1 Riqualificazione bioenergetica e ambientale dei sistemi insediativi. Obiettivi, strategie, modalità di intervento

Parte Prima

1.1 L'approccio concettuale e gli scenari del progetto sostenibile

La trasformazione sostenibile dell'ambiente urbano è, secondo una definizione consolidata, un processo di cambiamento dell'ambiente costruito che promuove lo sviluppo economico, pur salvaguardando la salute dei singoli, della società e dell'ecosistema; una modalità di progresso che non pregiudica la salute e le risorse delle generazioni future; in definitiva un processo collettivo, democraticamente partecipato, attraverso cui l'ambiente costruito raggiunge nuovi livelli di equilibrio ecologico compatibile.
Nell'ultimo decennio il tema della "sostenibilità" ha raggiunto un tal grado di diffusione, sia nel pensiero comune che nel linguaggio tecnico, che potrebbe apparire ridondante, e in qualche modo inutile, continuare ad associare l'aggettivo "sostenibile" al termine "progetto"; quest'ultimo, infatti, in funzione della sua natura di strumento di prefigurazione e controllo delle trasformazioni in senso migliorativo della realtà data, dovrebbe comprendere al proprio interno tale concetto. Purtroppo alla diffusione del termine non è ancora corrisposta una sua adeguata applicazione e, visti i dati relativi al progressivo degrado dell'ambiente, ai cambiamenti climatici e al depauperamento delle risorse, in particolare quelle energetiche, gli sforzi che i governi si sono impegnati a compiere (Protocollo di Kyoto) per invertire le tendenze negative in atto, sembrano molto onerosi se non insufficienti.
In virtù di queste considerazioni è quindi sempre più importante sottolineare il concetto di sostenibilità, specificandolo meglio nei suoi contenuti fondativi e arricchendolo di ulteriori concetti fondamentali e, in un certo senso, più restrittivi rispetto alla dizione originaria, come le nozioni di "**sviluppo locale auto sostenibile**" ed "**eco-compatibilità**". Esse, se da un lato forniscono una chiave interpretativa maggiormente focalizzata sulla dimensione applicativa degli interventi, dall'altro mettono in luce le fondamentali implicazioni legate a tematiche strategiche, come quelle della partecipazione sociale e, più in generale, dell'aderenza degli interventi progettuali alle specificità dei luoghi.
Interrogarsi oggi sul significato etico, tecnico e procedurale, nell'ambito dei processi di nuova edificazione, nella progettazione dell'esistente, nel recupero e riqualificazione a livello edilizio e urbano, rimanda inevitabilmente alle mutate ed ampliate condizioni di operatività e di maggiore consapevolezza richieste oggi al progettista.

Copyright © Esselibri S.p.A.

Negli ultimi anni gli abitanti delle città e i cosiddetti "utenti" hanno innalzato il loro livello di sensibilizzazione e incrementato le loro aspettative, modificando costumi, bisogni ed interessi, secondo un'accelerazione sottovalutata in passato che le nuove forme di comunicazione e di coinvolgimento nei processi partecipativi hanno riportato in tutta evidenza e che può essere interpretata come una nuova e maggiormente articolata "domanda di qualità", orientata in modo specifico sui temi della "salute", "sicurezza", "ambiente".

Dal lato della *Governance* pubblica il sistema di documenti, norme e direttive comunitarie, nazionali e locali (Kyoto I e II, direttive UE, sistemi di incentivazione delle energie rinnovabili e del risparmio energetico, piani energetici, normativa sulla certificazione energetica, piani regolatori, regolamenti edilizi innovativi ecc.) elaborate per rispondere al continuo aumento dei costi delle fonti di approvvigionamento energetico tradizionali, insieme alla rilevazione dell'aumentato interesse verso la cultura dell'abitare (in termini di comfort, qualità dell'aria, risparmio energetico, rispetto dell'ambiente, controllo dell'inquinamento e delle emissioni nocive), pongono il tema dell'ecoefficienza delle costruzioni edilizie e della riqualificazione energetico-ambientale urbana al centro dell'agenda politica.

L'attuazione delle politiche ambientali, che potremmo definire di "seconda generazione", dopo una prima fase di messa a punto, conduce ad una ri-programmazione delle modalità di progettazione delle attività e delle fasi produttive dell'industria edilizia ed energetica, nonché alla modificazione ed innovazione di processi e prodotti, cui si richiedono standard di eco-compatibilità più elevati, innescando dinamiche che coinvolgono inevitabilmente tutti i livelli di sviluppo, (dal prodotto industriale alla programmazione, realizzazione e gestione degli insediamenti umani) e del necessario apparato tecnologico e infrastrutturale di supporto, secondo un ciclo auspicabilmente virtuoso.

Appare dunque ormai acquisito il concetto di sostenibilità degli interventi sul sistema edilizio, urbano e ambientale, come fattore capace di incrementare e ottimizzare il rapporto tra il **valore**, inteso come sommatoria degli impatti positivi dell'opera (in termini di funzionalità, estetica, qualità architettonica, tutela del paesaggio e dell'ambiente, priorità degli aspetti culturali, sociali ed economici indotti) e il **costo globale**, inteso come somma dei costi di costruzione, manutenzione e gestione nel tempo, dismissione e riuso dell'opera.

Si delinea, quindi, la necessità di una diversa e complessa concezione del progetto quale espressione della cultura responsabile della trasformazione, che nasce dal pensare al problema ambientale in termini di qualità dell'architettura, di ecoefficienza dei sistemi insediativi e arte del costruire sostenibile.

Affrontare il tema generale della **qualità** significa adottare un approccio metodologico e scientifico estensivo, attraverso cui ri-definire principi, strumenti e tecniche del processo programmatico, progettuale ed attuativo. Secondo questa

Copyright© Esselibri S.p.A.

concezione la qualità ambientale si delinea attraverso due fondamentali vettori di ricerca, strettamente interrelati, ma chiaramente riconoscibili:

1. l'esplorazione e l'indagine nei confronti della difficile questione delle modalità tecniche di realizzazione attraverso le varie fasi del processo edilizio, affinché la codifica delle stesse modalità possa costituire la base per l'elaborazione di strumenti flessibili di guida e supporto al progettista;

2. la qualità architettonica e urbana, il controllo prestazionale del progetto a livello morfologico, tipologico, tecnologico e impiantistico, con particolare riferimento alla questione energetica (e alla conseguente riduzione dell'inquinamento), attraverso l'impiego innovativo di tecnologie e involucri intelligenti, di componenti e materiali ecocompatibili ai fini del miglioramento delle condizioni generali di comfort e di salubrità dell'ambiente costruito.

