

Strategies and technology solutions for the optimal management of building – HVAC system

Alessandro Rinaldi^{a*}

^a *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica (DICATECh), Politecnico di Bari, Via E. Orabona, 4, Bari, 70125, Italia*

Highlights

Even for the existing residential building the optimal management of building – HVAC system, integrated with building automation systems, can contribute even more effectively to the improvement of the behavior of the existing envelope and plants, integrating or replacing the conventional efficiency strategies. The simulations have shown that high-energy performances for buildings (NZEB) can be reached, rather than towards a "passive building", towards an "active building": the building has to be able to adjust according to the conditions external and internal, the overall comfort of the users with the best energy efficiency feasible at that time.

Abstract

Despite increasing attention is paid to the development of strategies and innovative technology solutions for the energy efficiency of building components and systems, especially in the residential sector not much has been deepened on the optimal management of the building-HVAC system. In relation to the specific Mediterranean climatic context of the city of Bari, and in reference to a single-family-residential buildings type, different solutions for the energy efficiency and its optimal management have been evaluated through dynamic energy and economic analyzes.

Keywords

Building energy management system, Simulation assisted control, Nearly Zero Energy Building, Efficiency energy, Building automation

1. INTRODUZIONE

Nonostante il crescente livello prestazionale energetico degli edifici sancito dalle politiche e conseguente legislazione internazionale, buona parte del patrimonio edilizio esistente sfugge agli obiettivi suddetti anche per il significativo costo e i numerosi vincoli posti dagli interventi edilizi tradizionali. La scarsa efficienza energetica edilizia è legata principalmente all'obsolescenza: il 70% degli edifici è stato realizzato prima di qualsiasi norma sull'efficienza energetica [1]. I nuovi edifici che dovrebbero perseguire lo standard NZEB (edificio a energia quasi zero) richiedono un più sofisticato controllo dinamico dell'intero sistema edificio-impianto [2]. Anche l'edificio più efficiente dal punto di vista costruttivo ed impiantistico, se gestito in maniera non corretta, dà luogo a sprechi.

La maggior parte delle strategie utilizzate per la riduzione dei consumi energetici degli edifici sono concentrate sull'efficientamento energetico degli involucri e degli impianti. Solo negli ultimi anni si è registrata una crescita, anche in ambiti residenziali, nell'utilizzo dei sistemi di gestione e automazione all'interno degli edifici di nuova costruzione, grazie alla consapevolezza dei grandi benefici che questi possono portare per il comfort ambientale, e i risparmi energetici ed economici [3]. L'automazione degli edifici può consentire notevoli

* Corresponding author. Tel.: +39-346-351-0851; e-mail: alessandro.rinaldi@poliba.it

risparmi energetici, andando non solo a porre rimedio a una non corretta o insufficiente gestione degli impianti, ma anche ottimizzandone i tempi di accensione e le modalità di gestione.

Secondo le ultime definizioni accettate a livello internazionale, per "edificio intelligente" si intende un edificio altamente adattabile alle mutevoli condizioni del suo ambiente [Krainier 1996]. Ma in un concetto generale di comfort, l'idea di adattamento alle condizioni ambientali può non essere sufficiente. È ben noto che le persone normalmente differiscono nelle loro percezioni personali di comfort indoor. Gli utenti sono una parte dinamica del fabbricato, pertanto devono essere presi in considerazione nella strategia di controllo [4]. I progressi tecnologici nella raccolta e trasferimento dei dati in tempo reale la sempre crescente potenza di calcolo dei software stanno portando i sistemi di controllo e simulazione assistita più vicini alla realtà di quanto immaginato da quando i sistemi (BEMSs) furono introdotti nel 1970 [5]. Ultime tendenze nella progettazione di sistemi di gestione energetica degli edifici intelligenti (BEMS) integrano un'interfaccia uomo-macchina che potrebbe memorizzare le preferenze dell'utente e adattare la strategia di controllo di conseguenza.

2. METODOLOGIA

Il seguente lavoro di ricerca propone di valutare l'efficacia e le modalità di gestione ottimale dei componenti edili ed impiantistici ad alta efficienza energetica, integrando sistemi di building automation, per il raggiungimento di obiettivi quali efficienza energetica, comfort, riduzione dei costi di gestione e manutenzione per l'intero ciclo di vita dell'edificio. In particolare, poiché non molto è stato approfondito sul tema della gestione ottimale del sistema edificio- impianto e dell'integrazione di sistemi di b.a. specie all'interno degli edifici esistenti, gli studi sono stati condotti in riferimento all'edilizia residenziale esistente.

