

Design and construction methods and techniques for the sustainable renovation of existing buildings

Sara Ticci^{a*}

^a Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze, Via di Santa Marta 3, Firenze, 50139, Italia

Highlights

In Italy and throughout Europe, the building sector accounts for about one third of total energy consumption. Given that 70 % of existing buildings have a low record of energy efficiency, a high rate of saving can be achieved merely through the redevelopment of the building envelope and installations. Eco-sustainable restoration of existing buildings is, in view of its limited impact, one of the most ecologically significant courses of action because, compared to "ex novo" construction, it involves less actual building and therefore less consumption of soil and energy.

Abstract

This paper presents a preliminary phase for the study of some possible strategies for the sustainable renovation of a class of existing residential buildings located in Tuscany in the Florence area. The analysis of the building chosen for the research, conducted both from the functional point of view and from the energetic one, will lead to the choice of the most suitable recovery measures, taking into account the climate zone and the building structure.

Keywords

Sustainable renovation, Existing buildings, Social housing, Prefabricated building techniques

1. INTRODUZIONE

La problematica del recupero risulta particolarmente sentita nelle periferie della maggior parte delle città italiane. L'immenso patrimonio di edilizia residenziale pubblica costruito dagli anni '60 agli anni '80, sotto la spinta dettata dall'urgenza di soddisfare velocemente e con pochi mezzi economici la forte esigenza di abitazioni, si trova oggi in condizioni di immediata necessità di riqualificazione. Peraltro le condizioni abitative di questi complessi ed edifici, realizzati molte volte con prodotti e tecnologie di scarsa qualità, richiedono un adeguamento per ottenere migliori condizioni di comfort interno. Nel progetto di riqualificazione, il progettista si scontra con l'impossibilità di intervenire su alcuni aspetti come la scelta del sito, l'orientamento e molto spesso anche sulla disposizione degli ambienti e delle aperture, poiché interviene in un contesto urbano già preformato e su una costruzione già esistente. Inoltre vincoli e limitazioni imposti dalle normative locali riducono ulteriormente la possibilità di trasformazione. Anche in chiave energetica si ha pertanto una forte riduzione delle possibili strategie attive e passive da applicare rispetto alla nuova costruzione, così come una riduzione delle soluzioni tecniche per realizzare un miglioramento della performance energetica.

2. STATO DELL'ARTE

L'analisi dello stato dell'arte è stato condotto in modo tale da avere una panoramica generale sulle tecniche

* Corresponding author. Tel.: +39-055-27-58-862; e-mail: sara.ticci@dicea.unifi.it

e sulle metodologie per il recupero sostenibile degli edifici residenziali, partendo dallo studio dei criteri generali di recupero fino ad arrivare a quello delle tecnologie utilizzate per il retrofit di edifici realizzati con sistemi prefabbricati con particolare riferimento a quelli di edilizia residenziale pubblica. L'analisi ha affrontato le seguenti tematiche:

- metodologie ricorrenti per il recupero sostenibile degli edifici esistenti.

A tal fine si menziona lo studio condotto in Australia [1], in cui viene approfondito il tema del recupero edilizio in generale, analizzando gli elementi chiave in un retrofit energetico e le sue fasi principali. Esistono ricerche focalizzate sullo sviluppo e l'applicazione di appropriati modelli e strategie per la valutazione delle prestazioni dell'edificio e per la diagnosi energetica. A titolo di esempio, Richalet et al. [2] elencano tre approcci per valutare la performance energetica degli edifici, includendo un approccio computazionale basato su dati provenienti da audits energetici, un altro impostato sulle prestazioni dei fabbricati attraverso la valutazione dei consumi ed un terzo connesso alle misurazioni in sito;

- tecnologie per il recupero sostenibile degli edifici.

In merito a tale tema esiste una grande quantità di possibili tecnologie da utilizzare nel retrofit energetico. Esse possono essere schematizzate in tre gruppi: tecnologie per la riduzione della domanda di riscaldamento e raffrescamento (es. isolamento dell'edificio, tetti e pareti ventilate, sostituzione di infissi a bassa performance energetica con altri più performanti, ecc.), impianti ad alta efficienza energetica e tecnologie a basso consumo energetico (es. ventilazione meccanica, pompe di calore, strategie passive, come sistemi di accumulo termico, sistemi di recupero di calore, ventilazione naturale, ecc.) e tecnologie basate su fonti rinnovabili (es. pannelli solari, pannelli fotovoltaici, impianti eolici, ecc.). Si cita per il primo gruppo lo studio condotto in Danimarca [3] in cui viene analizzata la performance energetica di edifici costruiti nel periodo compreso tra il 1850 e il 1920, a seguito dell'applicazione di un isolamento sulle pareti esterne e sul tetto. Lo studio effettuato da Gustaffson et al. [4] può essere citato come esempio per quanto riguarda gli impianti ad alta efficienza energetica. Nel lavoro vengono confrontati tre sistemi diversi di ventilazione meccanica applicati nel recupero di un edificio residenziale. Per quanto riguarda la terza categoria di strategie, è utile citare l'articolo scritto da Golic et al. [5], in cui viene proposto un modello di SWHS (Solar Water Heating System) da integrare in edifici esistenti con l'obiettivo di migliorarne l'efficienza energetica;