Queste esigenze determinano in larga misura i tratti distintivi degli scenari di medio-lungo periodo e spingono i soggetti coinvolti - progettisti, tecnici, amministratori, imprenditori, utenti – ad un impegno etico comune e ad affrontare nuove sfide, riguardo la programmazione, la gestione tecnico-amministrativa, la pratica del progetto, la formazione, la comunicazione, nella fiducia che ciò possa contribuire, almeno in parte, alla invenzione/costruzione di un futuro sostenibile. Allo stato attuale l'evoluzione di tecniche e tecnologie, nonché di strategie e metodologie operative, permette di individuare nella "*progettualità*", in senso evoluto e responsabile, la risposta più conveniente e concreta alle problematiche ambientali: si analizzano le condizioni di stato iniziale dell'ambiente; si prefigurano obiettivi di trasformazione, miglioramento, ottimizzazione; si definiscono le strategie necessarie per raggiungerli; si delineano le linee programmatiche per la gestione delle condizioni e delle configurazioni attuate. Il tutto supportato da uno **scenario tecnologico** che oggi è in grado di proporre soluzioni innovative, alternative sia in termini di consumo di risorse (utilizzazione delle energie rinnovabili in luogo di quelle esauribili), sia in relazione alle proprie specifiche modalità d'uso (tecnologie e sistemi per il miglioramento dell'efficienza e delle prestazioni fisico-ambientali del costruito senza aumento dei consumi energetici e spreco di risorse). Negli ultimi anni la ricerca nel campo dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili ha conosciuto, infatti, uno sviluppo esplosivo, con l'introduzione, nel mercato, di varie ed innovative tecnologie mentre, per quelle consolidate, si vedono ridurre notevolmente i costi. A questo riguardo, si possono citare le innovazioni nel campo della *tri-generazione* (produzione combinata di elettricità-calore-freddo), il *raffrescamento solare*, l'innovazione nel campo dei combustibili da materie prime rinnovabili, (come nel caso dei biogas da rifiuti organici o degli oli dalle alghe), i componenti edilizi di involucro ad altissime prestazioni termiche, i software di simulazione del comportamento energetico dinamico degli edifici (per il supporto alla progettazione dei sistemi "passivi").

Copyright © Esselibri S.p.A.

Nell'ambito delle linee di ricerca e sperimentazione, molte sono le problematiche riferibili al binomio **Sostenibilità/Ambiente** che possono divenire strategiche in una dimensione e in una prospettiva di scenario. Prima di procedere ad una loro elencazione è necessario sfrondare il campo da talune interpretazioni tese a confinare il tema del progetto, dei processi e degli strumenti di governo delle trasformazioni, entro una generica concezione "ecologico-ambientalista", che privilegia in modo unidirezionale gli aspetti della conservazione (più che quelli della tutela e della salvaguardia dell'ambiente) e sacrifica, conseguentemente, il progetto e le tecnologie, che ne costituiscono il veicolo principe nella concreta realizzazione degli interventi e dei processi tecnico-attuativi correlati. Si tratta di atteggiamenti sostanzialmente incapaci di procedere ad una declinazione della nozione di progetto "consapevole" (*responsive design*) secondo un'accezione più complessa ed estensiva, vanificando così le formidabili potenzialità di intervento sui molteplici campi di applicazione sopra accennati, cui il nostro settore disciplinare è chiamato a rispondere (com'è del resto chiaramente identificabile nei contenuti e negli indirizzi della Commissione Europea nel "VII Programma Quadro di attività comunitarie di ricerca, sviluppo tecnologico e dimostrazione", nella Piattaforma Tecnologica ECTP e nelle più recenti Direttive Comunitarie orientate ad assicurare la "sostenibilità globale" degli interventi).

È chiaro invece che, se le **tecnologie innovative** garantiscono le speranze di rigenerazione e di rinnovamento del fare architettura (e più in generale di trasformazione consapevole e controllata del territorio e dell'ambiente) lo sviluppo della modalità di *Progetto Sostenibile* non deve confondersi, come spesso avviene, con la meccanicistica introduzione a valle del processo di elaborazione progettuale di sistemi e dispostivi tecnologici e impiantistici, relegando ad una verifica ex-post il controllo degli effetti sull'ambiente naturale e/o antropizzato e la misura delle prestazioni.

Alla luce di queste considerazioni la questione del **metodo** risulta fondamentale, in quanto impedisce che la dimensione puramente "tecnicistica", di mera applicazione di componenti edilizi, materiali ed impianti, prevalga sulla corretta progettazione integrata di forma e soluzioni tecnologiche.

La concezione "sostenibile" del progetto si basa su un approfondimento preliminare indirizzato alla conoscenza puntuale delle condizioni di luogo e di contesto ed include la sfera dei fattori sociali, culturali, economici, oltre che ambientali, determinando vincoli e potenzialità; guarda ai bisogni e alle esigenze dell'utenza, li integra con gli obiettivi e le aspettative della committenza, ne ricava un sistema complesso di requisiti che dà vita ad indirizzi strategici di guida alla fase progettuale vera e propria.

