetto europeo MUSEMS, ha visto nello specifico il coinvolgimento del Comune di Firenze nella veste di partner principale del progetto e proprietario dell'edificio museale, in collaborazione con il Centro Interuniversitario ABITA<sup>5</sup>, consulente energetico e subcontractor, uniti insieme per promuovere con successo ed a costi efficaci, l'implementazione di misure solari passive e di recupero energetico efficiente.

---

Gebude-und Solartechnik, Dep. Of Applied Physics of National Kapodistrian University, Ricerca&Progetto – galassi, Mingozzi & Associates, University of Porto, University of Ljubljana, WSP Environmental, Battle McCarty Consulting ngineers.

<sup>4</sup> Il gruppo di progetto è così costituito: Progetto: Arch. Giancarlo Lombardi - Strutture: Ing. Giancarlo De Tenzis – Ingegnere Elettromeccanico: Ing. Roberto Innocenti – Illumnotecnica: ing. Raffaele Viscomi - Consulenti Energetici: Centro Interuniversitario ABITA (Prof. Marco Sala – Arch. Paola Gallo – Arch. Alain Paolo Lusardi).

<sup>5</sup> Il Centro ABITA è un Centro Interuniversitario di Ricerche sull'*Architettura Bioecologica e Innovazione Tecnologica per l'Ambiente* costituito tra le sedi universitarie di Firenze, Napoli "Federico II", Seconda Università di Napoli, Roma "La Sapienza", Genova, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Politecnico di Milano e Politecnico di Torino, ed ha come finalità quelle di promuovere, organizzare e sviluppare attività di ricerca sui sistemi e sulle tecnologie dell'architettura e delle trasformazioni dell'ambiente naturale e costruito. <http://www.taed.unifi.it/abitaweb/centroabita.html>.



**Fig. 1 – Museo Bardini: localizzazione nel contesto del centro storico di Firenze e facciata principale**

L'edificio oggetto di intervento si trova nel centro di Firenze, molto vicino al nucleo storico della città, inserito in un contesto urbano residenziale particolarmente denso.

Libero su tre lati, ad eccezione di quello est e con un 'unico ingresso sul fronte ovest, questo edificio rappresenta uno dei più importanti esempi di architettura del periodo eclettico. Fu progettato e realizzato nel 1813 recuperando un antico monastero con chiesa annessa, dall'architetto italiano Bardini con il preciso scopo di ospitare ed esporre la sua collezione privata d'arte, funzione che è stata rispettata fino ad oggi<sup>6</sup>. La struttura massiva ed imponente, realizzata con la tradizionale muratura in pietra, condiziona in maniera pesante le condizioni igrometriche interne: l'edificio orientato lungo l'asse longitudinale, in direzione Nord-Sud soffriva infatti di gravi problemi di umidità ed obsolescenza. Dalla fase diagnostica iniziale, sono emerse alcune problematiche principali, legate al pesante stato di degrado funzionale e strutturale:

- condizioni ambientali inadatte per visitatori e staff, relativamente alla qualità dell'aria e al benessere termico e visivo;
- uso non razionale dell'energia con conseguente eccessivo consumo di risorse;
- organizzazione non funzionale degli spazi espositivi assenza di sistemi di monitoraggio e controllo ambientale.

<sup>6</sup> Lo spazio espositivo è di 3200 m<sup>2</sup>, con ambienti alti 6.00 mt per un volume totale di 15.000 m<sup>3</sup> con livelli tutti occupati da allestimenti.



Conseguentemente le strategie di riqualificazione, seguendo le direttive previste dal progetto europeo di *efficienza energetica e sostenibilità*, sono state indirizzate verso quattro principali ambiti di azione:

1. incremento del livello prestazionale dell'involucro edilizio;
2. incremento dell'efficienza luminosa;
3. impiego di tecniche di raffrescamento passivo;
4. incremento dell'efficienza del sistema impiantistico di termoregolazione.

## **L'involucro edilizio**

La relazione che esiste tra il comportamento dell'edificio ed il suo involucro diventa abbastanza critica se pensiamo che deve sia consentire di riparare dagli agenti esterni (isolare dal vento, dall'umidità e dalla pioggia) ma deve essere contemporaneamente permeabile alla luce ed all'aria, conservare il calore e provvedere alla sicurezza ed alla privacy degli utenti.

Il processo costruttivo che riveste la facciata dell'edificio dunque pone l'edificio come involucro *energetico* con la possibilità di regolare non solo gli aspetti tradizionalmente esteriori, e nella loro intellettuale accezione *estetiche*, ma diventa allo stesso tempo espressione di un risultato del processo tecnologico che viene evidenziato ed effettivamente "estetizzato", regolato, ma solo nelle migliori e più intelligenti realizzazioni, attorno e dentro l'ambiente in cui si trova, come sempre è stato, alla base del costruire umano. Ciò conduce ad assegnare una importante funzione all'involucro come quella di regolatore termico capace di ottenere all'interno livelli di comfort ottimali che, secondo le prospettive di sostenibilità ambientale, devono essere raggiunti senza l'impiego di sistemi meccanici o impianti che richiedono un alto consumo energetico.

Nel caso studio analizzato, le pessime condizioni ambientali e le eccessive dispersioni attraverso l'involucro erano dovute principalmente alle infiltrazioni d'aria derivate dal cattivo stato degli infissi: la prima operazione è stata quindi la sostituzione, laddove possibile<sup>7</sup>, del componente finestrato (infisso e vetro) con l'installazione di nuovi telai nelle zone di scarsa rilevanza conservativa (livello sottotetto praticabile adibito a deposito) e doppi vetri (per ridurre le dispersioni convettive e irradiative) schermati da un filtro protettivo e da un sistema di tende interne che, da un lato riducono l'irraggiamento e

<sup>7</sup> È importante sottolineare che le misure implementate in questo progetto hanno tenuto conto del vincolo storico artistico presente sull'edificio, che rendeva di fatto impossibile ogni modifica o alterazione delle facciate e del prospetto principale.

l'accumulo di calore, dall'altro regolano in maniera efficace l'ingresso della luce naturale favorendo il controllo dei livelli di illuminazione interni. Allo stesso tempo è stato incrementato il grado di isolamento della copertura con la creazione di uno strato isolante (10 cm di sughero) e di una camera di ventilazione sottotegola per concorrere insieme alla riduzione del carico termico e della richiesta energetica per riscaldamento e raffrescamento, parametri che, a fine lavori e secondo i rilievi e le verifiche effettuate, si sono attestati tra il 2% e il 5% in meno rispetto alla situazione prima dell'intervento.