Una delle principali finalità del lavoro è quello di proporre una metodologia robusta e facilmente replicabile su larga scala.

Allo stato attuale di avanzamento del lavoro di ricerca, in riferimento allo specifico contesto climatico mediterraneo di area costiera (Noicattaro, Italia, 41°02'00''N, 16°59'00''E, 50 mt s.l.m.) è stato individuato un edificio tipo della tipologia residenziale a schiera (rappresentativa di molti edifici residenziali unifamiliari tipici dell'Italia meridionale), per il quale sono state valutate diverse modalità di gestione del sistema edificio-impianto. Mediante analisi energetiche in regime dinamico (TRNSYS), analisi economiche, mediante il calcolo del costo totale globale, ed analisi di comfort adattivo, sono state valutate differenti soluzioni tecnologiche e strategie di gestione ottimale del sistema edificio-impianto-fonti rinnovabili.

Il simulatore TRNSYS [6], da un lato permette di simulare/prevedere consumi dell'edificio, dall'altro è di supporto allo sviluppo di logiche di ottimizzazione dei consumi.

3. CASO DI STUDIO

L'organismo edilizio oggetto di studio, con una superficie di circa 110 mq ed è caratterizzato da:

- orientamento dei prospetti a est e ovest;

- indice di compattezza (rapporto tra superficie involucrante e volume disperdente) pari a 0,88, come conseguenza della tipologia edilizia;
- camere da letto con esposizione est e ovest, zona soggiorno/pranzo/cucina con ampia apertura a ovest e studio con ampia apertura a est.

Tale edificio è stato oggetto di una serie di interventi di riqualificazione energetica che hanno riguardato le componenti di involucro (opaco e trasparente) (Fig.3-4), le componenti impiantistiche (inserimento di un sistema a “Pozzo Canadese” per il raffrescamento estivo e sostituzione del generatore esistente con una pompa di calore aria-acqua) e l’inserimento di serre solari sui due lati finestrati.

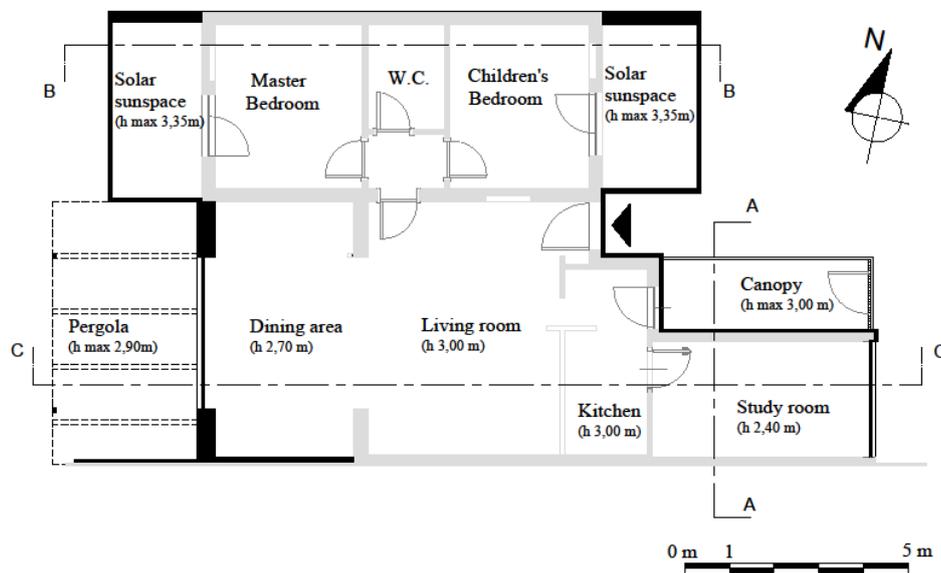


Figura 1. Pianta piano terra. Le linee nere evidenziano le parti oggetto di riqualificazione energetica

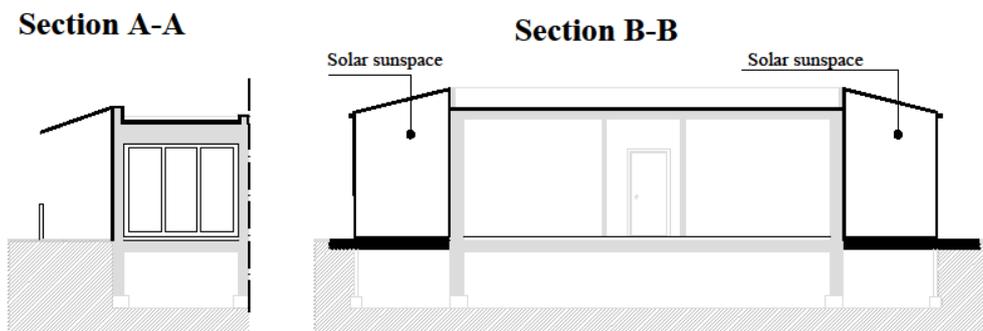


Figura 2. Sezioni. Le linee nere evidenziano le parti oggetto di riqualificazione energetica

	Transmittance [W/m ² K]	Surface Mass [kg/m ²]
Redeveloped walls	0,23	213
New wall (dining room)	0,22	314
Storage south wall (solar sunspaces)	0,57	434
Redeveloped flat roof	0,28	747
New roof (dining room)	0,28	397
Storage ground floor (solar sunspaces)	0,58	663

Figura 3. Caratteristiche termiche dell'involucro opaco.

	Thickness [mm]	Glass Trasmittance [W/m ² K]	Frame Trasmittance [W/m ² K]	Solar Factor g
Glazed surfaces of sunspaces (aluminum frame)	3-3 – 12 – 3-3	1,62	3,8	0,432
Windows (PVC frame)	3-3 – 14 – 4-4	1,46	1,3	0,342

Figura 4. Caratteristiche termiche ed ottiche dell'involucro trasparente.

In particolare sono state analizzate e simulate diverse logiche di funzionamento dei componenti impiantistici ed edili per la riduzione dei consumi energetici e dei costi annessi. Le logiche testate si basano su:

- controllo della ventilazione tra serra e ambienti adiacenti in base a termostati differenziali;
- variazione del profilo orario di accensione e della temperatura di attenuazione dell'impianto termico in base a termostati per ogni camera e alla reale presenza di utenze;
- automazione dei dispositivi di schermatura mobili in base alle condizioni climatiche esterne e all'occupazione dei vari ambienti;
- diverse logiche di funzionamento di impianto di ventilazione meccanica controllata in funzione delle caratteristiche ambientali esterne e dei carichi interni;
- controllo della ventilazione con l'esterno in base a termostati con set point dell'aria esterna pari a 26°C;
- attivazione della pompa di calore in base al carico termico da coprire e alla produzione di energia elettrica dell'impianto fotovoltaico.

4. RISULTATI E CONCLUSIONI

Le simulazioni energetiche condotte hanno evidenziato che nonostante la crescente necessità di attuare la riduzione dei fabbisogni e l'incremento dei livelli di comfort abbia promosso l'installazione dei sistemi di building automation in edifici di nuova costruzione, si è riscontrato che anche nell'ambito dell'edilizia esistente essi possono concorrere ancor più efficacemente al miglioramento del comportamento dell'involucro e degli impianti esistenti, anche in integrazione/sostituzione di strategie di efficientamento più convenzionali.

La gestione automatica dei componenti schermanti e dei sistemi di ventilazione meccanica risulta di fondamentale importanza per ridurre le problematiche legate al surriscaldamento in regime estivo.

Logiche di gestione per l'attivazione delle schermature solari, dei terminali di erogazione e della ventilazione meccanica, mediante sensori esterni ed interni, unite a logiche di funzionamento della pompa di calore, nonché l'installazione di impianti solari, consentono il perseguimento dello standard NZEB.

Per ridurre il discomfort per surriscaldamento estivo risulta sufficiente adottare semplici sistemi di automazione delle schermature e di apertura delle finestre, mediante timer programmabile.

Conformemente ad altri studi in letteratura [7-10], le simulazioni e gli studi condotti hanno evidenziato che per edifici ad alta prestazione energetica (NZEB) più che "passive building", sia necessario un "edificio attivo" capace di regolare, in base alle condizioni esterne e interne, il comfort globale degli utenti con il miglior rendimento energetico attuabile in quel momento. Il principio alla base è l'automazione, in quanto il singolo utente difficilmente può essere in grado di gestire una complessità di fattori e di attuare una serie di regolazioni e comandi necessari al corretto funzionamento dei meccanismi energetici di un edificio.

5. SVILUPPI FUTURI

Il lavoro di ricerca si focalizzerà sullo sviluppo di diversi modelli per la diagnostica e di algoritmi per l'ottimizzazione da remoto. Obiettivo è quello di sviluppare algoritmi di ottimizzazione con set point ottimali per la gestione del sistema edificio-impianto, definendo strategie di attuazione nelle specifiche condizioni climatiche e di utenza in cui si trovano al momento della richiesta.

Successivamente si procederà all'implementazione nei casi di studio delle logiche di gestione valutate mediante il software di simulazione TRNSYS, con sistemi di monitoraggio, diagnostica e controllo da remoto (BEMS) dell'edificio che possano validare i modelli creati, e consentire di valutare, gestire ed attuare da remoto diverse strategie di ottimizzazione del sistema edificio-impianto.

Per qualificare tali modelli l'edificio sarà equipaggiato con sensori di consumo elettrico e termico, e per individuare parametri utili a definire le richieste dell'utenza verrà monitorata la presenza degli utenti e le condizioni ambientali. Tali sensori saranno collegati in tempo reale ad una piattaforma ICT integrata per la gestione ed ottimizzazione dei consumi energetici.

Partendo dall'assunto che l'edificio debba essere altamente adattabile alle condizioni di comfort desiderate dagli utenti, mediante tecnologie di BEMS verranno registrati i comportamenti degli utenti sulla gestione dei componenti edili-impiantistici, con le rispettive condizioni di comfort indoor accettate dall'utente, in modo tale da poter regolare il sistema edificio-impianto in funzione delle effettive esigenze e preferenze dell'utente.

Il monitoraggio energetico-ambientale sarà finalizzato sia a condurre analisi di tipo diagnostico sia ad analisi di predizione e ottimizzazione. Sulla base dei dati di monitoraggio energetici ed ambientali l'attività di ricerca si focalizzerà sull'individuazione di un metodo per l'individuazione automatica di valori anomali di energia e potenza. Il lavoro non si ridurrà alla sola elaborazione dei dati monitorati: l'intero sistema di acquisizione installato diventerà infatti elemento essenziale per la costituzione di una rete di monitoraggio/attuazione progettata ai fini diagnostici per l'edificio.

Le informazioni e risultati reperiti durante le fasi di monitoraggio e diagnostica, saranno i nuovi input da inserire nei modelli di simulazione creati in TRNSYS, e simulando diverse logiche di funzionamento dei componenti edili ed impiantistici, si procederà all'elaborazione di diverse scenari per la gestione ottimale, valutando riduzioni in termini di consumi energetici e di costi di esercizio, nonché di comfort indoor.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Politecnico di Milano. Energy Efficiency Report. L'efficienza energetica in Italia: modelli di business, soluzioni tecnologiche, vincoli e opportunità di sviluppo (2011).
- [2] European Parliament - 31/2010/UE Directive on the energy performance of buildings.
- [3] EN 15232:2012 – Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management.
- [4] J.A. Clarke, J. Cockroft, S. Conner, J.W. Hand, N.J. Kelly, R. Moore, T. O'Brien, P. Strachan, Simulation-assisted control in building energy management systems. *Energy and Buildings* 2002;933-940.
- [5] E. Sierra, A. Hossian, D. Rodríguez, M. García-Martínez, P. Britos, and R. García-Martínez, Optimizing Building's Environments Performance Using Intelligent Systems. *Energy and Buildings*, 2008;486-491.
- [6] Klein, S.A. et al.. 2006. TRNSYS 16.1: a Transient System Simulation Program, SEL, University of Wisconsin, Madison, USA
- [7] M. Annunziato, M. Bosello, M. De Felice, C. Meloni, S. Pizzuti, Modelli predittivi e soluzioni pilota per la diagnostica e controllo di smart buildings. ENEA (Report Rds/2011/257)
- [8] A.I. Dounis, C. Caraiscos, Advanced control systems engineering for energy and comfort management in a building environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2009;1246-1261.
- [9] M. Annunziato, G. Comodi, F. Lauro, C. Meloni, F. Moretti, S. Pizzuti, S. Romano, Sviluppo di una simulazione dimostrativa di "Smart Village" e metodi di progettazione. ENEA (Report Rds /2012/053).
- [10] H. Doukas, K. D. Patlitzianas, K. Iatropoulos, J. Psarras, Intelligent building energy management system using rule sets. *Building and Environment* 2007;3562-3569.