Nella **progettazione sostenibile** è inoltre importante raggiungere una piena integrazione degli apporti multi- e trans-disciplinari, contribuendo non solo alla diffusione delle conoscenze e alla formazione di adeguate professionalità, ma ponendo il progettista quale interlocutore privilegiato nei processi di analisi, controllo e valutazione. È in ultima analisi al *progetto* che spetta la capacità di "ri-comporre"

Copyright © Esselibri S.p.A.

organicamente le questioni in gioco, cogliendo le opportunità concretamente operabili, stabilendo priorità e correlazioni, sequenzialità e interazioni controllate, adottando idonei strumenti di analisi/valutazione, operando scelte appropriate e condivise, dalle fasi previsionali a quelle di verifica e monitoraggio, secondo una logica ed una processualità corrispondente ed adeguata a tale complessità.
Il ruolo della ricerca è dunque fondamentale, in quanto permette di approfondire linee strategiche orientate a ottimizzare le metodologie operative del progetto insieme alle nuove tecnologie e ai relativi campi di applicazione.
I campi di maggiore interesse alla luce delle esigenze attuali possono essere:

- la sostenibilità, l'efficienza energetica e ambientale dell'assetto fisico-morfologico e organizzativo dei complessi insediativi, dei comparti edilizi e degli edifici;
- il recupero e la riqualificazione di aree degradate urbane e peri-urbane in chiave sostenibile definibile come "Retrofitting urbano";
- la progettazione, la gestione e manutenzione del patrimonio edilizio esistente attraverso l'adeguamento bio-energetico e ambientale dei manufatti architettonici di recente e più antica datazione;

Fig. 1.1 "Città dell' Arte e della Musica, tra riqualificazione ambientale dell'area urbana ed ecoefficienza dell'architettura nelle ex-cave di Lecce", Tesi di Laurea in Tecnologie di Protezione e Ripristino Ambientale, AA 2004-2005 . Relatore: Fabrizio Orlandi. Correlatore: Monica Sgandurra. Laureanda: Martina Risi.

c e r i b r i c s . p . A .

- la sperimentazione e l'impiego di tecnologie, componenti edilizi e materiali da costruzione, capaci di caratterizzare in senso innovativo le prestazioni di alcuni elementi-chiave dell'organismo edilizio, in termini di qualità architettonica, durabilità, sicurezza, resistenza agli agenti esterni, caratteristiche termoigrometriche, ventilazione e daylighting, per ottimizzare attraverso la "pelle" dell'edificio l'interrelazione tra spazio confinato e condizioni e fattori ambientali esterni;
- l'elaborazione di strumenti di analisi/valutazione quali/quantitativa in chiave prestazionale dell'ambiente costruito (assetti, manufatti, componenti e materiali) nei processi di validazione e certificazione richiesti a livello normativo;
- la sperimentazione nel campo della generazione distribuita dell'energia con i nuovi modelli a rete di produzione e distribuzione energetica, nonché l'integrazione degli stessi nell'assetto costruito attraverso la realizzazione di piccoli e medi impianti di cogenerazione e trigenerazione da fonti rinnovabili (integrazione microeolico-solare-biomasse), strutturati in nodi di reti energetiche a livello urbano, di quartiere o di complessi edilizi.

Sono inoltre rilevanti le questioni del comfort, della salubrità e dell'igiene degli spazi abitativi interni ed esterni, ed il coinvolgimento partecipativo degli utenti, che rimandano alla più ampia e fondamentale nozione di "qualità" a tutto campo, nella consapevolezza che tutti gli aspetti enunciati concorrono in varia misura al perseguimento di **qualità globale dello spazio e delle forme dell'abitare.**

1.2 Recupero e riqualificazione a livello insediativo/urbano

Le elaborazioni scientifiche condotte a livello mondiale e i più recenti dati relativi al monitoraggio dei consumi energetici globali sono eloquenti: secondo UN-Habitat, il programma delle Nazioni Unite per gli insediamenti umani, le aree urbane consumano, direttamente ed indirettamente, il 75% dell'energia totale e sono responsabili dell'80% delle emissioni di gas climalteranti. In Italia il consumo energetico per la climatizzazione degli edifici è in continuo aumento, responsabile di quasi il 40% dei consumi generali, con un preoccupante aumento esponenziale dei consumi per la climatizzazione estiva (Fonte: ENEA). A fronte di questi dati, è possibile mettere in luce due principali implicazioni di carattere operativo:

- il ruolo strategico ricoperto dal patrimonio edilizio esistente nei confronti della questione energetica ed ambientale, per la consistenza dell'impatto ambientale attuale e per le conseguenti grandi potenzialità di inversione di tendenza, anche relativamente alle attuali dinamiche di consumo di territorio da parte dei nuovi insediamenti;
- un approccio più forte, finalizzato alla trasformazione delle città, o delle porzioni di città, che incida in modo coordinato su tutti i diversi fattori critici e sfrutti tutte le potenzialità locali disponibili.

Copyright © Esselibri S.p.A.

Riqualificazione bio-energetica ed ambientale urbana significa promuovere la trasformazione in chiave sostenibile e soprattutto ecocompatibile dell'ambiente urbano inteso in senso sistemico (**Ecosistema Urbano**), come un insieme strutturato di fattori ed elementi naturali ed artificiali interagenti in modo complesso tra loro, *sistema dissipativo* per definizione, ma potenzialmente e necessariamente riconvertibile in *sistema tendente allo stato omeostatico*[1].

L'**approccio eco-sistemico** è quello che sta definitivamente affrancando l'intervento di recupero in chiave sostenibile da modalità di analisi e di azione circoscritte all'edificio, per dar luogo a metodologie complesse che vedono nel sistema insediativo l'oggetto di una progettazione ecologicamente efficiente. Intervenire nella città esistente, significa avere l'opportunità di riorganizzare la configurazione degli spazi aperti per ridurre il fenomeno "Isola di Calore"; predisporre interventi mirati e differenziati sugli edifici; modulare le interazioni costruito-vegetazione; approntare misure di mitigazione degli impatti; introdurre soluzioni per la "mobilità sostenibile"; predisporre impianti e reti integrate di auto-generazione di energia da fonte rinnovabile a livello di quartiere, nell'ottica di una "generazione distribuita" che trasforma porzioni di città da consumatrici in produttrici di energia ("isole/nodi energetici"). Questo ultimo aspetto viene considerato dalla comunità tecnico-scientifica come fondamentale per attuare quella che viene definita come una vera e propria rivoluzione nel campo della **generazione-distribuzione-fruizione** dei servizi energetici, in cui si abbandona il modello dei grandi impianti di produzione che distribuiscono in modo centralizzato e inefficiente energia agli utenti, per un modello di autoproduzione da fonte rinnovabile in cui gli utenti finali sono al tempo stesso produttori e utilizzatori. Dal punto di vista dell'efficacia, un approccio di livello insediativo, che non si limiti ad intervenire sui singoli edifici, garantisce risultati più elevati in termini di prestazioni, spesso con costi di investimento unitario contenuti, sia nel caso di committenza pubblica che privata.