Fig. 2 – La copertura prima e dopo l'intervento

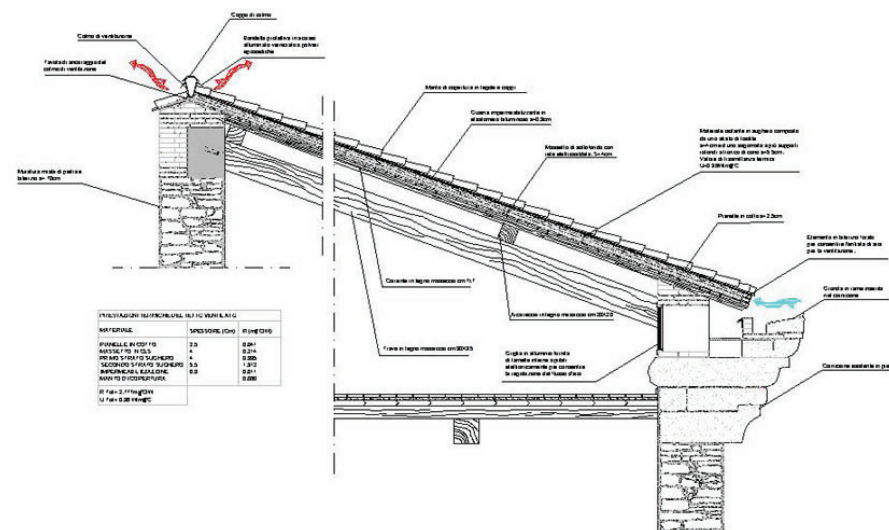
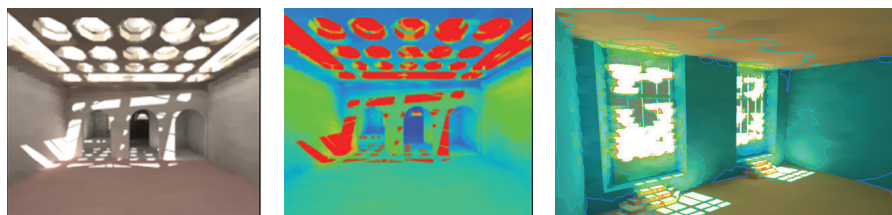


Fig. 3 – Il progetto del tetto ventilato

## **Illuminazione diurna e luce artificiale**

L'illuminazione riveste nell'ambito della tipologia museale un ruolo tanto prioritario quanto delicato proprio perché ad essa è affidata la piena valorizzazione dell'opera d'arte che, come è noto, trova nella sua contestualizzazione finale il necessario completamento figurativo. La sfida quindi di questo intervento è stata dunque quella di riconvertire gli spazi e la luce, così tradizionalmente concepiti, adattandoli ai moderni concetti del comfort visivo ed agli standard luminosi richiesti per gli allestimenti espositivi, naturalmente nel pieno rispetto del contesto storico nel quale si operava.

Per ottimizzare allora il contributo dell'illuminazione naturale, dopo una serie di simulazioni effettuate con software specifici<sup>8</sup>, si è provveduto alla completa sostituzione degli elementi vetrati del grande lucernario centrale che caratterizza l'intero edificio ed al rifacimento della struttura trasparente sovrastante.

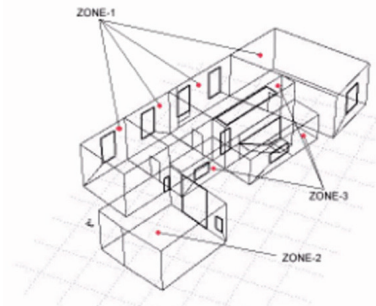


**Fig. 4 – Risultati delle simulazioni illuminotecniche**

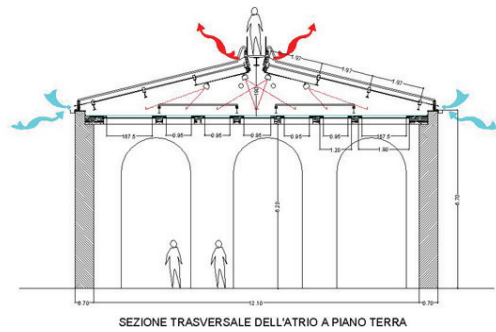
Il grande lucernario che sovrasta la sala centrale al piano terra, non è altro che un antico soffitto cassettonato al quale, nel tempo, sono state sostituite le formelle decorate con elementi vetrati trasparenti. L'importanza di realizzare una elevata qualità estetica e luminosa dell'intervento ha fatto optare per una tecnologia senz'altro innovativa, che ha visto la sostituzione di tali elementi trasparenti con un materiale di ultima generazione, studiato appositamente per realizzare controsoffitti traslucidi e retroilluminanti perfettamente uniformi. Gli elementi ad incasso del soffitto sono allora stati sostituiti con teli in fibra plastica altamente flessibile<sup>9</sup> in grado di esercitare un controllo diretto sui livelli di illuminamento e sull'acustica della sala.

<sup>8</sup> Le verifiche illuminotecniche sono state effettuate con Radiance ver. 2.0, un software di calcolo molto affidabile che sfrutta la tecnica di ray-tracing per il calcolo dell'illuminazione indiretta diffusa. In virtù della tecnica utilizzata, Radiance è probabilmente il software che risolve la simulazione dell'illuminazione nel maggior numero di casi.