- strategie utilizzate nel recupero sostenibile di edifici residenziali pubblici in Europa prestando particolare attenzione al caso italiano.

Per il caso europeo si elenca lo studio condotto da Giancola et al. [6] in cui vengono analizzati vari interventi sull'involucro per il recupero di un edificio di edilizia pubblica situato a Madrid. Il lavoro compiuto da Gagliano et al. [7] analizza il recupero di un complesso di edilizia residenziale pubblica situato nella città di Bronte (NA), nel quale viene applicato uno strato di isolamento esterno sulle pareti e vengono integrati nella costruzione pannelli fotovoltaici e solari;

- tecniche di recupero sostenibile in edifici residenziali in cemento armato prefabbricato.

Per tale tema si cita il lavoro svolto in Romania da Ciutina et al. [8], in cui vengono proposte delle soluzioni di recupero per edifici residenziali pluripiano a pannelli prefabbricati in c.a.;

- esempi di utilizzo di software di simulazione energetica nella valutazione dell'efficienza delle tecniche di recupero energetico.

La quantificazione dei benefits energetici in un retrofit energetico è essenziale. La performance delle strategie di recupero è comunemente valutata attraverso simulazioni energetiche ed esistono molti software di simulazione che assolvono questo compito. Crawley et al. [9] confrontano la performance di 20 diversi software di simulazione energetica nella valutazione della risposta dell'edificio in esame dopo l'applicazione di strategie di recupero.

3. METODOLOGIA

La metodologia adottata si articola nel modo seguente:

- scelta degli edifici maggiormente rappresentativi dei sistemi di prefabbricazione utilizzati in Toscana;
- analisi del sistema ambientale e tecnologico degli edifici con l'obiettivo di definire le caratteristiche specifiche e ricorrenti;
- analisi energetica degli edifici sia in regime semi-stazionario che in regime dinamico. Il modello dinamico è stato ottenuto tramite l'utilizzo del software di simulazione TRNSYS-Trnbuild.
- individuazione di possibili strategie di intervento, a seguito di problematiche emerse nelle fasi precedenti;
- validazione delle strategie proposte;
- sintesi dei risultati ottenuti ed indicazione di criteri progettuali per il recupero sostenibile di edifici di edilizia residenziale pubblica.

4. TEMA E OBIETTIVI

La ricerca ha come obiettivo quello di validare strategie, definendo conseguentemente una procedura progettuale per il recupero sostenibile di una categoria di edifici residenziali rappresentativi del nostro contesto ambientale e della cultura locale e considerati emblematici nell'applicazione delle tecniche costruttive prefabbricate. A questo scopo, come casi campione, sono stati presi in considerazione alcuni edifici residenziali pubblici realizzati in Toscana e in particolare nella zona di Firenze durante gli anni '70 e '80, realizzati con sistemi prefabbricati e industrializzati. Gli edifici oggetto della ricerca, si trovano a Firenze, Prato, Impruneta e Sesto Fiorentino. Dall'analisi dello stato attuale delle singole costruzioni (a partire dalla documentazione presente nell'Archivio Storico di Casa SpA), sia in relazione al sistema ambientale che tecnologico, con particolare riferimento alla performance energetica, sono emerse le caratteristiche comuni alla classe di edifici, sulla base delle quali sarà possibile valutare e applicare alcune strategie per il recupero sostenibile dei fabbricati. Tali criteri di recupero costituiranno un esempio estendibile ad edifici che presentano caratteristiche simili e collocati in zone climatiche confrontabili.

5. RISULTATI

Ad oggi la ricerca si è occupata dell'analisi dello stato attuale di sei edifici collocati in tre lotti differenti realizzati con tre diversi sistemi di prefabbricazione/industrializzati:

- Prato (loc. Iolo): 2 edifici realizzati con il Sistema Tunnel;
- Sesto Fiorentino: 1 edificio realizzato con il sistema Caab System;
- Firenze (via Canova) [10]: 3 edifici realizzati con setti in c.a. in casseforme prefabbricate.