Per ciò che riguarda le esperienze e le best practices di recupero energetico-ambientale di quartieri esistenti, esistono da tempo esempi di sperimentazioni di successo in molti paesi europei, mentre il quadro italiano è più recente, con alcuni progetti finanziati attraverso i bandi relativi ai cosiddetti "Contratti di Quartiere" I e II, i cui risultati necessiteranno di opportune verifiche ex-post[2]. A livello internazionale sono interessanti gli esempi raccolti nella ricerca RESHAPE, *Retrofitting Social Housing and Active Preparation for EPBD*, con progetti di edifici e complessi edilizi in Spagna, Olanda e paesi dell'Est europeo, in cui il

1 Secondo la definizione di Prigogine, per sistema dissipativo si intende un sistema termodinamicamente aperto che lavora in uno stato lontano dall'equilibrio termodinamico scambiando con l'ambiente energia, materia e/o entropia. L'omeostasi è una condizione di stabilità dinamica, propria degli organismi viventi. Le "condizioni omeostatiche" rappresentano gli elementi della stabilità; le "reazioni omeostatiche" indicano i mezzi per mantenere la stabilità.

2 Si veda ad esempio la nota esperienza del quartiere "Savonarola" di Padova.

Copyright © Esselibri S.p.A.

tema del recupero dell'edilizia sociale è particolarmente stringente. Altri ulteriori interessanti spunti vengono offerti dai risultati della ricerca INOFIN, *Innovative Financing of Social Housing Refurbishment in Enlarged Europe*.
I "nuovi quartieri ecologici", esito delle sperimentazioni condotte in molti paesi del Nord Europa (ad esempio i quartieri Ecolonia a Colonia, Kronsberg ad Hannover, Ecovikki a Helsinki, Reselfeld e Vauban a Friburgo, Solar City a Linz, Nieuwland ad Amersfoort) e in Italia (ad esempio San Polino a Brescia, Cognento a Modena, Borgo Solare a Ferrara, PEEP S. Egidio a Cesena) offrono invece un ricco repertorio di soluzioni utilizzabili come riferimento che, nel caso dei quartieri meno recenti, va ad intersecare i temi del recupero e della riqualificazione dell'edilizia esistente, delineando una casistica del comportamento nel tempo, con i criteri di gestione e manutenzione di soluzioni e tecnologie innovative per l'efficienza ambientale ed energetica.

1.3 Centralità della questione energetica

L'Energia deve essere considerata il parametro centrale e fondativo del concetto più ampio di sostenibilità ed *ecoefficienza*. Il tema energetico generale è attualmente considerato essenziale per le problematiche legate alla sostenibilità dello sviluppo (Agenda 21), alle prospettive di crescita economica[3], agli equilibri politici internazionali e alla destabilizzazione degli equilibri ecologici globali (Protocollo di Kyoto) e locali. Dopo un periodo di "euforia energetica", in cui si erano accantonate le preoccupazioni degli anni '70 relative all'imminente esaurimento dei giacimenti, molte istituzioni (IEA) oggi affermano la concreta possibilità di trovarsi già nella fase decrescente della capacità globale di produzione di petrolio. Per questo tutti i nuovi documenti programmatici comunitari, come il Programma "*Energia Intelligente per l'Europa*", e il "*VII EU Research Framework Programme 2007-2013*", pongono ancora una volta l'energia tra le aree tematiche più importanti, indirizzandosi sugli obiettivi dell'efficienza energetica e sullo sviluppo delle energie rinnovabili. Un ulteriore obiettivo fondamentale correlato all'energia è lo sviluppo della cosiddetta "generazione distribuita" che rivoluziona la modalità di produzione energetica passando dal modello centralizzato delle mega-centrali al modello **a rete intelligente** (*smart grid*), formato da un sistema diffuso di nodi di produzione e micro-produzione energetica, in cui edifici e quartieri passano dallo status di consumatori a quello di consumatori-produttori. Il modello di generazione distribuita permette inoltre di integrare in modo molto più efficiente le energie rinnovabili a livello urbano e territoriale.

3 Si vedano ad esempio i recenti contributi di N. Georgescu Roengen *Bioeconomia: verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile, Torino 2003; Lester Brown, Eco-economia: una nuova economia per la terra*, Roma, 2002, Maurizio Pallante, *Ricchezza Ecologica*, Roma, 2009.

Copyright © Esselibri S.p.A.

In generale, la riduzione drastica del consumo urbano (edifici, trasporti, illuminazione pubblica) è lo strumento indispensabile per garantire la significativa riduzione dei consumi globali.