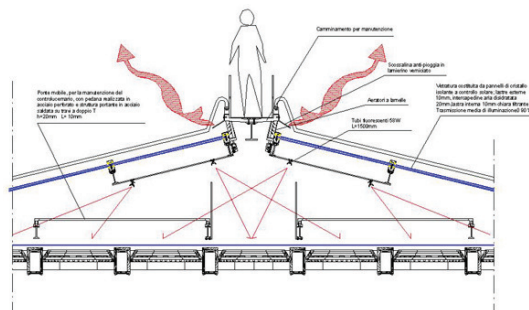
<sup>9</sup> Sistema Barrisol BARRISOL è un sistema brevettato di controsoffittature, e, più in generale di rivestimento di interni. Il telo consiste in una membrana in pvc termotesa caratterizzata da notevoli proprietà di leggerezza e versatilità della membrana con elevate caratteristiche di trasmissione della luce naturale e/o artificiale.



**Fig. 5 – Schema della zonizzazione termica del piano terra per le verifiche energetiche con il software Transys**



**Fig. 6 – Sezione di progetto del lucernario con in evidenza il cassettonato ligneo sottostante**



**Fig. 7 – Particolare del colmo del lucernario**



**Fig. 8 – Il cassettonato prima dell'intervento con le formelle di vetro e dopo l'intervento con l'inserimento del telo preformato tipo Barrisol**

Allo stesso tempo, la struttura vetrata a doppio spiovente che copriva il cassettonato, è stata rimossa e sostituita con un'altra tipologicamente assai più avanzata: rinunciando infatti a riproporre un pesante sistema vetrato, si è optato piuttosto per l'uso del policarbonato, materiale più leggero con un ottimo grado di isolamento termico ed acustico ed un buon fattore di trasmissione luminosa.



**Fig. 9 – il lucernario prima e dopo l'intervento**

Altro elemento critico, legato alla luce artificiale, era l'enorme consumo di energia elettrica globale del Museo, causato principalmente da un carico illuminante eccessivo legato ad una scarsa flessibilità di controllo e una bassa efficienza complessiva. Si sono perciò privilegiate azioni mirate a ridurre la potenza installata incrementando contestualmente l'efficienza energetica dei dispositivi di diffusione: i nuovi apparecchi illuminanti sono stati infatti dotati di elementi rifrangenti che hanno condotto non solo ad una riduzione dei consumi ma ad un notevole incremento il comfort visivo negli spazi espositivi, sfruttando al meglio la potenza della sorgente luminosa per consentire il raggiungimento dei parametri luminosi previsti dal progetto con la metà degli apparecchi.

## ***Microclima interno: raffrescamento e ventilazione***

Il museo Bardini non aveva in funzione, prima dell'intervento, alcun sistema di trattamento dell'aria con gravi disagi non solo per il personale ma anche per le opere in esposizione. Il progetto quindi ha previsto l'installazione di un sistema di condizionamento/riscaldamento a pompa di calore che, in combinazione con le strategie di ventilazione naturale ha consentito di raggiungere livelli di comfort ottimali (per gli utenti e per le opere). Infatti, durante il periodo estivo, il calore accumulato dalla massa termica dell'involucro e ceduto all'ambiente interno, viene dissipato durante la notte (dalle 22:00 alle 8:00) attraverso l'apertura di particolari griglie poste sotto le finestre in maniera da incrementare la ventilazione naturale. L'azione combinata di queste misure ha consentito di ridurre il valore massimo della temperatura interna durante il giorno di 1-2°C, con conseguente e significativo risparmio energetico. Inoltre, l'aumento della ventilazione naturale ha consentito la prevenzione dei danni provocati da alte percentuali di umidità interna (condensa, muffa..) riducendo lo spreco di energia dovuto ad una apertura incontrollata degli infissi durante il periodo di condizionamento dell'edificio.

Trattandosi di un edificio con particolari misure di sicurezza, l'utilizzo delle griglie di aerazione poste nell'infisso ha assicurato il necessario ricambio d'aria anche quando l'edificio è chiuso al pubblico, impedendo l'ingresso alla pioggia, alla polvere ed agli insetti. Questo dispositivo permette inoltre di risolvere i problemi di rumore ed inquinamento evitando il ricorso a sistemi meccanici di condizionamento dell'aria garantendo al contempo un buon raffrescamento senza ricorrere all'apertura delle finestre operazione che, in un contesto urbano rumoroso come quello del Bardini, può creare non pochi problemi di inquinamento acustico e di innalzamento di concentrazione di CO<sub>2</sub>.

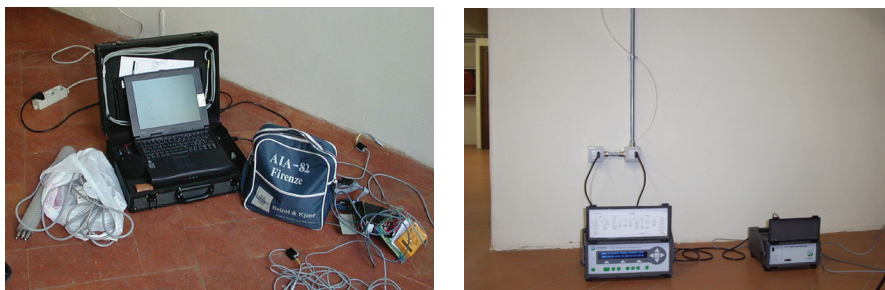
## ***Sistemi di gestione e controllo dell'edificio***

La difficoltà di mantenere costanti, in un edificio museale, le condizioni dell'ambiente interno senza innalzarne il consumo, rende necessaria l'installazione di sistemi di controllo avanzato per l'ottimizzazione del bilancio energetico. Questi sistemi intelligenti denominati BMS (Building management System), composti da tre elementi base (sensori, controllori, attuatori), sono in grado di gestire in maniera integrata un gran numero di sensori per la ventilazione, l'illuminazione elettrica, gli impianti di trattamento aria, unitamente al controllo dei sistemi di sicurezza in accordo con le diverse richieste dell'ambiente interno. Nel progetto specifico per il Museo Bardini, è stato

previsto l'impiego di un sistema di gestione e controllo per la regolazione termo-igrometrica degli ambienti e per il controllo dell'illuminazione naturale attraverso l'installazione di sensori di umidità e temperatura, di occupazione e di illuminazione.