Dall'analisi degli edifici sono emerse caratteristiche ricorrenti ed altre specifiche correlate alla classe del sistema costruttivo di appartenenza. L'analisi energetica dello stato di fatto ha permesso di valutare il comportamento degli edifici durante tutto l'arco dell'anno. Il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento degli edifici in esame è risultato elevato con una conseguente classe energetica bassa. Durante il periodo estivo sono emerse temperature piuttosto elevate all'interno degli appartamenti, rispetto agli attuali standard di comfort. Da ciò si evince che tali edifici, oltre ad avere consumi energetici elevati durante il periodo invernale, necessitano anche di raffrescamento durante il periodo estivo, conseguenza delle condizioni climatiche a cui sono sottoposti, dei carichi termici interni e delle modeste caratteristiche inerziali della massa muraria di involucro. Si riportano a titolo esemplificativo i risultati ottenuti per il primo caso studio analizzato: due edifici di edilizia residenziale pubblica realizzati con il sistema prefabbricato denominato "Sistema Tunnel", situati a Iolo, località nel comune di Prato. In particolare si riportano di seguito i risultati dell'edificio denominato "A". I due edifici, A e B, sono orientati principalmente secondo l'asse Est-Ovest. Sono edifici in linea con classica forma a pianta rettangolare.



Figura 1. Edificio A (sinistra) – Edificio B (destra).

L'edificio A è il più grande dei due. Esso presenta 32 alloggi dislocati in 4 piani di 8 abitazioni ciascuno. Presenta il piano terra adibito a cantine, portici e zone di ingresso. La struttura è costituita da pareti portanti in c.a e solai realizzati da lastre in c.a.. L'isolamento è realizzato tramite contropareti interne coibentate per quanto riguarda le chiusure verticali, mentre per quelle orizzontali, il solaio sui 'pilotis' è isolato all'estradosso. L'impianto di riscaldamento è realizzato tramite caldaie autonome per ogni appartamento. E' stata valutata l'efficienza energetica dei pacchetti tecnologici, confrontando i valori ottenuti di trasmittanza (U-value) con quelli indicati nella Normativa Nazionale (Allegato C-commi 2-3-4-5 D.Lgs 311/2006) e sono risultati non verificati. Si è passati poi alla simulazione energetica dell'intero edificio in regime dinamico tramite il software

di simulazione dinamica TRNSYS-Trnbuild. È stata eseguita su base annua con un passo di calcolo orario, al fine di ottenere la domanda di energia utile per il riscaldamento invernale. Come è noto, le perdite di calore sono dovute sia alla trasmissione attraverso l'involucro sia alle perdite per ventilazione (apertura naturale del finestre e perdite d'aria a causa della scarsa tenuta all'aria dell'involucro). Al fine di ridurre il fabbisogno energetico per il riscaldamento è necessario quindi minimizzare le perdite di calore. Dal diagramma a torta (figura 2), che rappresenta la simulazione che utilizza la Normativa Nazionale, si evidenzia come la ventilazione giochi un ruolo modesto sulle perdite di calore totali. Questo dipende dal valore dei ricambi d'aria assunto. Infatti il valore, proveniente dalla Normativa Nazionale (UNITS 11300-Parte 1), risulta di 0.3 ricambi d'aria all'ora, che non tiene conto della qualità dell'aria interna, ma solo del risparmio energetico. Invece se si adotta il valore prescritto dalle Norme Europee (UNI EN 15251), che considerano anche la qualità dell'aria interna di 0.6 ricambi d'aria all'ora, si ha ovviamente un aumento della domanda di energia utile, dovuto ad un incremento delle perdite di calore. In questo caso quindi, come si può vedere sempre dal grafico a torta (figura 2), le perdite per ventilazione invece giocano un ruolo importante nel bilancio energetico, rispetto alle perdite di calore per trasmissione attraverso l'involucro.

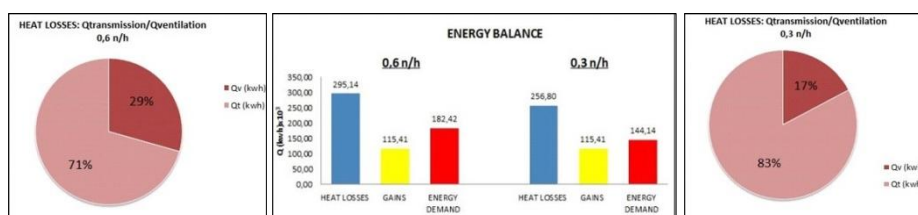


Figura 2. Confronto della risposta in termini di domanda di energia utile per il riscaldamento calcolata con la Norma Europea (grafico di sinistra) e con la Norma Italiana (grafico di destra).

In estate i risultati della simulazione mostrano che gli appartamenti presentano temperature elevate e il valore di picco di 29.6°C viene riscontrato in agosto in un appartamento posizionato al quarto piano. L'edificio necessita perciò anche di raffrescamento durante l'estate.

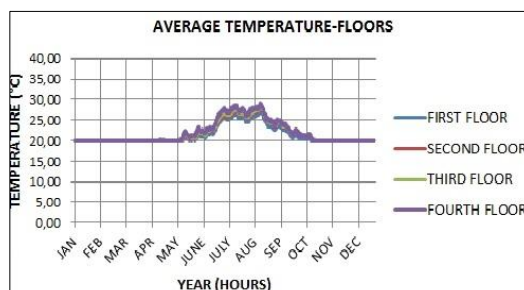


Figura 3. Andamento delle temperature ai vari piani dell'edificio.

6. CONCLUSIONI

Dai risultati illustrati precedentemente emerge che le strategie da adottare dovranno:

- in Inverno: minimizzare le perdite di calore, dovute sia alla trasmissione di calore attraverso l'involucro (es. scarso isolamento, infissi non performanti), sia alla ventilazione (es. naturale apertura delle finestre e perdite dovute alla scarsa ermeticità della costruzione);
- in Estate: garantire una corretta ventilazione per migliorare il comfort termo-igrometrico interno.

Da tali considerazioni risulta che la ventilazione è un aspetto importante su cui intervenire, in quanto gioca un ruolo fondamentale sia durante la stagione estiva che durante quella invernale. A tal proposito l'applicazione di una ventilazione meccanica combinata con tecniche di ventilazione naturale (hybrid ventilation), appare essere una strategia adeguata per migliorare il rendimento energetico di tali costruzioni.

In particolare, in tal senso, questa strategia potrà essere combinata per:

- intervenire sui ricambi d'aria al fine di migliorare la qualità dell'aria interna;
- recuperare calore durante il periodo invernale (ventilazione meccanica con recuperatore di calore);
- sopperire ai minori ricambi d'aria dovuti ad una maggiore ermeticità dell'involucro (conseguenza ad esempio dell'inserimento di un cappotto esterno e di infissi più performanti);
- migliorare e ventilare durante il periodo estivo. Infatti la ventilazione meccanica, combinata con altri sistemi impiantistici e affiancata a tecniche di ventilazione naturale, può garantire il raffrescamento necessario per il benessere termo-igrometrico interno.

7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Z. Ma, P. Cooper, D. Daly, L. Ledo, Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art, *Energy Build.* 55 (2012) 889–902.
- [2] V. Richalet, F. P. Neirac, F. Tellez, J. Marco, J. J. Bloem, HELP (house energy labeling procedure): Methodology and present results, *Energy Build.* 33 (2001) 229–33.
- [3] T. V. Rasmussen, Post-Insulation of Existing Buildings Constructed between 1850 and 1920. *Therm Perform Exter Envel Whole, Build XI Int Conf*, 2010.
- [4] M. Gustafsson, G. Dermentzis, J. Are, C. Bales, F. Ochs, S. Holmberg et al., Energy performance comparison of three innovative HVAC systems for renovation through dynamic simulation, *Energy Build.* 82 (2014) 512–9.
- [5] K. Golić, V. Kosorić, A. K. Furundžić, General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment—Potential energy savings and environmental impact, *Renew Sustain Energy Rev.* 15 (2011) 1533–44.
- [6] E. Giancola, S. Soutullo, R. Olmedo, M. R. Heras, Evaluating rehabilitation of the social housing envelope: Experimental assessment of thermal indoor improvements during actual operating conditions in dry hot climate, a case study, *Energy Build* 75, (2014) 264–71.
- [7] A. Gagliano, F. Nocera, F. Patania, G. Capizzi, A case study of Energy Efficiency Retrofit in social housing units, *Energy Procedia* 42, (2013) 289–98.
- [8] A. Ciutina, D. Dubina, Sustainable thermal retrofitting solutions for multi-storey residential buildings. *Life-Cycle and Sustainability of Civil Infrastructure Systems*, (2012) 1753–60.
- [9] A. Ciutina, D. Dubina, Sustainable thermal retrofitting solutions for multi-storey residential buildings. *Life-Cycle and Sustainability of Civil Infrastructure Systems*, (2012) 1753–60.
- [10] F. Bazzocchi, V. Di Naso, S. Ticci, The industrialized buildings in the 70's and 80's in Tuscany: an example of industrialized social-housing in the Florence area, in: *5th International Conference on History of Engineering*, Napoli, 19-20 May, 2014, *Proceedings*, vol.1, 563–574.