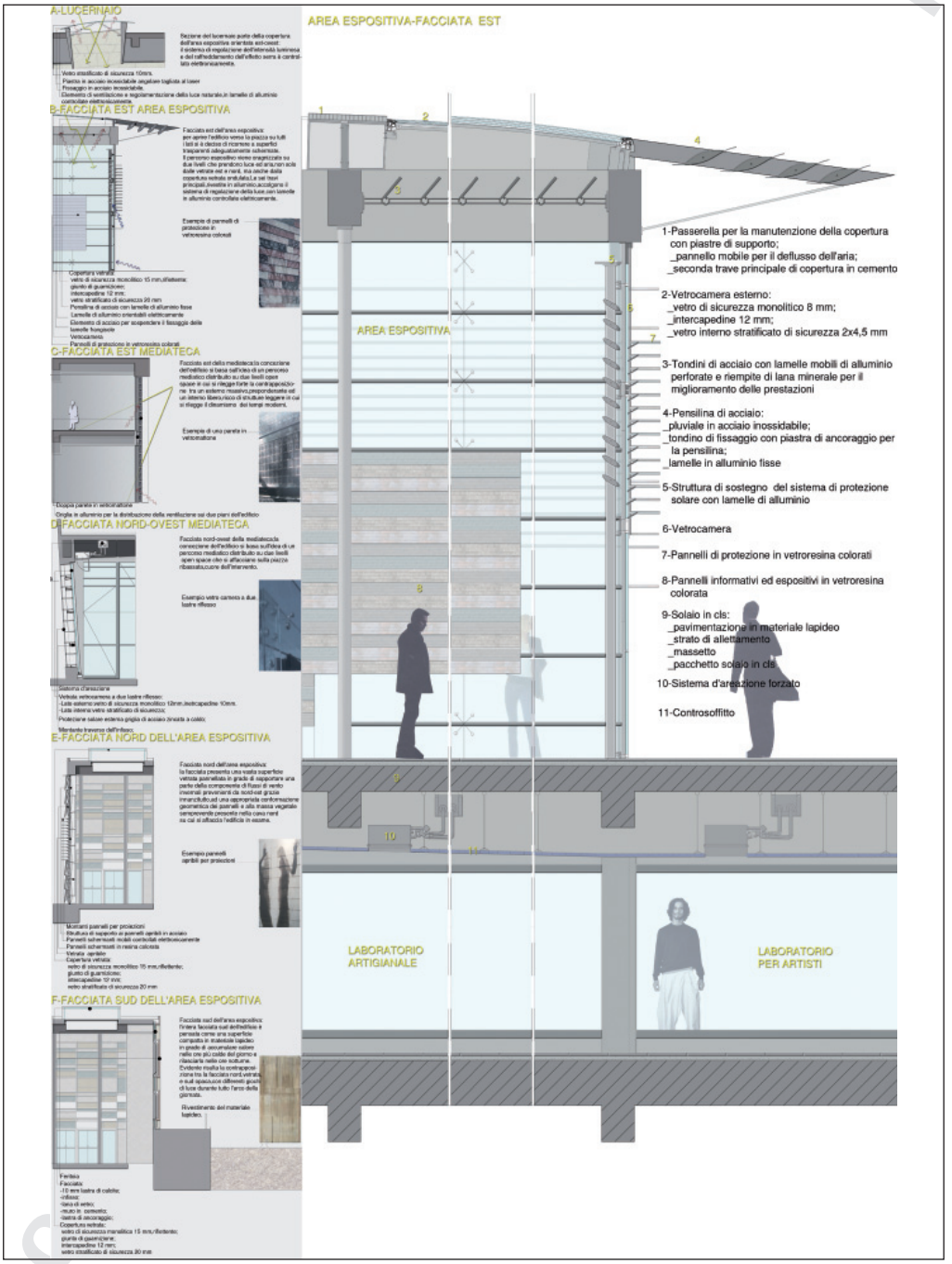
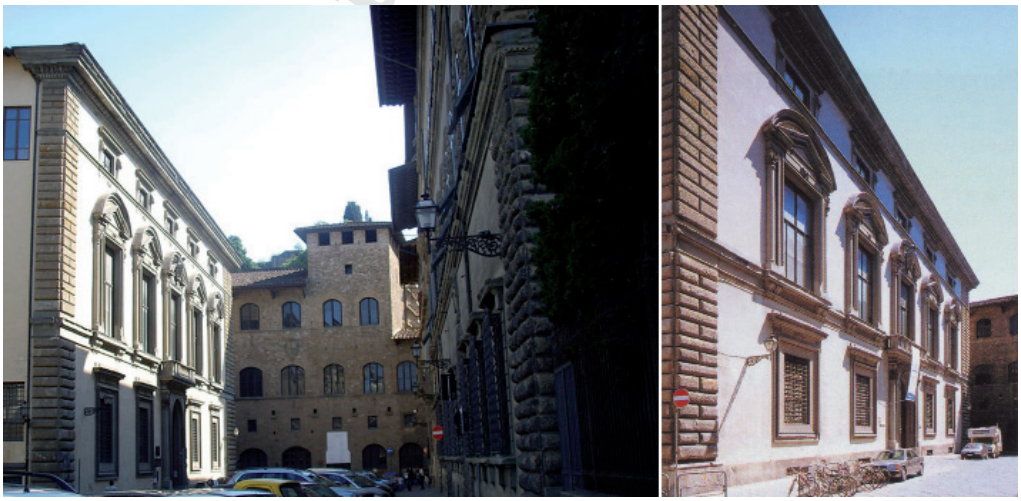


Fig. 1.2 "Città dell' Arte e della Musica, tra riqualificazione ambientale dell'area urbana ed ecoefficienza dell'architettura nelle ex-cave di Lecce".

1

MUSEO BARDINI – FIRENZE	
Proprietario	Comune di Firenze
Paese	Italia
Città	Firenze
Indirizzo	Piazza dei Mozzi 1
Occupanti dell'edificio	Museo Bardini
Uso primario	Museo
Giorni/Ore d'impiego	dal lunedì al sabato ore 9.30-19.00 eccetto i periodi estivi
Progettisti	arch. Lombardi
Ingegneri	ing. strutturista Giancarlo De Renzis ing. elettro-meccanico Roberto Innocenti ing. elettro-meccanico Raffaele Viscomi
Consulenti per il risparmio energetico	Centro Interuniversitario ABITA prof. Marco Sala, prof. Paola Gallo
Appaltatori	Comune di Firenze Centro Interuniversitario ABITA
Sorgenti di energia	strategie per incrementare l'illuminazione e la ventilazione naturali
Anno di completamento	2003



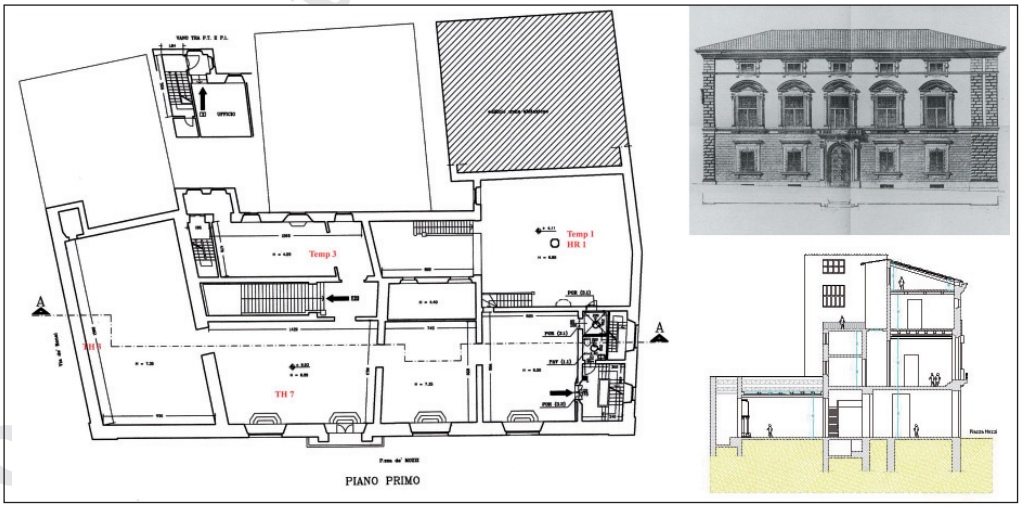
Il Palazzo Bardini.

Sala mostre dopo l'intervento.

Il museo costituisce il lascito testamentario dell'antiquario Stefano Bardini (1836-1922) al Comune di Firenze. Bardini costruì il palazzo che ospita il museo nel 1880, acquistando un complesso di edifici di varie epoche.
Il museo è stato ristrutturato anche con i fondi del progetto Europeo MUSEUM, la ristrutturazione è stata di tipo impiantistico e strutturale, in particolare è stata realizzata una nuova area espositiva coperta da una serra bioclimatica e sono stati installati dispositivi speciali per l'illuminazione naturale e artificiale e la climatizzazione interna.

Tecnologia costruttiva

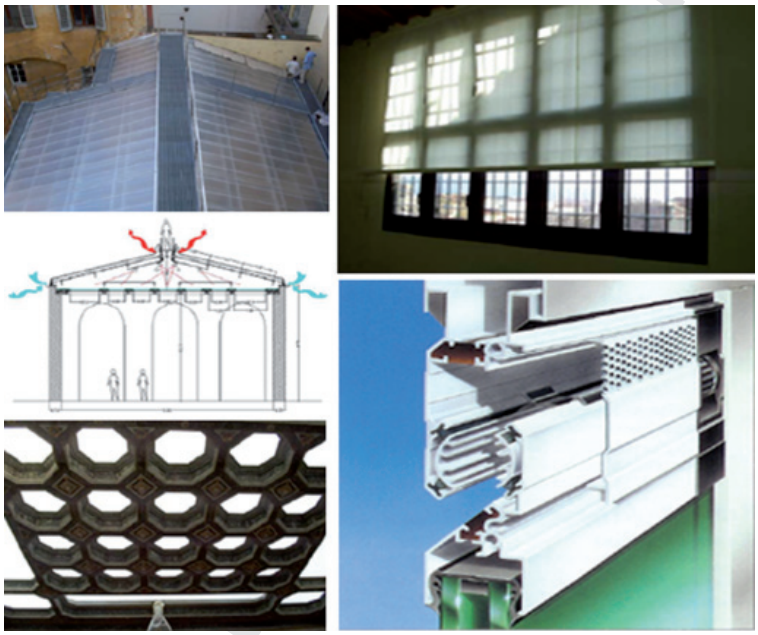
Il Museo Bardini permette una riduzione dei consumi energetici del 30% rispetto ad una costruzione museale tradizionale, con una riduzione delle emissioni di CO_2 del 30%, una diminuzione dei consumi per il riscaldamento del 25% e per l'illuminazione del 30%.



Pianta, prospetto e sezione tipo.

L'investimento risulta essere estremamente conveniente con un periodo di ritorno di 15 anni.
Per poter raggiungere gli obiettivi prefissati il progetto è stato studiato su tre diverse linee di intervento:

1. Comfort termico: attraverso l'installazione di un impianto di climatizzazione HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning).
2. Risparmio energetico: attraverso l'adozione di strategie passive e a basso consumo energetico.
3. Comfort visivo: attraverso lo studio e la progettazione degli ambienti e l'installazione di nuove lampade.



Strategie di risparmio energetico.

Controllo solare

Il controllo solare è stato ottimizzato sostituendo gli infissi esistenti con nuove finestre. In particolare quelle dell'ultimo piano sono state realizzate con infissi METRA NC 65 STH, in alluminio verniciato 6060, secondo la normativa UNI EN 573, UNI EN 755-5 e UNI EN 515.
Per il controllo della radiazione solare sono stati utilizzati doppi vetri con intercapedine d'aria (7-16-9) con un film di protezione in modo tale da avere un maggior controllo dell'illuminazione negli spazi espositivi e ottenere una buona riduzione del guadagno termico dovuto alla radiazione solare. Sono state utilizzate delle superfici vetrate antisole con pellicola protettiva assorbente capace di ridurre la radiazione ultravioletta sino ai 75 microwatts/lumen. Inoltre specchi sono disposti di fronte alle finestre.

Copyright Maggiorisp

Controllo della radiazione solare per le finestre poste all'ultimo livello.

Illuminazione

Gli elevati consumi elettrici del Museo Bardini, precedenti all'intervento di ristrutturazione energetica, erano dovuti all'eccessiva potenza installata, alla mancanza di controllo nella gestione delle apparecchiature e alla bassa efficienza delle lampade.

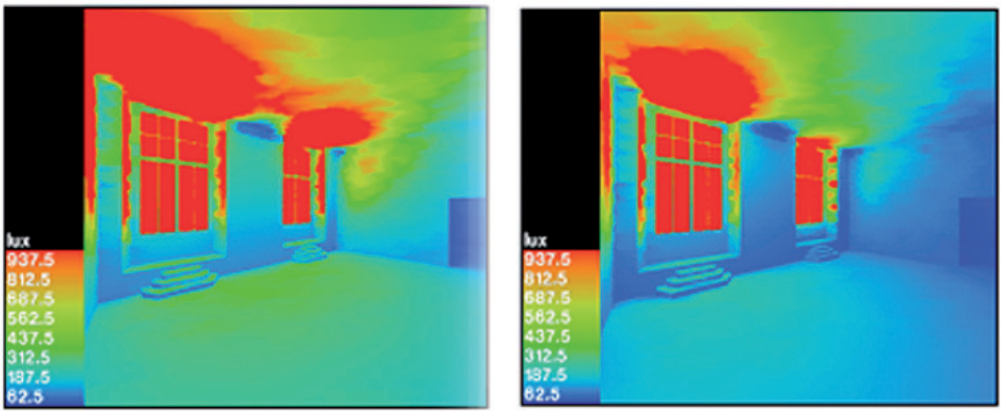
L'illuminazione naturale proveniente dal lucernario della sala centrale.

Il primo passo è stato quindi quello di ridurre la potenza installata sostituendo le lampade presenti con altre a basso consumo ed alta efficienza.

Questo cambiamento ha ridotto notevolmente i consumi energetici ed ha contemporaneamente migliorato enormemente le condizioni di comfort visivo nelle sale espositive con dispositivi riflettenti capaci di indirizzare una maggior quantità di luce verso gli spazi espositivi, riducendo anche l'effetto di abbagliamento ed assicurando un ottimo livello di illuminazione interna con l'utilizzo di una quantità estremamente inferiore di lampade.

Per ottimizzare le condizioni di illuminazione naturale, sono stati sostituiti i lucernari centrali vetrati con elementi

aggettanti trasparenti. La superficie vetrata è stata implementata con l'utilizzo di pannelli in policarbonato dello spessore di 30 mm, caratterizzati da un coefficiente di trasmissione del 70% contro l'80% delle superfici di vetro preesistenti.

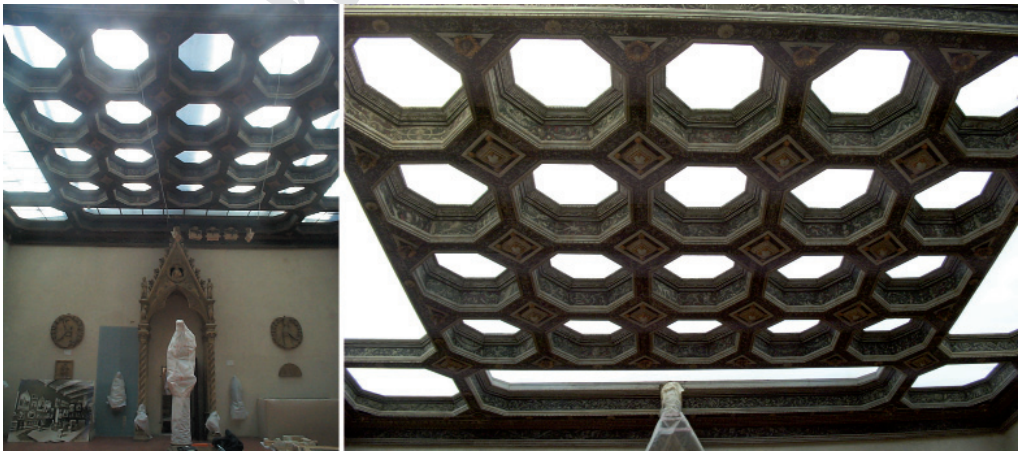


Il controllo della Luminanza.

Primo piano

Al posto della copertura vetrata sono stati installati pannelli in policarbonato di 30 mm di spessore, con una speciale capacità riflettente che permette di ottenere la riduzione del fenomeno di abbagliamento a favore di un miglior livello di illuminazione.

Per quanto riguarda il controsoffitto ligneo esistente, la superficie vetrata presente nei lucernai è stata sostituita con un componente ad elevato coefficiente di trasmissione (Barrisol) realizzato tramite materiale plastico estremamente flessibile posizionato in modo tale da ottenere una distribuzione uniforme dell'illuminamento nella stanza.



Il lucernario della sala centrale prima e dopo l'intervento.

Copyright © Esse

Piano terra

A seconda delle esigenze delle diverse aree espositive sono state installate delle nuove lampade in modo tale da assicurare (combinando luce naturale e luce artificiale) un giusto livello di illuminamento come indicato di seguito:

- 200 lux sui dipinti ad olio;
- 50 lux per gli acquarelli.

Raffrescamento

Il sistema di climatizzazione utilizzato è costituito da una pompa di calore con ciclo di espansione reversibile diretto, con volume di raffrescamento variabile, diviso in 4 zone. Per l'alimentazione dell'impianto è utilizzato il gas R407C. Anche l'installazione di un sistema di riscaldamento e raffrescamento controllato, combinato con la ventilazione naturale, permette di raggiungere un livello di comfort termo-igrometrico ottimale.

Dispositivi per la climatizzazione.

Ventilazione

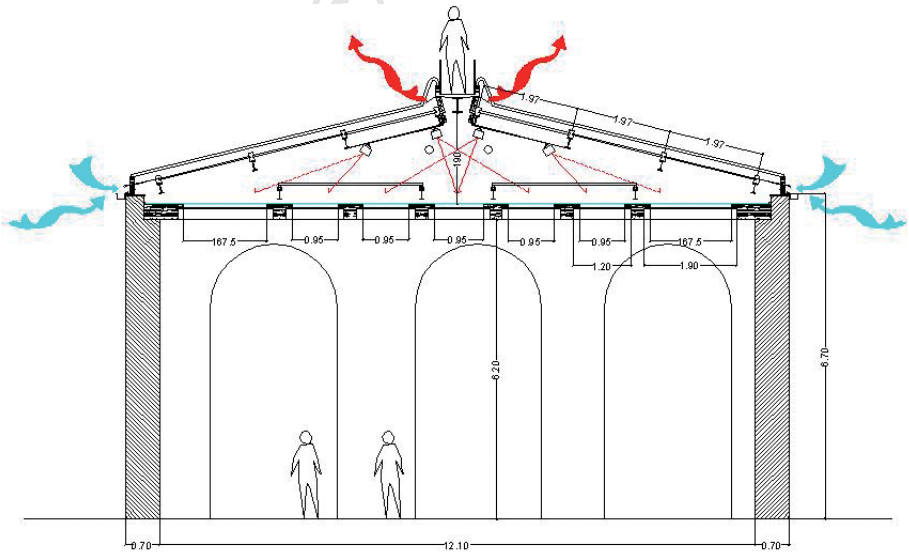
É stato previsto un sistema di ventilazione della copertura che ricrea due tipologie di circolazione dell'aria nella copertura stessa:

- una prima micro-ventilazione al di sotto delle tegole, essenziale contro umidità stagnante;
- una seconda macro-ventilazione sotto il tetto che interessa la parte compresa tra le tegole e lo strato di isolamento.

Copyright Maggioli S.p.A.

La copertura della sala centrale. Prima e dopo l'intervento di recupero.

Inoltre, durante la stagione estiva, il calore accumulatosi grazie alla presenza della massa termica e trasferito all'interno, viene disperso durante la notte attraverso l'apertura di griglie posizionate negli infissi delle aperture finestrate, in modo tale da ricreare una vera e propria ventilazione notturna.
Sulla base di questo principio sono state determinate le dimensioni corrette prevedendo uno scambio termico durante la notte dalle ore 22.00 alle ore 8.00 del mattino e considerando l'installazione di griglie facilmente apribili durante il periodo estivo, per favorire l'effetto camino. L´azione combinata di queste strategie permette di ridurre di 1-2 °C la temperatura massima interna durante il giorno, con un sostanziale risparmio energetico.
La "**finestra intelligente**" è, in questo senso, un'interfaccia tra l'interno e l'esterno che provvede a fornire il corretto livello di ventilazione ed illuminazione senza perdere la funzione della classica finestra.



SEZIONE TRASVERSALE DELL'ATRIO A PIANO TERRA

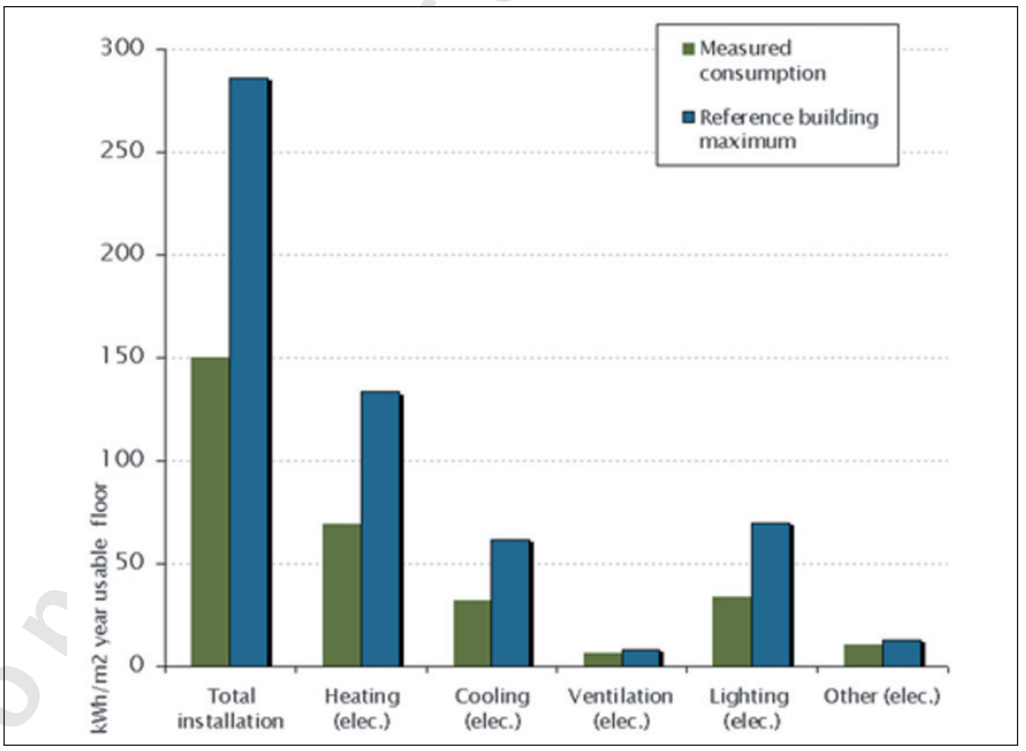
Ventilazione della copertura della sala centrale.

Rendimento energetico

L'intervento ha provveduto ad incrementare il livello di isolamento in copertura che, in combinazione con l'impianto di climatizzazione e l'integrazione delle strategie di ventilazione naturale, permette di ottenere le ottimali condizioni termo-igrometriche.
Con il nuovo isolamento si ottiene un valore di trasmittanza termica pari a 0,36 W/m²K contro il valore di 1,90 W/m²K della copertura precedente.
I pannelli isolanti (spessore 10 cm) sono realizzati in fibra di legno, installati senza l'uso di colle con additivi artificiali.

Sistema di regolazione

Per ottenere un livello di comfort ottimale nel museo senza avere consumi energetici elevati è stato necessario prevedere l'installazione di un sistema di controllo automatizzato per la gestione dei consumi energetici.
Questo sistema "intelligente" è formato da tre elementi base (dispositivo di monitoraggio, dispositivo di controllo, dispositivo di attuazione) capaci di gestire un elevato numero di sensori secondo i parametri di comfort richiesti.
Nel Museo Bardini il funzionamento del sistema di controllo è rivolto al controllo-gestione del comfort termo-igrometrico e visivo (integrazione tra illuminazione naturale e artificiale) negli ambienti, in riferimento ai valori di temperatura, umidità, illuminamento e percentuale di occupanti.



Istogramma energia primaria annuale consumata per m² di superficie utile. Fonte: EULEB.

Il diagramma mostra la differenza tra i consumi termici ed elettrici calcolati in kWh/m^2 anno in relazione ad un edificio tradizionale.
In seguito all'intervento di riqualificazione del Museo Bardini si ottiene una diminuzione dei consumi energetici in percentuale pari a:

- riscaldamento: 48%;
- raffrescamento: 48%;
- ventilazione: 26%;
- illuminazione: 53%;
- altro: 20%;
- risparmio energetico totale: 48%.

Copyright© Esselibri S.p.