## ***Simulazioni e Monitoraggio***

Per completare la fase del design energetico-ambientale, sono state realizzate molteplici simulazioni mediante l'utilizzo di softwares dedicati (Esp-r e Radiance) con il principale scopo di ottimizzare la progettazione di ognuna delle misure specifiche previste per il recupero energetico del museo messe in relazione ai valori emersi dalle campagne di monitoraggio per la verifica dei valori di comfort termico e visivo; allo stesso modo è stata condotta una campagna di monitoraggio finale per la verifica delle ipotesi di progetto.



**Fig. 10 – Attrezzatura tecnica utilizzata sul campo per le verifiche acustiche, termoigrometriche e della qualità dell'aria interna**

## **2. Efficienza energetica e sostenibilità per i nuovi uffici dell'Ospedale pediatrico A. Meyer**

Gli edifici per il terziario rappresentano una tra le categorie che da sempre costituisce una fonte di elevati consumi energetici correlati alle attività cui sono destinati, se messi a confronto con altre tipologie. Per tale motivo, nel panorama complessivo della sfida alla riduzione dei consumi energetici e delle emissioni globali di CO<sub>2</sub>, questo settore costituisce un asse di azione prioritario in cui la ricerca europea trova campo assai fertile.

Nei paesi dell'area mediterranea i problemi legati al consumo dell'energia si manifestano soprattutto nel periodo estivo a causa di un uso spesso in-

condizionato degli impianti di raffrescamento. Questione ancor più rilevante nell'ambito progettuale specifico del recupero degli edifici per il terziario (uffici, servizi e commercio), in cui l'esigenza di garantire il comfort termigrometrico si scontra con una complessità impiantistica esistente e una difficoltà di gestione dell'intero sistema.

In particolare, le strategie generali di progettazione sostenibile e di recupero energetico acquistano particolare rilievo negli interventi di riqualificazione di strutture sanitarie, poiché i fattori controllo delle condizioni climatiche e della qualità dell'aria interna, così come la qualità dei materiali impiegati, costituiscono aspetti rilevanti non solo dal punto di vista funzionale e tecnologico-impiantistico ma anche sociale e psicologico.

Gli ambienti di supporto all'attività ospedaliera, quali uffici amministrativi, ambulatori e studi medici, nonché gli spazi di accoglienza e attesa, costituiscono quindi un interessante campo di sperimentazione per la applicazione di nuove tecnologie, mirate al miglioramento della qualità ambientale e alla riduzione del carico inquinante globale.

Risparmio energetico, protezione dal surriscaldamento estivo, controllo della ventilazione naturale, contenimento dei consumi e riduzione dell'uso dei sistemi per il condizionamento estivo, il tutto per una migliore qualità degli spazi interni, sono le innovazioni introdotte nel recupero dello storico edificio di Villa Ognissanti a Firenze, sede degli uffici amministrativi del Nuovo ospedale pediatrico A. Meyer: un intervento che segue tutti i canoni della compatibilità ambientale, reso possibile dal progetto di ricerca REVIVAL (Retrofitting for Environmental Viability Improvement of Valued Architectural Landmarks,), finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del V° Programma Quadro, che ha visto uno stanziamento di 397.034 euro per il supporto alla ristrutturazione dello storico edificio (progetto avviato nel 2004 e concluso nel 2008)<sup>10</sup>.

Obiettivo del progetto REVIVAL era dimostrare come anche gli edifici esistenti, adibiti ad uffici e terziario, possano essere recuperati, migliorando le loro prestazioni sotto il profilo energetico, favorendo così la riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera a costi accessibili.

L'ospedale pediatrico Meyer ha anche beneficiato del finanziamento di 568.172 euro della Comunità Europea per il progetto *HOSPITALS*, finanziamento stanziato per la costruzione ex-novo del Padiglione che ospita le

<sup>10</sup> Per l'Italia, promotore del progetto è stato il Centro Interuniversitario ABITA, dell'Università degli Studi di Firenze, (Centro Interuniversitario in Architettura Bioecologica e Innovazione Tecnologica per l'Ambiente <http://web.taed.unifi.it/abitaweb/> direttore prof. Marco Sala, coordinatore scientifico del progetto arch. Paola Gallo), che ha collaborato al progetto unitamente all'Ospedale Pediatrico Meyer ed allo Studio di progettazione CSPE di Firenze.



degenze le sale operatorie, gli ambulatori, day hospital e day surgery. Struttura concepita anch'essa osservando i canoni del risparmio energetico e della compatibilità ambientale del progetto.

Un terzo bando di ricerca nazionale (10.000 tetti fotovoltaici) si è combinato con i progetti *Revival* e *Hospital*, per il finanziamento dell'integrazione di 300 m<sup>2</sup> di cellule fotovoltaiche sulla superficie curva dell'area ingresso dell'ospedale (la serra), trasformando la serra in una micro-centrale solare per la produzione di energia elettrica (31kWp). Il Ministero dell'Ambiente infatti ha selezionato l'ospedale pediatrico A. Meyer, come esempio di applicazione di tecnologie per lo sfruttamento delle energie rinnovabili, finanziando il progetto dell'inserimento del Fotovoltaico nella grande serra di ingresso<sup>11</sup>.



Fig. 11 – Vista della Villa Ognissanti prima dell'intervento di recupero

## ***Il Progetto***

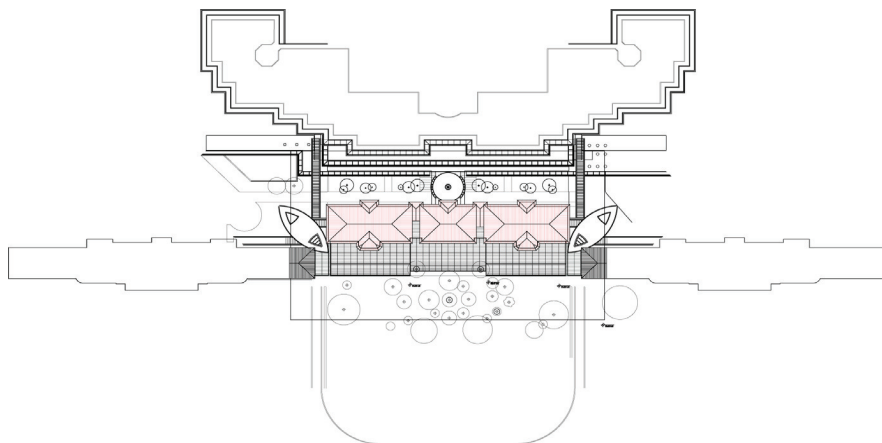
Le soluzioni innovative introdotte nel recupero del vecchio edificio di Villa Ognissanti (con scarso isolamento termico, impianti inefficienti e struttura degradata) sono stati i seguenti:

1. miglioramento dell'isolamento dell'involucro edilizio;
2. installazione di componenti finestrati ad elevata qualità e prestazione;
3. introduzione di sistemi di controllo e gestione dell'illuminazione e della ventilazione, sia essa naturale che artificiale,
4. progettazione di una serra (spazio tampone);
5. applicazione di un sistema fotovoltaico a copertura parziale della serra,
6. sistema di riscaldamento a pannelli radianti,
7. sistemi di condizionamento con caldaie a condensazione,
8. adozione di un sistema di controllo della qualità e del comfort ambientale (Building Management System).

<sup>11</sup> Impianto realizzato con il contributo del Ministero dell'Ambiente e tutela del mare n. 99/AR/2000, n. 106/SIAR/2001 e 111/SIAR/2000, per la realizzazione di impianti ad Alta Valenza Architettonica, con un cofinanziamento dell'85%. Anche questi due ultimi interventi sono stati coordinati dal Centro ABITA

Tali interventi sono stati previsti per consentire un risparmio di circa il 50% di energia per il riscaldamento, il 75% per il raffrescamento, circa l'80% per i consumi elettrici con le conseguenti riduzioni di emissioni di CO<sub>2</sub> nell'ambiente.

Con questo progetto quindi l'obiettivo è stato quello di ottenere un risparmio energetico di circa il 45% sui consumi totali, con un extracosto di circa il 40% rispetto ad un edificio concepito in maniera tradizionale, di cui se ne prevede il rientro in termini di capitale da recuperare in un periodo di tempo che va dai 7 agli 11 anni.



**Fig. 12 – Planimetria generale dell' edificio della Villa Ognissanti recuperato con la serra addossata**

## ***L'intervento***

L'impianto planimetrico dell'edificio è costituito da tre corpi di fabbrica separati, disposti secondo l'asse est-ovest che ospitano rispettivamente, oltre alla parte amministrativa anche gli ambulatori e gli studi medici, un albergo sanitario ed i locali del dipartimento di pediatria dell'Università di Firenze. La grande serra che ha funzioni di vera e propria accoglienza, costituisce il principale elemento innovativo del progetto; questa si sviluppa per una lunghezza di circa 80 metri lungo tutta la facciata del padiglione centrale esistente orientata a sud ed è realizzata con una struttura di legno lamellare, schermata da celle fotovoltaiche disposte a maglia variabile.

La serra, inserita nel parco della Villa Ognissanti, costituisce non solo un elemento caratterizzante dal punto di vista architettonico ma dà luogo ad un

vero e proprio spazio di relazione, un filtro tra le attività interne all'ospedale vero e proprio e lo spazio esterno del parco, integrato nel disegno dei percorsi di collegamento tra i padiglioni della villa ed il nuovo edificio retrostante. Considerata la notevole estensione dello spazio vetrato (960 m<sup>2</sup>), i primi risultati della sperimentazione hanno dimostrato, mediante simulazioni energetiche su modelli automatici, un potenziale contributo netto del 17% sul fabbisogno complessivo per il riscaldamento.

Tale contributo per il riscaldamento fornito, coadiuva l'impianto termico a recupero di calore mentre, i flussi d'aria generati dai percorsi di ventilazione naturale creati nella serra dalle griglie di ventilazione ad apertura automatica inserite negli infissi interni ed esterni, garantiscono un ventilazione trasversale utile al raffrescamento notturno degli ambienti che si affacciano direttamente sulla serra.



**Fig. 13 – La serra fotovoltaica addossata agli edifici recuperati della Villa Ognissanti**

## ***Le azioni specifiche***

### *Involucro ben isolato*

Per la realizzazione di gran parte delle opere edili è stato previsto l'utilizzo di materiali che garantiscono ottime prestazioni energetiche e che forniscono al contempo eccellenti condizioni di benessere, comfort e salubrità ambientale, contribuendo così a migliorare l'efficienza energetica dell'intero edificio.

Per quanto riguarda le murature esterne dell'edificio, dato che il pacchetto murario esistente è caratterizzato da un valore di trasmittanza termica estremamente ridotto, è chiaro che l'involucro è dotato di una elevata inerzia termica, cioè ha la capacità di accumulare una grande quantità di calore prima di lasciarlo passare quando uno dei suoi lati viene assoggettato ad una variazione di temperatura (riscaldamento diretto della parte esterna in estate o spegnimento del sistema di riscaldamento nel periodo invernale). Questa caratteristica, parallelamente ad un adeguato controllo degli impianti di condizionamento, permette di ottenere notevoli risparmi energetici.

Particolare attenzione è stata posta nel ripristino della copertura che è stata proposta di tipo coibentata e ventilata, capace quindi di garantire ottime prestazioni sia in inverno che in estate.

### *Superfici vetrate ad alte prestazioni*

Come per tutte le altre parti costitutive dell'involucro edilizio, anche per la scelta dei serramenti e per la componente finestrata, sono state prese in considerazione soluzioni tecniche con l'obiettivo di ovviare al problema dei ponti termici e dell'isolamento prevedendo in questo caso, infissi in legno e vetrocamera, avente un basso valore di trasmittanza termica, con l'aggiunta di una pellicola sull'area più esterna del vetro con caratteristiche bassomissive, migliorando così le proprietà fisiche della superficie finestrata e contrastare così il fenomeno del sovra irraggiamento delle superfici e del conseguente surriscaldamento negli ambienti più esposti.



**Fig. 14 –La nuova facciata dell’edificio recuperato**

### *Serra Fotovoltaica*

Addossata agli edifici pre-esistenti di Villa Ognissanti è stata realizzata una serra fotovoltaica, come spazio adibito ad “hall” per l’accesso all’intero ospedale pediatrico. La struttura completamente trasparente è caratterizzata da elementi di sostegno in legno lamellare di elevato pregio architettonico e dall’integrazione di un impianto fotovoltaico della potenza di 32 KWp localizzato nella superficie di curvatura della facciata principale esposta a sud.

Tale impianto prevede un sistema di celle fotovoltaiche (per un totale di 14500 celle) in silicio monocristallino disposte in file parallele, integrate in pannelli trasparenti del tipo vetro-vetro, con una densità variabile dall’alto verso il basso.

La presenza delle celle nella parte alta della serra determina un buon ombreggiamento interno durante il periodo estivo e favorisce una buona illuminazione durante l’inverno, quando i raggi solari hanno un’inclinazione più bassa. L’uso controllato dello spazio “serra”, che è bene integrato con il parco circostante, consente durante la stagione invernale il riscaldamento

passivo e la riduzione delle dispersioni termiche degli ambienti adiacenti e conseguentemente ne riduce il consumo per il condizionamento con la conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera; durante la stagione estiva, la possibilità di aprire la superficie vetrata della hall del 40%, permetterà di migliorare le condizioni di comfort interno anche durante le ore di massimo irraggiamento.

L'Ospedale pediatrico Meyer è caratterizzato da un unico impianto di climatizzazione ad alta efficienza (impianto di ultima generazione) per tutti gli ambienti (sia quelli di nuova costruzione che del comparto di Villa Ognisanti). La potenza dell'impianto, capace di soddisfare i fabbisogni energetici dell'intero complesso è così composto:

- 2 boiler a condensazione + 1 boiler ad alta efficienza per il riscaldamento degli ambienti;
- 1 macchina frigorifera ad integrazione del sistema di produzione di acqua calda sanitaria;
- 2 macchine frigorifere per il raffrescamento degli ambienti.

Il sistema adottato permette di garantire i ricambi d'aria necessari attraverso la ventilazione meccanica garantita attraverso 2 Unità di Trattamento Aria.

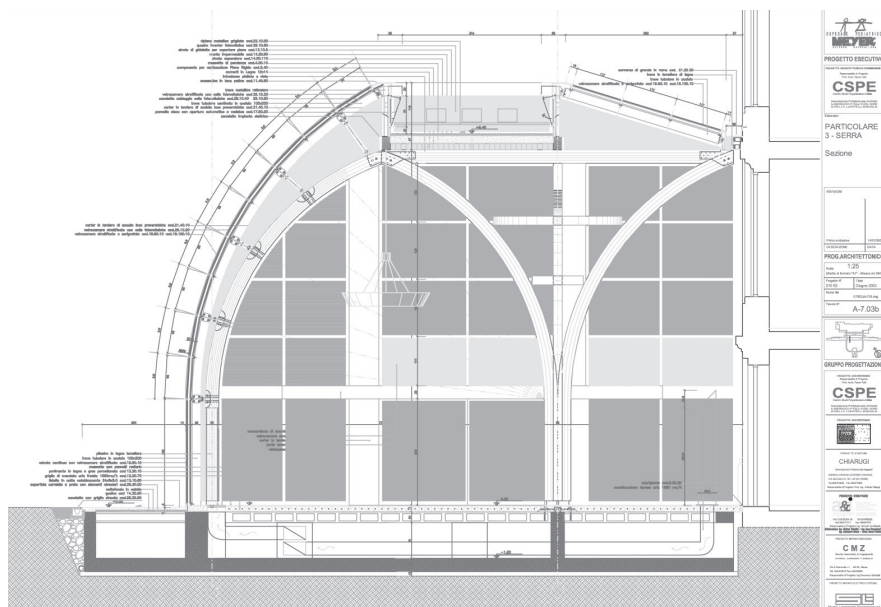


Fig. 15 – Disegno della sezione della serra fotovoltaica



**Fig. 16 – Interno della serra fotovoltaica**

### *Sistema di riscaldamento a pavimento radiante*

Negli ambienti è stato utilizzato il sistema di riscaldamento a “pavimento radiante” che consente di assicurare un ottimo comfort termico e contemporaneamente un rendimento tale da consentire una riduzione dei consumi energetici. Il pavimento radiante infatti ha notevoli vantaggi primo fra tutti la bassa temperatura di alimentazione: per un impianto tradizionale la temperatura di mandata dell’acqua di alimentazione è di 60-70°C mentre per l’impianto a pavimento si aggira attorno ai 30-36°C in quanto, essendo maggiori le superfici di scambio termico, è sufficiente raggiungere temperature minori per fornire le stesse quantità di calore.

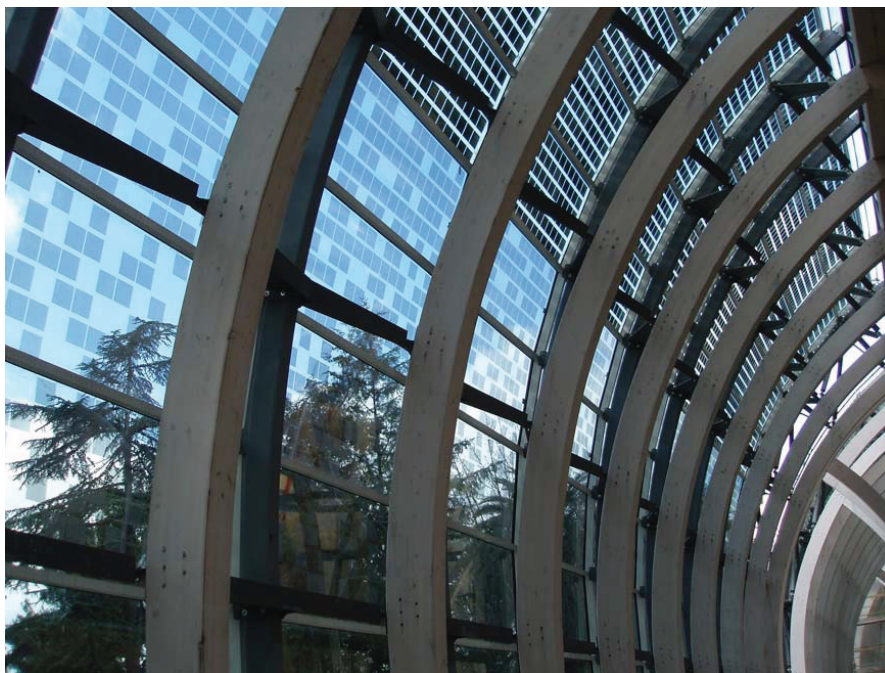
### *Sistema automatizzato di gestione degli impianti*

Per il raggiungimento del livello massimo di efficienza degli impianti, con conseguente riduzione dei consumi energetici, è stato impiegato un sistema di controllo automatizzato.

I vantaggi che tali sistemi introducono, riguardo l'uso razionale dell'energia, la manutenzione e la gestione dell'edificio, sono significativi, sia in termini di riduzione dei consumi energetici che dei costi associati alla manutenzione ordinaria degli impianti.

Grazie all'utilizzo di un software di gestione (DESIGO Siemens software) è possibile, attraverso una postazione pc con interfaccia grafica, monitorare costantemente il funzionamento degli impianti, dei dispositivi utilizzati e le condizioni di comfort termico dei singoli ambienti. Inoltre tramite l'applicazione di sonde di temperatura a parete in ogni ambiente gli utenti potranno regolare direttamente il microclima interno aumentando o diminuendo la temperatura all'interno di un range di  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ .

L'installazione di questi impianti completa il quadro degli interventi previsti per il recupero del vecchio edificio di Villa Ognissanti, secondo quanto programmato dal partner scientifico che ha coordinato gli interventi (il Centro Interuniversitario ABITA) ed in accordo con il percorso di ricerca REVIVAL che prevedeva, oltre alla progettazione architettonica/energetica e la realizzazione dell'opera, anche il monitoraggio e le verifiche dei rendimenti dei sistemi applicati unitamente alla diffusione dei risultati ottenuti.



**Fig. 17 – La serra fotovoltaica dell'Ospedale Pediatrico A.Meyer**





**Fig. 18 – L'interno dei nuovi uffici dell'ospedale localizzati negli edifici recuperati**

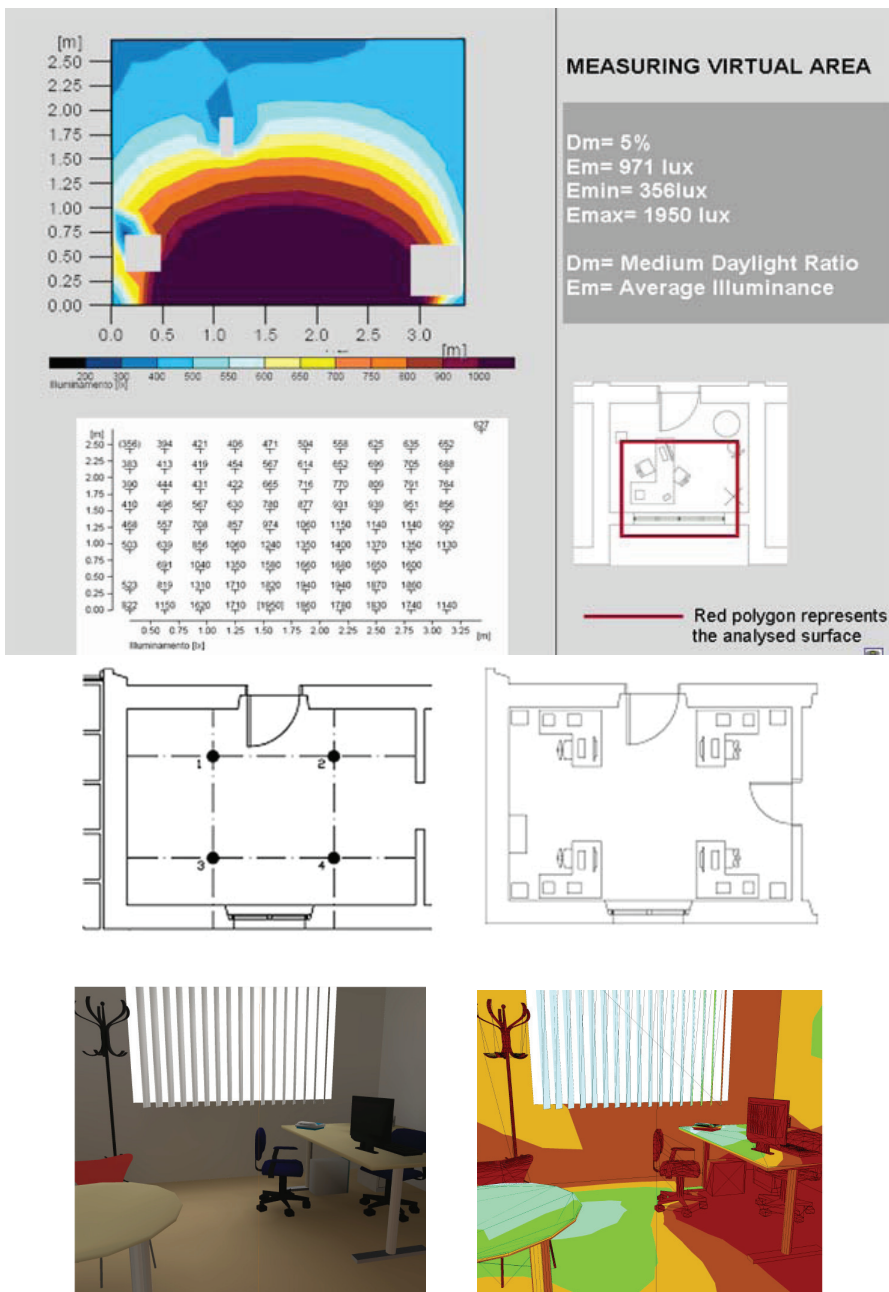


Fig. 19 – Simulazioni sulla luce naturale negli ambienti di lavoro

### 3. Conclusioni

Gli obiettivi principali di questi interventi dimostrativi in sintesi sono stati:

- fissare un nuovo standard per il consumo energetico di edifici simili attraverso un recupero energeticamente efficiente;
- migliorare le condizioni dell'ambiente indoor e l'ambiente di lavoro per lo staff e per gli utenti;
- ridurre al minimo l'impatto ambientale degli edifici;
- ridurre del consumo energetico totale;
- ridurre delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera;
- ammortizzare del costo di installazione e di progetto in meno di 15 anni;
- dimostrare il valore aggiunto dato dalla componente energeticamente sostenibile del progetto.

In riferimento a questo ultimo obiettivo l'innovazione principale del recupero di questi due edifici (Museo Bardini e Villa Ognissanti) sta proprio nel dimostrare gli effetti positivi delle strategie innovative adottate per il contenimento dei consumi e le particolari tecnologie introdotte, tese a raggiungere gli obiettivi prefissati di risparmio energetico e conseguentemente di riduzione delle emissioni dannose nell'ambiente. Questi edifici infatti sono un esempio rappresentativo delle tipologie italiane di musei e uffici che spesso vengono localizzati in manufatti storici e perciò ideali come progetti pilota, dimostrativi e replicabili per gli interventi di recupero di queste particolari categorie tipologiche. Uno degli scopi dei progetti era infatti dimostrare l'applicabilità di tecniche sostenibili e a basso impatto energetico, appropriate e strategiche, senza alterare il carattere storico della costruzione, dimostrando così che sistemi di conservazione dell'energia e forme di progettazione sostenibile sono compatibili anche con gli edifici storici che così acquistano un valore aggiunto che è rappresentato dall'intreccio di natura, cultura ed arte, un valore oggettivo di variabili che fino ad ora non sono mai state prese in considerazione ma che rappresentano il futuro per il mondo delle costruzioni.

Gli obiettivi principali però di questi due casi di studio e sperimentazione sono stati rispettivamente l'analisi e la verifica di strategie e sistemi energetici innovativi, affinché ne possa essere effettivamente dimostrata la durevolezza e affidabilità nel tempo e la disponibilità sul mercato a costi e condizioni accessibili: solo in questo modo diviene veramente efficace ogni successiva azione di promozione per la salvaguardia ambientale orientata alla introduzione e diffusione delle energie rinnovabili su larga scala.

I progetti hanno poi portato a termine lo studio e l'analisi dei risultati sui casi sperimentali presi in esame, al fine di definire nuovi standard e suggerire metodi di regolamentazione per il recupero di queste categorie di edifici a sostegno delle direttive europee sull'edilizia sia a livello nazionale che europeo. Ciò in considerazione del fatto che le possibilità per il risparmio energetico ed il miglioramento della qualità della vita sono enormi e le barriere per l'efficienza energetica delle strutture esistenti sono una realtà, ma non sono insormontabili. Molti progressi sono stati fatti per trovare il modo di interrompere questi ostacoli. Sarebbe opportuno capire cosa abbiamo imparato dagli sforzi del passato e del presente nel settore del miglioramento energetico degli edifici, esaminando le opportunità tecniche per ottenere un risparmio sui costi dell'energia, i mezzi programmatici per ottenere tale risparmio ed il modo in cui tale sviluppo può essere finanziato.

### **MONICA CANNAVIELLO**

Architetto, Energy Manager, dottore di ricerca in Tecnologie dell'architettura e dell'ambiente, professore a contratto di Fisica Tecnica Ambientale presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II"; svolge attività di ricerca sui temi del risparmio energetico ed innovazione tecnologica presso il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale "Luigi Vanvitelli" della Seconda Università degli Studi di Napoli.

### **ANTONELLA VIOLANO**

Architetto, ricercatore universitario di Tecnologia dell'architettura, docente di Progettazione di sistemi costruttivi e Innovazione tecnologica per la qualità energetica del costruito presso il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale "Luigi Vanvitelli" della Seconda Università degli Studi di Napoli, svolge ricerca prevalentemente nel campo dell'innovazione tecnologica per l'ambiente costruito e della gestione delle risorse architettoniche e ambientali, con particolare attenzione ai temi della qualità energetica del progetto e alla costruzione degli indicatori di valutazione. È autore di oltre 80 pubblicazioni di carattere scientifico e tecnico inerenti il proprio settore di ricerca.

Dopo quasi dieci anni dall'emanazione della Direttiva 2002/91/CE, il quadro legislativo italiano che disciplina il contenimento dei consumi energetici del settore edilizio appare quasi completo. Il DPR 59/09 e il DM 26 giugno 2009 contenente le "Linee Guida nazionali per la Certificazione Energetica degli edifici" di fatto rendono operativo lo strumento della Certificazione e il controllo delle prestazioni energetiche degli edifici. Tuttavia, a seguito della emanazione della Direttiva 2010/31/UE che sostituisce l'EPBD dal 1 luglio 2012, gli standard energetici finora fissati potrebbero essere messi nuovamente in discussione.

Alla luce di questo complesso scenario in continua evoluzione, il volume, pur riportando un approfondito aggiornamento normativo, non si limita a ripercorrere i passi compiuti, ma propone le riflessioni di alcuni dei più accreditati esperti del settore sugli esiti reali degli strumenti proposti in termini di criticità e potenziali sviluppi futuri.

Il volume consta di tre sezioni: la prima introduce alle più significative e rilevanti novità legislative e normative; la seconda affronta il complesso panorama delle procedure attuabili per la Certificazione Energetica degli edifici; la terza illustra alcune delle possibili applicazioni finalizzate al miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto.