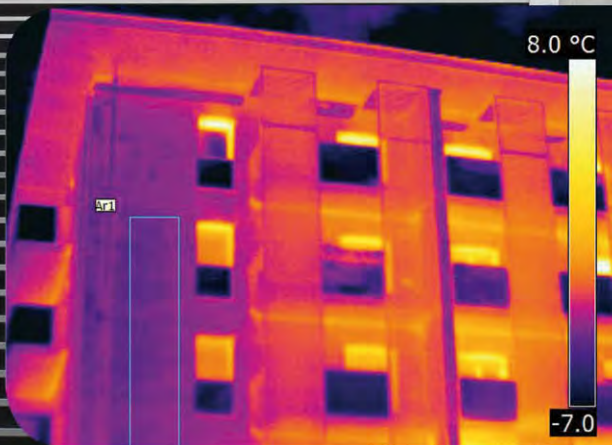


Misurare l'efficienza energetica

**Il monitoraggio energetico in opera
degli edifici e.r.p. di nuova generazione**

a cura di Dimitri Celli e Annapaola Corrias





Misurare l'efficienza energetica

il monitoraggio energetico
in opera degli edifici e.r.p. di
nuova generazione

a cura di Dimitri Celli e Annapaola Corrias

iniziativa editoriale promossa da: **CASA SPA**
 La società di progettazione, realizzazione e gestione del patrimonio di edilizia residenziale pubblica partecipata dai 33 Comuni dell'area fiorentina. Gestisce oltre 12.000 alloggi e.r.p. e attualmente ha in corso di programmazione, progettazione e realizzazione interventi di nuova costruzione, recupero edilizio e manutenzione straordinaria per circa 3.300 alloggi. L'intera attività costruttiva della società è incentrata da tempo su criteri di eco-compatibilità e di efficienza energetica.
 Oltre ottanta alloggi e attrezzature pubbliche, ora ultimate (cinque interventi a Firenze, Calenzano e Sesto Fiorentino) hanno ottenuto il sostegno finanziario della Regione Toscana ex delibera G.R. 227/2007 "Distretti energetici ad altissima efficienza energetica", con la realizzazione di alloggi sociali e attrezzature con un fabbisogno energetico ridotto rispetto al valore limite previsto dalla normativa entrata in vigore nel 2010 (classe A e B, certificazione secondo DM 26/06/2009). Sono in fase di progettazione e di costruzione edifici e.r.p. realizzati in legno, con tecnologia *Xlam*, nell'ambito di interventi di riqualificazione urbana, ad altissima efficienza energetica, *Energia Quasi Zero*, in chiave con la Direttiva Comunitaria 2010/31/CE, incentrati sui principi della ventilazione naturale.

Attività di monitoraggio energetico:

r.u.p.: **Arch. Vincenzo Esposito** Casa S.p.A.

coordinamento: **Ing. Dimitri Celli** Casa S.p.A.

misure in opera e diagnosi energetica: **Ing. Annapaola Corrias**

Le misure sono state effettuate a partire dal gennaio 2011 fino a tutto l'anno 2012.

coordinamento redazionale:
Vincenzo Esposito Casa S.p.A.

progetto grafico
Francesco Carpi Lapi

impaginazione elettronica
 ed elaborazioni grafiche
studio@cartaelapis.it



Casa S.p.A.
 Via Fiesolana 5
 50121 Firenze
 tel. 055.226.241
 fax 055.226.242.69
 info@casaspa.org
 www.casaspa.it



ISBN 978-88-6055-7834
 © copyright 2013 ALINEA EDITRICE s.r.l. - Firenze

tutti i diritti sono riservati:
 nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo
 (compresi fotocopie e microfilms)
 senza il permesso scritto della Casa Editrice

Alinea Editrice
 50144 Firenze, via Pierluigi da Palestrina, 17/19 rosso
 Tel. +39 55/333428 - Fax +39 55/331013
 www.alinea.it - ordini@alinea.it

stampa: **Litografia San Marco**, Firenze
 www.tipografiasanmarco.it



STAMPATO SU CARTA RICICLATA 100%

indice

Presentazioni	
Matteo Renzi <i>sindaco Comune di Firenze</i>	5
Luca Talluri <i>presidente di Casa Spa</i>	7
Enrico Rossi <i>presidente Regione Toscana</i>	9
Progettare, costruire, certificare e poi misurare e verificare	
Vincenzo Esposito	11
Lo scenario della riqualificazione energetica del patrimonio edilizio	
Edoardo Zanchini	17
Il futuro chiede saggezza	
Norbert Lantschner	21
MONITORAGGIO INVERNALE	
Metodologia di lavoro	29
Schede monitoraggio comportamento invernale	
Firenze - Giuncoli	38
Calenzano - Dietropoggio	50
Pontassieve - Mezzana	62
Sesto Fiorentino - PL13	74
Firenze - Ludoteca	86
Consumo effettivo degli alloggi	98
MONITORAGGIO ESTIVO	
Metodologia di lavoro	103
Schede monitoraggio comportamento estivo	
Firenze - Giuncoli	108
Pontassieve - Mezzana	114
Sesto Fiorentino - PL13	118
Confronto con edificio tradizionale	122
Crediti	125



Ambiente e innovazione per la nostra Firenze sostenibile

Matteo Renzi
Sindaco di Firenze

Firenze è città d'arte e di cultura conosciuta e apprezzata a livello internazionale, ma il nostro obiettivo è farne anche una capitale della sostenibilità e dell'innovazione legata all'ambiente. L'approvazione del Piano di azione per l'energia sostenibile, che ha tra gli obiettivi la riduzione del 20% delle emissioni di CO2 entro il 2020, la pedonalizzazione di alcune zone della città, il Piano strutturale 'a volumi zero' e la realizzazione dei nuovi alloggi di edilizia residenziale pubblica secondo i canoni della sostenibilità ambientale e dell'alta efficienza energetica sono solo alcune delle 'azioni' che abbiamo messo in atto per fare di Firenze una città 'green'.

A partire dal 2010 tutti gli edifici Erp ultimati e consegnati agli inquilini sono ad alta efficienza energetica, certificati in Classe A, mentre Casa spa sta lavorando per progettare e costruire abitazioni ad energia quasi zero, in linea con quello che sarà lo standard qualitativo a partire dal 2020 secondo le direttive comunitarie. Sul piano della sostenibilità, i nuovi alloggi di edilizia residenziale pubblica sono realizzati utilizzando un materiale an-

tico reinterpretato secondo modernissime tecnologie, il legno, anche a filiera corta. I 21 appartamenti che sorgeranno nell'area ex Pegna in via Gabriele D'Annunzio e gli 85 che verranno ricostruiti dopo la demolizione dei 64 alloggi in via Torre degli Agli a Novoli saranno in legno e ad altissima efficienza energetica, mentre i 18 alloggi volano in viale Guidoni, montabili e smontabili, ospitano, per la durata dei lavori, parte degli inquilini del complesso di via Torre degli Agli: si tratta di una soluzione abitativa innovativa, utilizzata per la prima volta in Italia, resa possibile grazie a case prefabbricate su tipologia pluripiano, montate in poco più di 60 giorni di lavoro.

Costruire edifici secondo criteri all'insegna del rispetto dell'ambiente è fondamentale, ma è altrettanto importante avere la certezza che ciò che è stato progettato sulla carta venga poi fatto. In questo senso assume un grande valore il monitoraggio energetico dei fabbricati realizzati da Casa spa e questa pubblicazione è la prova che è possibile lavorare con serietà ed efficacia e che si può costruire in maniera sostenibile ed efficiente.



Bassi consumi e ridotte emissioni

le città che vogliamo sono possibili

Luca Talluri
Presidente CASA SpA

Presentare questo volume rappresenta per me un piacevole momento, come quando ci soffermiamo e con distacco proviamo a guardare quanta strada abbiamo percorso rispetto alla sfida che ci siamo posti. Troverete il contributo di amici come Lantschner e Zanchini che sono persone che vivono da anni la sfida alla sostenibilità e persone come il Direttore Generale di Casa spa, l'arch. Esposito, con il quale ho avuto la fortuna di collaborare in questi anni condividendo il lavoro per realizzare un'edilizia che sia il primo tassello del grande capitolo del risparmio energetico, che può diventare davvero la prima fonte di energia rinnovabile, proprio perché l'energia più intelligente è quella non consumata.

L'edilizia quindi assume un ruolo centrale e dimostrare la reale e concreta fattibilità, in particolare nell'edilizia popolare, rappresenta la testimonianza che si può costruire seriamente con comfort abitativo di qualità e alte prestazioni energetiche a basso costo.

Ovviamente la nostra azione si inserisce all'interno delle strategie e delle scelte dei Comuni soci. In particolare l'Amministrazione della città di Firenze, con il Piano Strutturale a "volumi zero", il Piano di azione per l'energia sostenibile e la pedonalizzazione di parti importanti della città, si pone l'obiettivo di diventare una capitale della sostenibilità anche in territori mediterranei così come già altre

città lo stanno facendo in aree più a nord.

"Misurare l'efficienza energetica" quindi diventa non soltanto il risultato di un lavoro svolto, ovvero quello di aver scelto di progettare e costruire il nuovo patrimonio erp secondo l'alta efficienza energetica, la bioclimatica e la bioedilizia ma anche l'occasione per dimostrare che si possono migliorare e/o cambiare alcuni problemi che il sistema delle norme del nostro Paese ha introdotto sulla certificazione energetica degli edifici. E qui sta la sfida di introdurre la verifica strumentale per l'analisi delle prestazioni energetiche dell'edificio realizzato rispetto alla redazione su progetto dell'Attestato di Certificazione Energetica (ACE). Secondo noi questo è un punto centrale se vogliamo che l'ACE medesimo non diventi soltanto un documento come altri per ottenere l'abitabilità o per il mero marketing della vendita dell'edificio con il rischio reale di Attestati non veritieri.

Con l'auspicio che questa strategia possa contribuire allo sviluppo di un'economia vitale legata ad una nuova edilizia, a realizzare una società a basso consumo di energia e di ridotte emissioni di CO₂, invito a sfogliare le pagine di questo volume che viene pubblicato non a caso in occasione del decimo anno di vita di CASA SpA anche se la storia dell'Istituto delle case popolari di Firenze inizia molto prima.



Investire sul risparmio: le buone pratiche offerte ai cittadini

Enrico Rossi

Presidente della Regione Toscana

Risparmiare, tagliare i costi e gli sprechi, sono “buone pratiche” che nell’ultimo periodo rappresentano parole d’ordine che risuonano ovunque.

Ma ogni amministratore lungimirante sa che per risparmiare sul lungo periodo, quasi sempre è necessario prima investire. Questo principio, adattabile a molti contesti, è vero anche per quel che riguarda l’efficienza ed il risparmio energetico nell’edilizia.

La Regione Toscana in questo ha fortemente creduto; negli ultimi anni, tutti i nuovi alloggi Erp finanziati con fondi regionali sono stati progettati e realizzati seguendo specifici criteri di efficienza. Misure utilizzabili sono ad esempio murature di spessore maggiorato, infissi a basso indice di trasmittanza termica,

impianti di riscaldamento e di raffrescamento più efficienti, ecc. Metodi che potranno avere futuro sviluppo, e sicuramente avranno il sostegno della Regione, sono anche quelli relativi all’utilizzo dell’energia geotermica.

Parlare di efficienza energetica può apparire semplice, ma per individuare effettivamente i metodi migliori e valutare il risparmio energetico che questi producono è necessario un lavoro di monitoraggio e analisi delle strutture.

In questo volume sono raccolte tutte le norme e le linee guida secondo cui vengono svolte queste operazioni; uno strumento utile ed efficace del quale auguro a tutti una buona e proficua lettura.



Progettare, costruire, certificare e poi misurare e verificare

Dalla sostenibilità alla responsabilità

Vincenzo Esposito

Direttore Generale di Casa S.p.A.

CASA SpA ha da tempo intrapreso la strada di progettare e costruire il nuovo patrimonio di edilizia residenziale pubblica secondo criteri di bio-edilizia e di alta efficienza energetica, studiando e sperimentando anche nuove tecnologie e materiali innovativi.

Con l'approvazione della nuova direttiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo, pubblicata sulla G.U.C.E. il 18 giugno 2010, in particolare laddove si promuove la costruzione di edifici ad Energia quasi Zero (che diverrà lo standard operativo corrente per gli edifici di nuova costruzione a partire dall'anno 2020), abbiamo ritenuto per quanto ci riguarda sostanzialmente raggiunto l'obiettivo della progettazione e realizzazione di edifici ad alta efficienza energetica, Classe A e B secondo D.M. 26 giugno 2009, potendo così concentrarci sulla messa a punto di progetti prima e di costruzioni poi, in linea con il tema della Zero Energy.

È buona norma, prima di passare ad una fase successiva, avere la certezza di aver consolidato le posizioni acquisite, pertanto gli edifici e.r.p. di nuova generazione (progettati tra il 2007 e il 2009, ultimati e consegnati agli inquilini tra il 2010 e il 2011) sono stati oggetto di una campagna di misurazione in opera, con l'ausilio di apposita strumentazione, delle effettive prestazioni energetiche, a conferma (o smentita) dei risultati dell'attestato di certificazione energetica.

In una situazione (del Paese in generale e della Toscana in particolare) dove non sono previsti stringenti controlli e verifiche sugli attestati di certificazione energetica, consentendo così il "festival della declamazione dei risultati mirabolanti" (sulla carta ...), già fare la certificazione (ACE - attestazione di certificazione energetica) con serietà e rigore costituisce un dato distintivo. Misurare in opera le prestazioni effettive del fabbricato realizzato, misurare i consumi per riscaldamento e acqua calda

sanitaria degli inquilini, verificare la rispondenza effettiva dell'ACE ai mattoni (o al legno) messi in opera, in sintesi il "monitoraggio" costituisce un esercizio virtuoso, declinato sul versante della serietà, che abbiamo programmaticamente scelto come stile distintivo del nostro operare.

Anche con questa pubblicazione, che vuole divulgare, seppure in sintesi, l'attività svolta, non proponiamo un modello operativo, vogliamo però illustrare con chiarezza il metodo operativo da noi seguito, che è così sintetizzabile:

1. Progettazione integrata di tutti gli aspetti, architettonico, strutturale, energetico, impiantistico, acustico, economico;
2. Valutazione energetica del progetto in regime statico (calcoli secondo UNI/TS 11300);
3. Appalto con procedura di evidenza pubblica, su progetto esecutivo, con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa;
4. Redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica (ACE) da parte di personale indipendente rispetto alla progettazione/realizzazione dell'edificio, secondo la normativa nazionale vigente;
5. Verifiche strumentali in opera per l'analisi delle prestazioni energetiche dell'edificio realizzato (in regime invernale ed estivo).

A conclusione del processo progetto/appalto/costruzione, presentiamo il monitoraggio energetico dell'edificio realizzato per valutare il livello effettivo di efficienza e per controllare se i risultati promessi in fase di progettazione sono stati effettivamente raggiunti.

Il monitoraggio energetico ha anche un secondo obiettivo: "umanizzare" e "far atterrare nella vita reale" il concetto di Attestato di Certificazione Energetica.

L'ACE si identifica con una serie di simulazioni del sistema edificio-impianto, necessarie per la previsione del fabbisogno energetico in condizioni standard. Nella realtà un edificio però ha dei consumi reali non dei fabbisogni. Le prestazioni reali del fabbricato dipendono dalle caratteristiche del sistema edificio-impianto e da tutte quelle variabili, difficilmente prevedibili, come il clima, il comportamento dell'utenza e la manutenzione degli impianti. Ecco quindi l'ulteriore utilità del monitoraggio energetico, quella di verificare i dati reali di consumo, in modo da poterli confrontare con quelli teorici risultanti dai calcoli di progetto, partendo da una serie di misurazioni strumentali che per il fatto di essere eseguite in opera, dal vero, ci restituiscono appunto la realtà.

L'intento è quello di comparare il grado di rispondenza tra quanto certificato per un utilizzo standard e l'utilizzo effettivo, considerando una stagione termica reale e degli utenti reali che in quanto tali potrebbero non avere alcuna predisposizione al risparmio energetico (situazione che si verifica frequentemente ...).

I principali fattori che influenzano il consumo energetico di un edificio sono il clima esterno, le caratteristiche dell'involucro, le caratteristiche e la gestione che l'utente fa degli impianti, le attese di benessere e il comportamento dell'utenza.

Il clima esterno è normalizzabile attraverso l'utilizzo del "grado giorno" definito come "la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera". Le caratteristiche dell'involucro sono note e le prestazioni del medesimo vengono misurate con esattezza con l'ausilio di apposita strumentazione. Quindi una volta fissati e

misurati il clima esterno e le caratteristiche dell'involucro, e avuta la conferma (o meno) della bontà di ciò che è stato realizzato, è possibile ed è necessario confrontarsi con il vero e proprio mondo delle attese di benessere abitativo da parte degli inquilini e con la gestione che l'utente fa degli impianti, in una parola, con la sua cultura dell'abitare.

Non rivelo un segreto se riferisco che abbiamo ricevuto sollecitazioni a tornare ad edifici cosiddetti "normali", con impianti di riscaldamento singoli, con i suoi bravi radiatori (che si possono abbracciare in caso di sensazione di freddo ...) e senza richiedere (pretendere ...) nessuna innovazione nella cultura abitativa corrente. È vero, è una dura battaglia contro l'abitudine dello spegnere e riaccendere il riscaldamento all'uscita e al rientro in casa, anche quando l'impianto è a pavimento ed è basato sulla bassa temperatura del fluido e su tempi di inerzia termica che richiedono il funzionamento continuo. È ancora più dura convincere gli utenti a regolare il termostato sui 20°C, al massimo 21°C e non a 24/25°C (non è una esagerazione dialettica, è la realtà che verificiamo frequentemente). Quindi l'ottenere modalità adeguate di conduzione degli impianti da parte degli inquilini è una battaglia da continuare e da vincere. Ma un ritorno al passato, con comode scorciatoie, non è possibile e in tutta sincerità penso che l'utilizzo della domotica in remoto, con l'impostazione di standard di comfort di base senza lasciare agli utenti che minime possibilità di modifica del regime di funzionamento degli impianti, sia un tema all'ordine del giorno. Ho detto in precedenza che il monitoraggio energetico è una verifica della rispondenza del fabbricato costruito e abitato alle specifiche di progetto e all'ACE. Ebbene, se verifica è, questa deve essere accettata sia quando è positiva che quando mette in luce errori o comunque scelte di progetto e di materiali che possono e

devono venire corrette e migliorati. Nella pubblicazione degli esiti del monitoraggio diamo conto con gioia dei risultati positivi ma anche delle situazioni dove abbiamo avuto riscontri non in linea con le attese di progetto. Dagli errori si impara e il riconoscerli, anzi in questo caso averli misurati, è già una parte del cammino necessario per migliorare la progettazione futura o per scegliere materiali o modalità per la loro messa in opera diversi e più adeguati.

Il monitoraggio è stato esteso, per alcuni degli edifici, anche ai temi della prestazione dell'involucro in regime estivo. Oggi si va via via acquisendo, nella normativa vigente, la necessità di valutare anche i consumi per il raffrescamento. Nell'area Fiorentina, per rimanere allo specifico del territorio entro il quale opera CASA SpA, il comportamento del fabbricato in regime estivo assume importanza non minore del comportamento invernale. Risultano pertanto assai utili e significative le misure della temperatura e dell'umidità interna ed esterna e delle temperature superficiali interne ed esterne delle pareti perimetrali che sono state eseguite in alcuni degli edifici realizzati.

Il capitolo del libro dedicato al raffrescamento estivo approfondisce in maniera esaustiva il tema, ma a me preme ritornare, anche a proposito del raffrescamento estivo, sul concetto di benessere atteso dagli inquilini dell'edilizia residenziale pubblica. Con una battuta potrei dire che la cultura del "pinguino", inteso come dispositivo portatile per produrre aria fredda, ci ha rovinati! Il raffrescamento che possiamo permetterci e che dovremmo perseguire negli alloggi (a maggior ragione di e.r.p.) non è quello, artificiale, dei centri commerciali. I nuovi edifici ad alta efficienza energetica devono cioè garantire, attraverso l'efficienza dell'involucro e mediante l'adozione di dispositivi in facciata utili per tenere l'edificio ombreggiato durante i mesi estivi, temperature

negli ambienti “mediamente” non superiori a 26°C. È necessario concentrarsi sul “mediamente”: non ha senso inseguire il picco di calore quando cioè la temperatura dell’ambiente esterno, per un periodo limitato di tempo (questo ci dicono le rilevazioni statistiche) sale oltre i 38°C e dimensionare gli involucri e gli apparati (impianti compresi) per contrastare tali picchi. Allo stesso modo non ha senso pretendere negli ambienti domestici l’effetto aria fredda che si può “godere” nei centri commerciali e nell’autovettura con il condizionatore acceso “a palla”. Quando il fabbricato è stato progettato (e coerentemente realizzato) per garantire uno sfasamento (cioè la capacità di ritardare l’effetto del flusso termico proveniente dall’esterno) di almeno 8 ore e una attenuazione (cioè la capacità di ridurre l’entità del flusso termico di 10/11°C) il risultato ottenuto è più che buono (e se in qualche torrida giornata di luglio/agosto sudiamo un po’, ci può stare!). Lo standard del raffrescamento estivo negli alloggi di e.r.p. è stato introdotto solo recentemente, in particolare in quegli alloggi che, ad esempio, per essere serviti da un impianto di cogenerazione, hanno usufruito di un impianto caldo/freddo. Ebbene, anche in questo caso il confronto con l’utenza è stato problematico e non rivelo un segreto se riferisco che la ritardata (di pochi giorni) commutazione dell’impianto da caldo a freddo in un edificio appena consegnato ci è valsa la minaccia di “chiamare i carabinieri”, a conferma, una volta di più, del grado di attesa, anzi di pretesa, del benessere abitativo legato al raffrescamento. Alta efficienza energetica, tecnologia, impianti evoluti, case in Classe A, anzi in Classe A+ e poi Energy Zero Building, e chi più ne

ha più ne metta. Sono i criteri utilizzati da Casa Spa, ma a volte, dopo aver progettato, appaltato, costruito, monitorato, misurato, confrontato e infine riflettuto su quanto i nuovi alloggi ad alta efficienza energetica siano graditi e utilizzati al meglio delle loro potenzialità dall’utenza, verrebbe voglia di poter contare su un po’ di sano buonsenso. Appare evidente infatti che quello che spesso manca è la misura, la capacità di commisurare i nostri desideri alle possibilità concrete e al prezzo da pagare, in termini complessivi, non solo monetari, per dare loro soddisfazione. La sintesi migliore di queste riflessioni è contenuta nelle parole di un utente particolare, Heiner Oberrauch Presidente del gruppo OberAlp e committente della nuova sede della Salewa, pronunciate per rispondere alla domanda dell’intervistatore della rivista CASAClima: *“Io credo che la parola “sostenibilità” sia diventata troppo di moda. Per questo io parlo più volentieri di Responsabilità. Dobbiamo essere sinceri: per me non ha senso parlare di sostenibilità se anche io non posso “limitarmi”, dare il mio contributo. In questi dieci giorni estivi in cui a Bolzano si arriva a 35 gradi di temperatura esterna non avrò un clima interno di 22-23 gradi, ma negli uffici arriverò probabilmente a 27 gradi. Non sarà la temperatura ideale, ma d’altro canto non trovo sostenibile che per eliminare questa punta di calore io debba investire un 30 o un 40% dell’energia totale impiegata; se vedo il bilancio energetico questo è un non-sense. ... Credo inoltre che per l’essere umano sia di fondamentale importanza sentire l’estate ma anche l’inverno all’interno degli edifici”*. Sintesi perfetta! Niente altro da aggiungere.





Lo scenario della riqualificazione energetica del patrimonio edilizio

Edoardo Zanchini
Vicepresidente Legambiente

Possiamo dirlo, si è chiusa una fase di dibattito sui temi energetici. Oramai è patrimonio diffuso la consapevolezza di quanto sia importante cambiare modello per combattere i cambiamenti climatici, ridurre l'inquinamento e la spesa delle famiglie. Ma tutto questo non basta, si devono ancora percorrere diversi passi per riuscire a rendere concretamente possibile un'alternativa incentrata sull'efficienza energetica e le fonti rinnovabili. In questa sfida l'edilizia svolge un ruolo centrale, anche per la drammatica crisi che sta vivendo il settore delle costruzioni con centinaia di migliaia di posti di lavoro persi negli ultimi anni. La prospettiva è quella di riuscire attraverso la chiave dell'energia a porre al centro dell'attenzione la riqualificazione degli edifici in cui viviamo e lavoriamo per renderli, oltre che meno energivori, più belli, ospitali, salubri. A rafforzare questa ipotesi c'è la spinta che su questo tema hanno impresso le direttive europee a partire dal 2002, con indicazioni sempre più chiare per quanto riguarda le prestazioni degli edifici

e la certificazione dei fabbisogni per il riscaldamento, fino a un orizzonte di svolta "epocale" come quella prevista al primo gennaio 2021 per cui, da quella data, sarà possibile costruire nuovi edifici solo se "neutrali" dal punto di vista energetico, ossia capaci di garantire prestazioni dell'involucro tali da permettere di fare a meno di apporti per il riscaldamento e il raffrescamento, oppure di riuscire a soddisfarli attraverso fonti rinnovabili. Anche se tra i costruttori ancora qualcuno ci spera, questa volta non finirà come per la Legge 10/1991, la cui fallimentare applicazione è la ragione di molti dei ritardi del nostro Paese in questo settore. La ragione è semplice. L'Unione Europea vigilerà sull'attuazione delle direttive con verifiche continue e procedure di infrazione per l'applicazione di ogni singola questione, come ha già fatto in questi anni nei confronti del Governo italiano. E allora occorre mettere in moto questo cambiamento, e l'esperienza che sta portando avanti Casa Spa nell'area fiorentina è di grande importanza perché

ne dimostra la concreta fattibilità, andando a verificarne risultati e prestazioni. Abbiamo bisogno di diffondere storie di successo come queste, di approfondirne pregi e problemi riscontrati, perché questa direzione di cambiamento mette in gioco e responsabilizza tutti gli attori: dalla pubblica amministrazione agli imprenditori edili, dai progettisti ai cittadini, ma anche l'ambientalismo che per anni ha indicato questa strada. Legambiente sta portando il suo contributo attraverso campagne e iniziative che vogliono chiarire e aiutare questa prospettiva. Siamo infatti convinti che dentro la crisi economica queste scelte diventino ancora più urgenti e si debbano assolutamente allargare da una nicchia di interventi sperimentali, spesso tecnologicamente troppo ambiziosi e costosi. È dentro il progetto edilizio la risposta principale al tema del risparmio energetico e può essere a prezzi accessibili per tutti, è per questo che risulta importante raccontare quanto sta succedendo "dal basso", nei Comuni italiani. Ad esempio sono oltre mille i Regolamenti Edilizi approvati in Comuni italiani - analizzati attraverso il Rapporto ONRE realizzato in collaborazione con il Cresme - nei quali si è intervenuti per introdurre nuovi criteri e obiettivi energetico-ambientali rispetto alla normativa in vigore. Sono esperienze che coinvolgono territori dove complessivamente vivono oltre 21 milioni di persone in un processo che accomuna grandi città e piccoli Comuni. Ed è interessante sottolineare come crescano, anno dopo anno, non solo il numero dei regolamenti modificati ma anche i temi affrontati, e che ormai le esperienze riguardino tutte le aree del nostro Paese, con almeno un Regolamento Edilizio innovativo in tutte le Regioni italiane. L'interesse dei regolamenti sta nel fatto che rappresentano uno snodo fondamentale del processo edilizio, perché qui convergono aspetti tecnici e procedurali, attenzioni e interessi, e si incrociano le competenze in materia di urbanistica, edilizia ed energia, di Stato,

Regioni e Comuni. Queste esperienze dimostrano che oggi non vi sono più scuse per rendere questo tipo di interventi obbligatorio in ogni trasformazione, aiutando le famiglie a spendere meno e a vivere in case più belle e salubri. Ed è interessante evidenziare il ventaglio dei temi affrontati per migliorare il modo di progettare e costruire: isolamento termico di pareti, tetti, serramenti, utilizzo di fonti rinnovabili, tecnologie per l'efficienza energetica, orientamento e schermatura dal sole, utilizzo di materiali da costruzione locali e riciclabili, risparmio idrico e recupero delle acque meteoriche e grigie, isolamento acustico, permeabilità dei suoli e attenzione all'effetto isola di calore, ventilazione meccanica. In questo processo di innovazione del settore edilizio due temi si evidenziano come prioritari. Il primo riguarda l'esigenza di un significativo investimento in competenze, ricerca e formazione. Perché questo tipo di interventi ha bisogno di più lavoro e, soprattutto, meglio qualificato. L'approccio proposto dalle direttive europee punta infatti su obiettivi prestazionali da garantire nelle abitazioni, significa che gli edifici dovranno essere pensati, progettati e costruiti per raggiungere precisi e certificati risultati quantitativi rispetto ai fabbisogni di riscaldamento e di raffrescamento. L'aspetto interessante è che non si spinge un approccio o una tecnologia, al contrario si apre lo spazio a una grande libertà di soluzioni per raggiungere i risultati stabiliti e che dunque potranno valorizzare al meglio l'apporto delle risorse naturali con il più efficace mix di soluzioni progettuali, impiantistiche, tecnologiche, di isolamento delle pareti. Il cambiamento è enorme rispetto alle pratiche diffuse in molte realtà italiane, per cui il gap si potrà colmare solo attraverso una attenta strategia di informazione e formazione, oltre che di approfondimento e chiarimento normativo nei diversi territori, per accompagnare la crescita delle competenze, la sperimentazione e la definizione di protocolli e regole certe.

Il secondo campo di ragionamenti riguarda invece una sfida complessa come quella della riqualificazione del patrimonio edilizio costruito nel secondo dopoguerra. Complessivamente si può stimare che tre quarti degli edifici in Italia siano stati costruiti tra il 1946 e il 1991, e il 30% sia in condizioni pessime o mediocri. Un'analisi termografica effettuata da Legambiente nell'ambito della campagna "Tutti in classe A" (il rapporto si può scaricare dal sito legambiente.it) su edifici ad uso residenziale e direzionale, costruiti fra gli anni cinquanta e i primi anni novanta, mostra problemi e difetti rilevanti, dovuti a materiali scadenti e alla limitata attenzione al risparmio energetico. In alcuni casi, il deterioramento dei materiali e l'assenza di manutenzione dei fabbricati e degli impianti vanno ad accentuare i problemi di inerzia termica degli involucri, con ponti termici che delineano con precisione i telai portanti delle strutture, i caloriferi interni sottostanti le finestre e i collettori montanti degli impianti per il riscaldamento invernale. Le conseguenze le pagano, ovviamente, le famiglie che abitano in quelle case costrette non solo a soffrire caldo nei mesi estivi e il freddo in quelli invernali, ma anche a pagare costose bollette per il funzionamento degli impianti di riscaldamento e raffrescamento. Qui si apre una questione politica, perché con gli strumenti attualmente in vigore la prospettiva di una diffusa riqualificazione è sostanzialmente impossibile. Da un lato per ragioni economiche, le detrazioni fiscali del 55% terminano infatti a giugno e comunque sono inaccessibili per famiglie con redditi bassi, ne possono beneficiare enti pubblici, cooperative o imprese. Considerando che larga parte del patrimonio edilizio dove è più urgente intervenire è costituito da condomini pubblici e privati è evidente che ci troviamo di fronte a una barriera quasi insormontabile. Per questo occorre immaginare e poi introdurre nuovi strumenti, capaci di mettere in moto una partnership tra Esco e imprese delle costru-

zioni che si candidano a realizzare questi interventi attraverso forme di finanziamento innovative (viste le difficoltà delle famiglie), a fronte di risultati certificati di riduzione dei consumi energetici delle abitazioni. Ma un'altra ragione di preoccupazione sta anche nei problemi che ancora sconta la certificazione energetica delle abitazioni, che ancora risulta uno strumento poco noto, in alcuni casi sabotato dagli stessi operatori e spesso persino inaffidabile. Rendere la certificazione energetica una procedura credibile è una priorità che va nell'interesse dei cittadini, che hanno il diritto di sapere come è stato progettato e costruito l'appartamento nel quale dovranno vivere e per il quale, spesso, impegnano larga parte dei propri stipendi. Per queste ragioni occorre introdurre regole omogenee in tutta Italia per la certificazione e, soprattutto, controlli sugli edifici e sanzioni per chi non rispetta le regole per la progettazione, costruzione, certificazione. Attualmente controlli sulle certificazioni sono effettuati su tutti gli edifici solo a Trento e Bolzano. In parallelo occorre legare assieme certificazione e incentivi per le ristrutturazioni, in modo da garantire il miglioramento della classe energetica di appartenenza degli alloggi, con incentivi in funzione del "salto" effettuato (ad esempio passando dalla E alla C, dalla D alla B o alla C, e per chi raggiunge la A). Esempi come quelli realizzati da Casa Spa a Firenze, in alloggi di edilizia residenziale pubblica, sono importantissimi per raccontare i risultati che si possono raggiungere e le valutazioni degli stessi inquilini. Dimostra, infatti, che oggi è possibile realizzare edifici con buone prestazioni energetiche e livelli di comfort, con prezzi da alloggi sociali, e rafforza l'idea che sia questa la strada da seguire anche per dare risposta al tema della casa in Italia chiudendo finalmente le porte al consumo di suolo e alle speculazioni e aprendo le porte a una nuova stagione di riqualificazione e messa in sicurezza dell'edilizia italiana.



Il futuro chiede saggezza

Partecipare e contribuire per un futuro più sostenibile

Norbert Lantschner
Presidente della fondazione ClimAbita

La distruzione delle risorse petrolifere e materie prime, il progredire del riscaldamento globale, la perdita rapida della biodiversità e il continuo degradare degli ecosistemi come anche la disuguaglianza sociale sono innegabili segnali di profonda insostenibilità dei nostri comportamenti. Anche la minaccia della crisi economica finanziaria è espressione d'insostenibilità.

Come rispondere a queste sfide? Imparare un impiego intelligente, che significa un uso "leggero" di tutte le risorse rispettando i limiti della crescita e della rigenerazione della biosfera. Serve anche una riflessione sulle vere esigenze individuali e collettive che guidano la nostra vita. Saggezza vuole dire di lasciarsi guidare dall'efficienza e dalla sufficienza.

ALLA SOGLIA DI UNA NUOVA ERA

Vent'anni fa, nel corso del Vertice della Terra a Rio de Janeiro nel 1992, al pubblico mondiale furono mostrate in modo ine-

quivocabile le conseguenze che avrebbero avuto sull'uomo e sull'ambiente il crescente sfruttamento delle risorse, il velocissimo incremento delle emissioni di gas a effetto serra e l'inquinamento in costante crescita degli ecosistemi mondiali.

Le ultime statistiche dimostrano che queste minacce hanno raggiunto una dimensione preoccupante. Il costante aumento della popolazione mondiale con una fame insaziabile di risorse e il crescente divario fra ricchi e poveri impongono di agire rapidamente per tentare di trovare un equilibrio tra ambiente, economia ed equità sociale.

Le priorità delle azioni si concentrano nei temi "energia" e "clima". Le risposte che sviluppiamo a quelle sfide decideranno il nostro futuro. Le energie fossili si stanno inevitabilmente esaurendo e le conseguenze del loro sfruttamento saranno devastanti per il clima terrestre. Per questo la tutela del clima è anche un imperativo di ragione economica.

EMERGENZA ENERGIA

Per produrre la quantità di petrolio, che oggi sul pianeta stiamo consumando in una sola giornata, la natura ha impiegato 500.000 giorni. Sul fronte energia l'analisi della situazione espressa in domanda e offerta, senza dubbi, si può definire critica. Nell'estate 2008 il barile di petrolio ha toccato la soglia dei 150 dollari. Negli ultimi cinquanta anni l'aumento del prezzo del petrolio ha raggiunto circa il 6.000%, mentre gli stipendi hanno subito un aumento intorno al 200%. Non servono esperti per capire che stiamo programmando in modo sistematico l'incremento della povertà. Ogni rincaro dell'energia implica un impoverimento della popolazione. Questo vale anche per gli stati come l'Italia che, per coprire il proprio fabbisogno energetico, dipendono quasi esclusivamente dalle importazioni. Il denaro speso per l'acquisto di petrolio, gas o carbone finisce all'estero, ciò significa che regaliamo giorno per giorno parte della nostra ricchezza e del nostro benessere.

EMERGENZA CLIMA

Scaricando nell'atmosfera immensi quantitativi di gas climalteranti l'uomo è stato in grado di modificare la composizione naturale dell'aria. Così l'uso massiccio di carbone, petrolio e gas ha fatto scattare il più grande esperimento della storia da quando c'è l'uomo sulla terra: il cambiamento climatico. Conosciamo da anni i rischi che derivano dal surriscaldamento, sappiamo che dobbiamo intervenire a mitigare questo processo ma ogni anno le Nazioni Unite ci informano sui nuovi record di emissioni di gas a effetto serra. Ogni giorno finiscono per aria circa 100 milioni di tonnellate di CO₂. Così l'anidride carbonica è diventato il più importante rifiuto invisibile e inodore che stiamo producendo. Da tutte le zone del pianeta arrivano innumerevoli segnali che evidenziano la gravità

della situazione. Non mancano informazioni che si occupano di dare voce al timore degli scienziati o alle azioni d'allarme degli ambientalisti, voci critiche si levano dai rappresentanti del mondo economico, come le grandi compagnie di assicurazione, o dalla banca mondiale. Il cambiamento climatico non è solo un problema ambientale ma economico e sociale. Malgrado questo, negli ultimi vent'anni, le emissioni di CO₂ sono cresciute quasi del 50%.

L'EDILIZIA IN TRASFORMAZIONE

Gli edifici dissipano circa la metà dell'energia globale, anche in Europa sono le case che consumano circa il 40 per cento dell'energia e a loro viene attribuito un terzo delle emissioni di CO₂. Per questo l'Unione Europea ha individuato l'edilizia come settore chiave per la crescita intelligente e sostenibile. Una serie di direttive hanno l'obiettivo di rendere gli edifici energeticamente sempre più efficienti. Tecnologie, sistemi e materiali per costruire o risanare abitazioni con migliore performance di comfort e di risparmio energetico sono da parecchio tempo disponibili: è ora di applicarli. Trasformare con successo il mondo delle costruzioni per renderlo più ecocompatibile dipende dalla partecipazione di tutti gli attori coinvolti nell'edilizia, dove in primo piano deve stare l'abitante.

IL NUOVO ABITARE

L'energia più intelligente è l'energia non consumata. Questo principio deve essere la base di un nuovo modo di progettare e costruire le nostre case. La progettazione integrata permette sin dall'inizio di implementare il Know How dell'efficienza energetica e della bioclimatica. L'orientamento, la geometria e la zonizzazione incidono sui futuri consumi, ma è soprattutto la qualità dell'involucro che determina quanta energia deve essere utilizzata per avere un adeguato confort in tutte le stagioni dell'anno. Il grado

di coibentazione delle pareti e delle coperture, così come l'assenza di ponti termici e la tenuta all'aria permette di minimizzare il consumo di energia e di aumentare il benessere abitativo. A questi obiettivi contribuisce anche la scelta impiantistica cioè la produzione, distribuzione e regolazione dell'energia.

È necessario non solo un'attenta progettazione ma anche un'accurata esecuzione dei lavori per raggiungere l'obiettivo finale di un'abitazione dove si vive bene e si spende poco per la gestione. Solo con imprese e maestranze qualificate si ottengono questi risultati e solo una casa con alta efficienza energetica contribuisce alla protezione dell'ambiente e del clima.

Alla fine però dopo un investimento in progetto e manodopera non va dimenticato che il bilancio energetico finale di una casa dipende notevolmente dai comportamenti dei singoli abitanti.

Il monitoraggio dei consumi energetici può dare una mano a ottimizzare processi e comportamenti, perché permette, con l'analisi delle prestazioni e dei consumi, di modificare quei punti che sono responsabili di inutili sprechi di risorse.

La strada verso un uso intelligente dell'energia passa dall'informazione, al sapere e al fare.

VERSO UN FUTURO SOSTENIBILE - SOCIETÀ 2000 WATT

Il benessere del singolo e della società si deve basare sull'utilizzo sostenibile ed equo delle risorse. Un fabbisogno di energia intelligente rende accessibile lo standard di vita dei paesi industrializzati a tutte le regioni della terra e limita il cambiamento climatico. La *società 2000 Watt* è un percorso che porta alla riduzione di circa due terzi dell'attuale consumo di energia intervenendo in tutti i settori: edilizia, mobilità, alimentazione, rifiuti e infrastrutture. È un percorso ambizioso ma fattibile e necessario da intraprendere al più presto.

COMINCIARE SUBITO

Attualmente lo stile di vita dei cittadini europei necessita di una potenza media continua e di circa 6000 Watt per persona, che corrisponde a 15 litri di gasolio giornalieri pro capite. 2000 Watt di potenza continua per persona sono sufficienti per garantire uno standard di benessere a livello mondiale senza danneggiare clima e ambiente. È quindi di assoluta priorità ridurre drasticamente l'uso di energia fossile, operando innanzi tutto con gli strumenti dell'efficienza e della sufficienza.

Società 2000 Watt è una metafora per uno stile di vita nuovo, che ha bisogno di minori risorse e minore energia; ciò significa gestire il benessere scegliendo un percorso che consenta, entro il 2050, di raggiungere principalmente due obiettivi:

- riduzione del fabbisogno di energia primaria a 2000 Watt di potenza continua pro capite
- riduzione delle emissioni di gas serra a 1 tonnellata CO₂-equivalente per persona.

TU SEI IL CAMBIAMENTO

Il primo settore attraversato da questo cambiamento è l'edilizia. La casa del futuro è quella che consuma quasi zero e che si trasforma in casa attiva utilizzando l'energia rinnovabile. Con apparecchi domestici energeticamente efficienti, con il recupero del calore residuo ed utilizzando concetti energetici intelligenti si possono diminuire fortemente gli sprechi energetici.

La vera sfida però sta principalmente nel recupero del patrimonio edilizio costruito nel dopo guerra. Oggi conosciamo e abbiamo a disposizione le tecnologie, i sistemi e i materiali che ci permetteranno di ridurre il consumo di energia e di limitare la dipendenza energetica. Ciò che serve sono un quadro di misure e di azioni che permettano di superare gli ostacoli che oggi frenano il rino-

vo dell'edilizia. Serve una "Roadmap" che descriva le azioni e i tempi per riqualificare e risanare le nostre case e le nostre città.

VIVERE LA RESPONSABILITÀ

Per arrivare alla società 2000 Watt servono notevoli impegni anche negli altri settori che determinano l'attuale consumo di energia e le emissioni di gas climalteranti: un insieme di azioni guidate dall'efficienza, dal risparmio e dall'uso razionale delle risorse. Il programma delle attività e delle azioni che porta alla concre-

tizzazione della *società 2000 Watt* dovrà essere verificato periodicamente, per accertare se sia in linea con obiettivi e tempi di attuazione, in modo tale da garantire di entrare nella nuova era solare entro il 2050.

L'impegno di Casa SpA Firenze da tempo incentrato su criteri di efficienza energetica e di eco-compatibilità va nella giusta direzione per contribuire a realizzare una società a basso consumo di energia e di ridotte emissioni di CO₂.



monitoraggio
energetico
in regime
invernale

Metodologia di lavoro

La metodologia di lavoro utilizzata nell'attività di diagnosi energetica degli edifici sottoposti ad analisi si è articolata secondo il seguente percorso.

Il primo passo è stato quello di valutare sperimentalmente quale fosse l'effettiva trasmittanza delle pareti perimetrali disperdenti per poterla confrontare con i valori di progetto. L'analisi strumentale è stata effettuata tramite uno strumento denominato termoflussimetro che consente di misurare la quantità di calore che viene disperso attraverso le pareti dell'edificio.

Successivamente è stata effettuata un'indagine termografica dell'involucro disperdente degli edifici, sia esternamente che internamente. L'analisi strumentale è stata effettuata tramite una speciale telecamera agli infrarossi che analizza il comportamento termico dell'involucro edilizio stesso.

La terza fase ha previsto un monitoraggio costante dei consumi per il riscaldamento. Per gli edifici dotati di contabilizzatori di calore è stato possibile valutare in modo preciso i consumi di ogni appartamento e confrontarli con quelli calcolati in fase di redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica (in seguito denominato ACE).

Nei paragrafi successivi verranno illustrate nel dettaglio le varie

fasi di lavoro che compongono la diagnosi energetica degli edifici analizzati, indicando i principi teorici principali sulle quali si basano.

Misura della trasmittanza in opera

La trasmittanza termica U è definita (UNI EN ISO 6946) come il flusso termico che attraversa un'area unitaria in presenza di una differenza di temperatura di un grado tra ambiente interno " T_i " ed ambiente esterno " T_e ", in condizioni stazionarie.

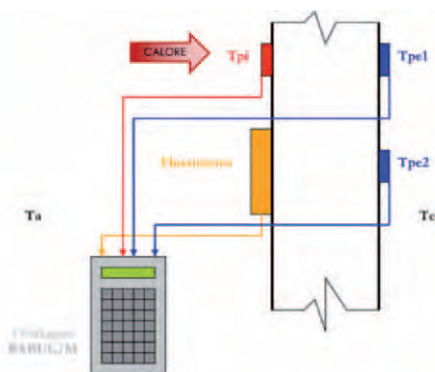
La misura della trasmittanza U permette di conoscere le caratteristiche di conduzione termica delle pareti degli edifici, necessarie per il calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento degli edifici stessi; il valore di trasmittanza U , infatti, si traduce nella determinazione della capacità isolante dei componenti edilizi in maniera inversamente proporzionale alla sua grandezza (tanto minore sarà il valore della trasmittanza termica tanto maggiore sarà la "capacità isolante" del componente edilizio analizzato).

Il termoflussimetro è lo strumento che permette di misurare in maniera "quantitativa", chiara e precisa e senza alcun intervento demolitivo, l'esatto grado di isolamento termico.

Questa tecnica ha consentito di valutare, una volta completata l'indagine termografica e il monitoraggio dei consumi, il reale rendimento energetico degli edifici e la qualità del lavoro eseguito nella realizzazione degli stessi.

La strumentazione (figura 1), conforme alla normativa ISO 9869, si compone di uno strumento di misura data-logger, di una piastra flussimetrica e di 3 o 4 sonde a contatto per la misura delle temperature delle pareti interne (T_{pi}) ed esterne (T_{pe1} e T_{pe2}).

Figura 1



La scelta di un campione significativo di parete caratterizzante tutto l'edificio è essenziale per una corretta valutazione, per cui è stata preliminarmente effettuata un'indagine termografica volta ad individuare porzioni di involucro prive di ponti termici (pilastri, travi...) e in cui la temperatura superficiale si potesse ritenere uniforme. Solo con queste condizioni al contorno è stato possibile individuare dove posizionare i sensori per la misura con termoflussimetro.

Per le misure effettuate sono state scelte pareti esposte a Nord o porzioni di parete ombreggiate durante l'intera giornata, in quanto è necessario evitare che i sensori siano investiti direttamente

dalla radiazione solare.

Le misure sono state effettuate durante il periodo più freddo della stagione invernale in quanto è preferibile che vi siano forti differenze di temperatura fra ambiente interno ed esterno ($\Delta T \geq 10^\circ\text{C}$) per poter ottenere dati più affidabili della trasmittanza della parete, essendo in questo caso i valori di flusso più elevati e il sistema meno sensibile ai disturbi esterni. Per ogni intervento di misurazione verranno indicate nei rispettivi paragrafi le condizioni climatiche dei giorni in cui è stata effettuata la prova, per verificare se tale condizione è stata rispettata.

I tempi di campionamento utilizzati sono stati di 15 minuti con una durata del rilievo che è variata dai 3 ai 7 giorni.

Le misure sono poi state scaricate su PC ed elaborate tramite un apposito software che effettua il calcolo diretto della conduttanza C e dei parametri legati all'isolamento termico.

I dati subiscono una prima elaborazione: per ogni passo temporale, si ricava un unico valore per la temperatura interna dato dalla media dei due valori misurati e, analogamente, uno per la temperatura esterna. Vengono visualizzati i grafici del flusso Φ , delle temperature T_i e T_e e della conduttanza istantanea, data da:

$$C(t) = \frac{\Phi(t)}{T_i(t) - T_e(t)}$$

I dati misurati possono essere elaborati mediante due metodi di analisi:

- metodo delle medie progressive
- metodo black box.

Il metodo delle medie progressive, o media mobile, consiste nel calcolare la conduttanza utilizzando, per ogni istante, anziché i valori istantanei di flusso e temperatura, i valori medi calcolati

IL TERMOFLUSSIMETRO UTILIZZATO

marca	LSI LASTEM
caratteristiche tecniche	MULTILOG/ANALIZZATORE BABUCM A 6 INGRESSI
	SONDA TERMOFLUSSIMETRICA
	N° 3 SONDE TERMOMETRICHE A CONTATTO



su tutti gli istanti precedenti. Questo metodo si addice a periodi di monitoraggio lunghi che garantiscono l'ottenimento di valori medi significativi, inoltre più è alta l'inerzia termica della parete sotto analisi più dovrà essere protratta nel tempo l'acquisizione delle grandezze.

Alternativamente all'uso dei valori medi, è possibile l'adozione dei metodi di identificazione o modelli black-box per elaborare i dati misurati. Queste tecniche di modellazione matematica sono spesso impiegate per caratterizzare il comportamento di sistemi dinamici complessi a partire dalla conoscenza di serie temporali di dati misurati.

Le caratteristiche dei due metodi permettono di scegliere quello più performante a seconda delle condizioni dei dati registrati.

Si possono avere tre casi differenti:

1. il regime che si sviluppa prima e durante la misura è di tipo stazionario e la parete in funzione del suo sfasamento temporale è "andata a regime" (in questo caso è consigliato l'impiego del metodo delle medie progressive)
2. il regime è variabile e la parete ha uno sfasamento temporale

dell'ordine massimo di 10 ore (è possibile impiegare entrambi i metodi)

3 il regime è altamente variabile e/o la parete è caratterizzata da elevati valori di sfasamento temporale (è consigliato l'impiego del metodo black box).

Il caso analizzato, per tutti gli interventi, è quello descritto al punto 3.

È stata quindi calcolata la trasmittanza U dalla conduttanza misurata, aggiungendo il contributo dei coefficienti liminari a_e (liminare esterno) e a_i (liminare interno), tramite la seguente formula:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{a_e} + \frac{1}{C} + \frac{1}{a_i}}$$

Nel caso di flusso termico orizzontale, ossia per pareti verticali, si considerano i valori tabellari indicati nella norma UNI EN ISO 6946:

- coefficiente di adduzione esterno utilizzato (a_e): 25,0 W/m²K
- coefficiente di adduzione interno utilizzato (a_i): 7,7 W/m²K.

La trasmittanza così determinata è stata quindi confrontata con quella calcolata da progetto.

Indagine termografica

Tutti i corpi emettono radiazione elettromagnetica in base alla propria temperatura; dalla misura della radiazione emessa da un corpo può quindi essere ricavata la sua temperatura senza alcun contatto. La termografia sfrutta la capacità di alcuni dispositivi di rivelare l'intensità della radiazione nel campo dell'infrarosso. Nell'approssimazione che un corpo reale sia un perfetto corpo nero, cioè un perfetto emettitore di radiazione, è quindi possibile dedurre la sua temperatura dalla misura della radiazione emessa. In pratica la termocamera rileva la radiazione elettromagnetica emessa da ogni punto dell'oggetto e la rappresenta in un'immagine in livelli di grigio o in una scala convenzionale di colori, visualizzabile a monitor. La termografia infrarossa è quindi una tecnica di misura della temperatura superficiale dei corpi, non invasiva, che avviene per immagini.

La termografia è uno strumento ottimale per mappare le perdite energetiche di un edificio. L'ispezione ad infrarossi (IR) rappre-

senta quindi un efficace mezzo non invasivo per monitorare e diagnosticare le condizioni degli edifici.

Un'ispezione termografica applicata alla diagnosi degli edifici aiuta in generale a:

- visualizzare le perdite energetiche
- rilevare carenze o difetti di isolamento
- identificare la fonte delle perdite d'aria
- individuare l'umidità nell'isolamento, nel tetto e nei muri, sia interni che esterni
- individuare i ponti termici
- rilevare difetti di costruzione
- individuare i guasti nel sistema di riscaldamento radiante a pavimento.

Gli edifici oggetto di diagnosi energetica sono stati sottoposti ad un'analisi termografica (secondo la norma UNI EN 13187) per poter verificare il comportamento termico dell'involucro, l'eventuale

LA TERMOCAMERA UTILIZZATA

marca	FLIR
modello	B335
campo visivo (FOV)	25° × 19° / 0,4 m
sensibilità termica/NETD	50 mK
campo spettrale	7,5-13 µm
risoluzione IR	320 × 240 pixel
intervallo di temperatura -20°C a +120°C	Precisione ±2°C
Fotocamera digitale integrata	3,1 Mpixel (2048 × 1536 pixel)



presenza di ponti termici o, infine, piccole anomalie degli elementi costruttivi. L'indagine ha interessato, in particolare, zone di criticità geometrica o legate alla messa in opera.

Per quanto riguarda le criticità geometriche è stata posta particolare attenzione agli angoli e ai punti di innesto delle solette dei balconi con la muratura perimetrale. Per quanto riguarda le eventuali criticità di posa, è stato verificato, dove presente, il rivestimento a cappotto e l'uniformità delle temperature superficiali. È stata svolta un'indagine termografica attiva, ovvero senza alcuna sollecitazione termica esterna, quindi su pareti non colpite da irraggiamento solare.

Per quanto riguarda l'interno degli appartamenti è stata posta particolare attenzione alla posa degli infissi, ai cassonetti per gli avvolgibili e ai possibili ponti termici geometrici in prossimità degli angoli e dei setti all'interno della muratura perimetrale. Le ispezioni interne in genere possono essere più accurate perché beneficiano di un ridotto movimento dell'aria.

Per ogni intervento vengono riportati:

- le immagini termografiche (nel campo dell'infrarosso), effettuate esternamente e, quando possibile, internamente all'edificio
 - le relative scale di temperatura opportunamente tarate
 - le corrispondenti immagini fotografiche reali (nel campo del visibile)
 - l'analisi dei punti, linee ed aree coinvolte da distribuzioni di temperature di interesse
 - l'interpretazione dei dati grafici e numerici.
- I grafici, utilizzati per analizzare la distribuzione delle temperature, sono di due tipi:
- grafico rappresentante la distribuzione percentuale delle tem-

perature su una superficie

- grafico rappresentante la distribuzione delle temperature lungo una linea.

La termografia è in genere più accurata quando viene rilevata una differenza di almeno 10° C tra la temperatura dell'aria interna e quella esterna. Le indagini sono state perciò effettuate durante la stagione invernale. Relativamente alle condizioni ambientali si riporteranno i dati climatici dei giorni in cui è stato effettuato il rilievo termografico.

Monitoraggio dei consumi

Il monitoraggio dei consumi degli edifici oggetto di diagnosi energetica si è svolto nel corso di due stagioni di riscaldamento (2010/2011 e 2011/2012).

Il primo passo è stato rilevare costantemente il consumo attraverso le letture [kWh] dei contatori. Per gli edifici con destinazione d'uso residenziale è stato possibile acquisire dettagliatamente i consumi per ogni singolo alloggio, grazie alla presenza dei contabilizzatori di calore, mentre per l'edificio destinato a ludoteca è stato considerato il consumo totale in m³ di metano.

Successivamente, per poter paragonare i dati relativi al consumo per riscaldamento di diverse stagioni termiche si è proceduto con la standardizzazione dei consumi alle condizioni climatiche esterne a cui ci si riferisce. Per questa operazione è stata utilizzata una grandezza, il "grado giorno" (GG), definita come "la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera".

Per normalizzare il consumo è stata utilizzata la seguente formula:

$$\text{CONSUMO NORMALIZZATO} = \frac{\text{CONSUMO} \times \text{GIORNI DI RIFERIMENTO}^*}{\text{GIORNI REALI}}$$

* Allegato A del DPR 412/93

Non avendo a disposizione i dati climatici dei comuni di Calenzano, Pontassieve e Sesto Fiorentino, è stato necessario procedere utilizzando come termine di paragone i gradi giorno misurati per il Comune di Firenze. La stagione di riscaldamento 2010/2011 ha visto aumentare i gradi giorno per il Comune di Firenze del 4.45% (da 1821 a 1902) rispetto alla tabella A del DPR 412/93. Allo stesso modo si può ipotizzare che l'inverno negli altri due Comuni sia stato proporzionalmente rigido, vista la vicinanza a Firenze, e aumentare i GG da normativa della stessa percentuale.

Per poter confrontare il fabbisogno di energia primaria, degli *Attestati di Certificazione Energetica*, con i consumi dei singoli alloggi, è stato necessario considerare il rendimento dell'impianto di riscaldamento. Per il calcolo dell'energia primaria sono stati introdotti i rendimenti parziali calcolati secondo la UNI TS 11300-2 riportati all'interno della procedura di certificazione ACE (rendimento di generazione η_g , rendimento di distribuzione η_d e rendimento di regolazione η_{rg}).

Per ogni intervento sono stati quindi calcolati:

- il consumo totale, come differenza tra la prima e l'ultima lettura;
- il consumo normalizzato, calcolato in base ai GG reali;
- il consumo di energia primaria, considerando il rendimento teorico medio stagionale dell'impianto termico
- il consumo dell'intero inverno, calcolato partendo dal consumo giornaliero e considerando l'intero periodo di riscaldamento (nei casi in cui non siano stati disponibili i dati dall'inizio della stagione di riscaldamento)

- il consumo per unità di superficie di ogni singolo alloggio
- il consumo medio per unità di superficie dell'intero edificio, partendo dai dati dei singoli alloggi.

Allo stesso tempo, sono state raccolte alcune informazioni tramite interviste agli utenti e sopralluoghi, al fine di poter acquisire maggiori conoscenze su abitudini quotidiane, come ad esempio:

- i periodi di assenza;
- l'impostazione del cronotermostato;
- eventuali problematiche insorte con l'impianto di riscaldamento o l'involucro edilizio
- rilevamento della temperatura e umidità relativa all'interno dell'alloggio puntuali e/o prolungate nel tempo.

Queste informazioni sono state catalogate in schede, suddivise per appartamento, e contenenti:

- comportamento degli occupanti
- gestione dell'impianto
- eventuali rilievi termoigrometrici
- prestazione energetiche dell'appartamento
- criticità rilevate.

Sono stati calcolati, inoltre, il consumo effettivo e il consumo normalizzato per mq annuo e confrontati con il consumo previsto in fase di redazione dell'attestato di certificazione energetica.

Parallelamente, sono stati svolti dei sopralluoghi allo scopo di monitorare, quando possibile, le temperature e l'umidità relativa interne agli alloggi. In alcuni casi è stato possibile collocare un termoigrometro con funzione di datalogger per registrare le informazioni nell'arco delle 24 ore e per più giorni.

L'USB DATALOGGER UTILIZZATO

marca	EXTECH	
modello	RHT10	
Temperatura dell'aria	da -40 a 70°C	accuratezza ± 1°C
Misurazione umidità	da 0 a 100%	accuratezza ±3%
Intervallo di memorizzazione	da 1 sec a 24 ore	
Memoria	16000 letture per ogni parametro (32000 totali)	



IL TERMOIGROMETRO UTILIZZATO

marca	EXTECH	
modello	M0297	
Misurazione umidità	da 0 a 10%	accuratezza ± 3%RH
	da 11 a 90%	accuratezza ±2,5RH
	da 91 a 100%	accuratezza ± 3%RH
Temperatura dell'aria	da -29 a 77°C	accuratezza ± 2,0°C
	da -20 a -1°C	accuratezza ± 4,5°C
Temperatura IR	0°C	accuratezza ± 1°C
	da 1 a 200°C	accuratezza ± 3,5°C o 4,5°C
Memoria	16.000 lettere per ogni parametro (32.000 totali)	



schede

Firenze, località Giuncoli

20 alloggi + servizi di quartiere, via Canova 116/19



L'edificio è stato inaugurato il 9 dicembre 2010.

È costituito da 20 alloggi, quattro a piano, affacciati su un unico vano scala centrale. La tipologia è "a torre". Il piano terra ospita un Centro diurno per disabili, con superficie pari a 450 mq, oltre a sei cantine di uso privato, mentre il piano interrato è adibito a garage e locali tecnici; all'esterno sono disponibili aree private ad uso pubblico. La superficie utile totale è pari a 1571 mq. Nel sottotetto dell'edificio, con accesso direttamente dal vano scale tramite filtro areato, è presente la centrale termica per la produzione di acqua calda ad uso riscaldamento e sanitario.

La copertura è del tipo a falda e l'accesso alla stessa si effettua dal locale tecnico nel sottotetto; sulla copertura è installato un impianto solare per la produzione di acqua calda sanitaria e un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica ad uso condominiale.

Le scelte progettuali – compositive significative sono:

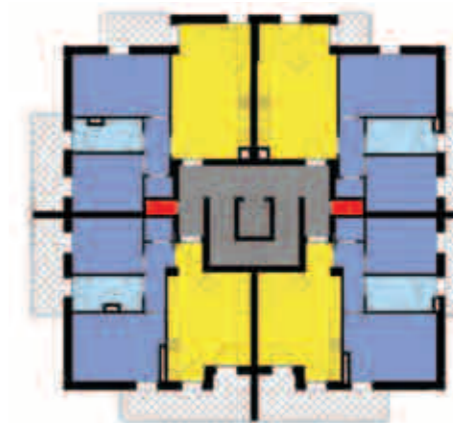
- adozione di criteri bioclimatici ed ecosostenibili
- massima illuminazione naturale;
- distribuzione interna verticale realizzata tramite un corpo scala centrale
- alloggi con doppio affaccio;
- protezione dei prospetti con aggetto della copertura;
- uso di logge con protezione dall'irraggiamento tramite brise-soleil;
- utilizzo di colori chiari delle pareti per aumentare l'albedo (coefficiente di riflessione di una superficie)



INQUADRAMENTO DEL LOTTO



PLANIMETRIA GENERALE DELL'INTEVENTO



- ZONA GIORNO
- ZONA NOTTE
- SERVIZI IGIENICI
- CANALE DI VENTILAZIONE

PLANIMETRIA DEL PIANO TIPO DELL'EDIFICIO

L'involucro edilizio

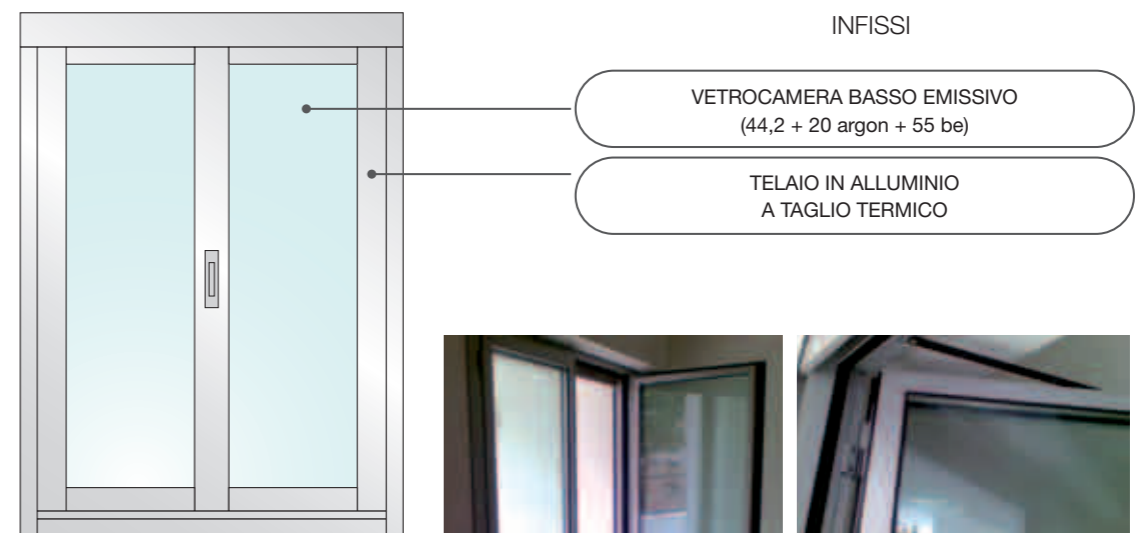
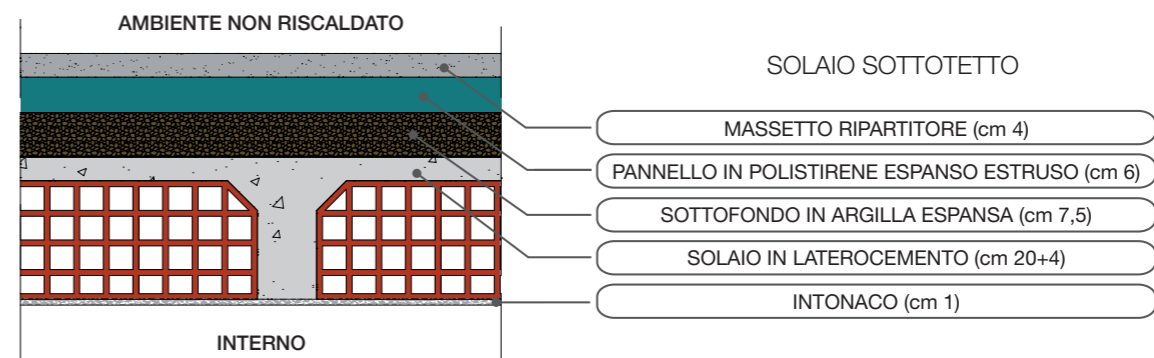
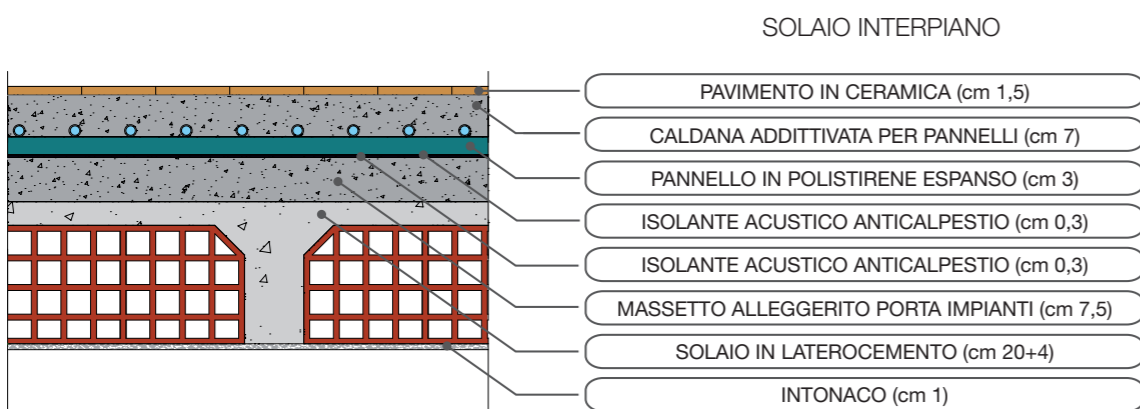
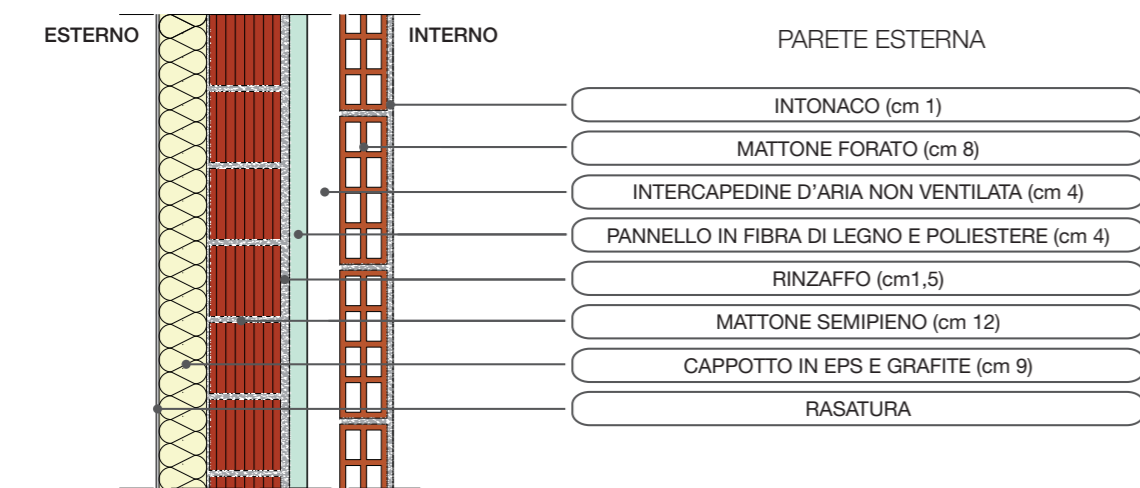
La struttura portante dell'edificio è in pilastri, setti e travi in calcestruzzo armato. La muratura esterna è del tipo "a cassetta" con intercapedine d'aria e isolante interposto, con ulteriore isolamento a "cappotto" di 9 cm, per uno spessore totale di 40 cm.

Il solaio interpiano tra i locali riscaldati ha uno spessore pari a circa 44 cm e presenta un isolamento di 3 cm che costituisce il pannello radiante, il solaio confinante con ambienti non riscaldati presenta

una ulteriore coibentazione all'intradosso realizzata in polistirene espanso estruso dello spessore di 4 cm. Il solaio confinante con il sottotetto ha uno spessore pari a 42,5 cm e presenta una coibentazione in polistirene di 6 cm.

Gli infissi sono in alluminio a taglio termico con un vetro camera basso emissivo.

Di seguito si riportano nel dettaglio le stratigrafie dei singoli pacchetti di muratura e solai oltre la tipologia di infisso.



Impianti

L'impianto termico è centralizzato con caldaia a condensazione posta all'interno del locale "centrale termica", situato nel sottotetto dell'edificio, con accesso dal vano scale condominiale.

L'impianto interno degli alloggi è del tipo a pannelli radianti posti a pavimento. Nei locali adibiti a servizio igienico è presente, ad integrazione dell'impianto radiante, un radiatore a piastre in alluminio. La regolazione interna agli appartamenti si ottiene tramite un cronotermostato ambiente a programmazione settimanale che permette di impostare la temperatura e l'orario del riscaldamento, così come in un qualsiasi sistema con caldaia singola.

Ogni appartamento è dotato di un sistema di contabilizzazione posto all'interno di una stessa cassetta, composto da: contacalo-

rie, contatore acqua calda sanitaria e acqua fredda. È presente, inoltre, un sistema di regolazione autonomo della temperatura che interviene chiudendo/aprendo la valvola di alimentazione dell'acqua calda per riscaldamento posta nella cassetta esterna in funzione della richiesta del termostato installato internamente. La produzione di acqua calda sanitaria è di tipo centralizzato con integrazione di un impianto solare posto sulla copertura dell'edificio. L'impianto solare è a circolazione forzata, ed è composto da 12 collettori solari.

Sulla copertura è presente un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica ad uso condominiale della potenza totale di 1,7 kWp.



I PANNELLI RADIANTI ALL'INTERNO DI UN APPARTAMENTO DURANTE L'INSTALLAZIONE
A SINISTRA: LA CASSETTA DI CONTABILIZZAZIONE CON CONTACALORIE, CONTATORE DI ACQUA CALDA E FREDDA SANITARIA
SOTTO: I PANNELLI SOLARI PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA E, A SINISTRA, I PANNELLI FOTOVOLTAICI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA AD USO CONDOMINIALE



Parametri energetici di progetto

DATI CLIMATICI DI PARTENZA			
ZONA CLIMATICA	GRADI GIORNO	PERIODO DI RISCALDAMENTO	GIORNI DI RISCALDAMENTO
D	1821	DAL 01/11 AL 15/04	166 GG
VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA DEGLI ELEMENTI EDILIZI			
MURATURA ESTERNA			0.29 W/m ² K
SOLAIO VERSO SOTTOTETTO			0.38 W/m ² K
SOLAIO TRA PIANI RISCALDATI			0.54 W/m ² K
SOLAIO VERSO AMBIENTI NON RISCALDATI			0.35 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (VETRO)			1.10 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (INFISSO)			1.90 W/m ² K

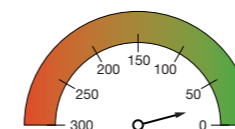
Sintesi ACE

SUPERFICIE UTILE **m² 1571**

RAPPORTO DI FORMA S/V **0,48**

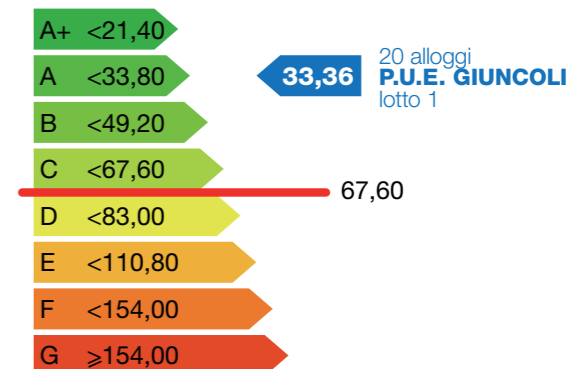
Prestazione energetica per la CLIMATIZZAZIONE INVERNALE (EPI)

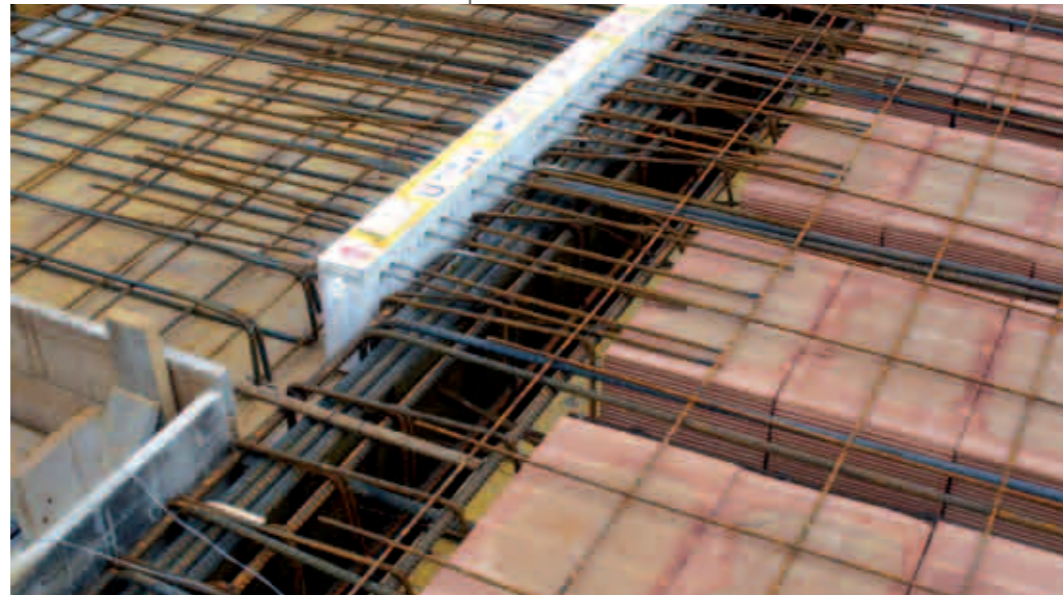
(espressa in kWh/m² anno)



PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

(espressa in kWh/m² anno)

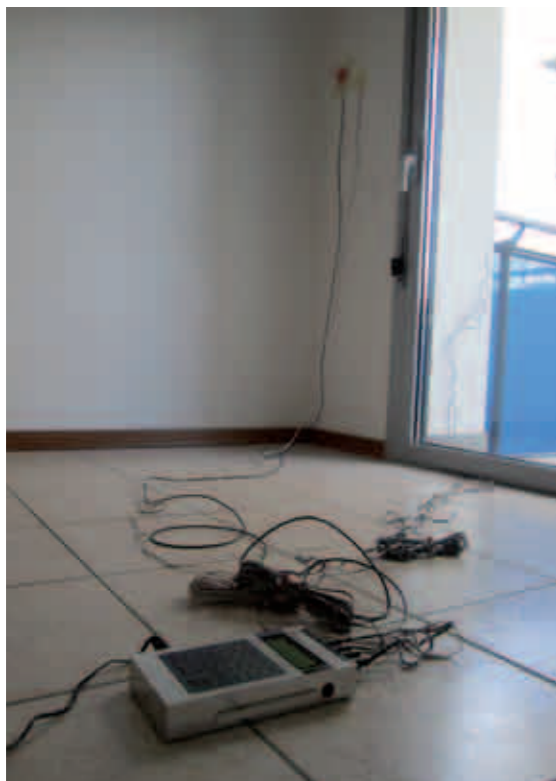




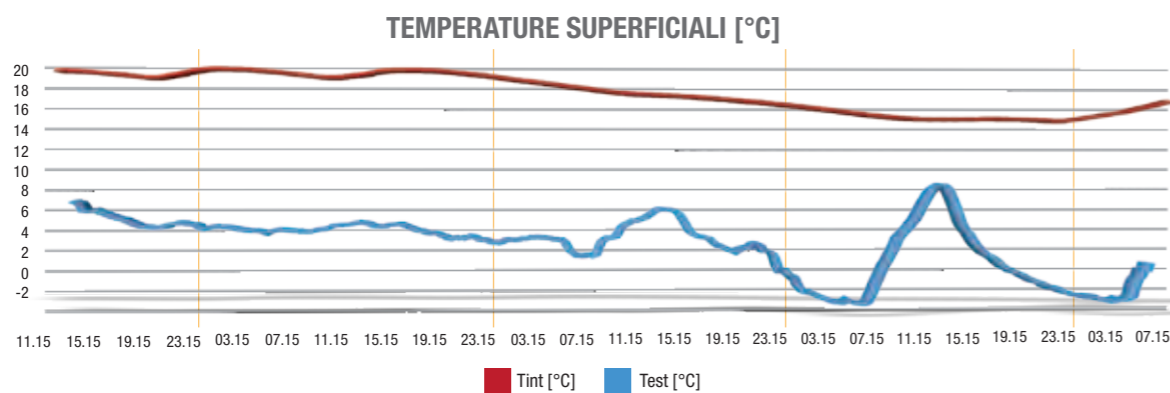
FASI DI CANTIERE, MATERIALI E
PARTICOLARI COSTRUTTIVI



Misura della trasmittanza in opera



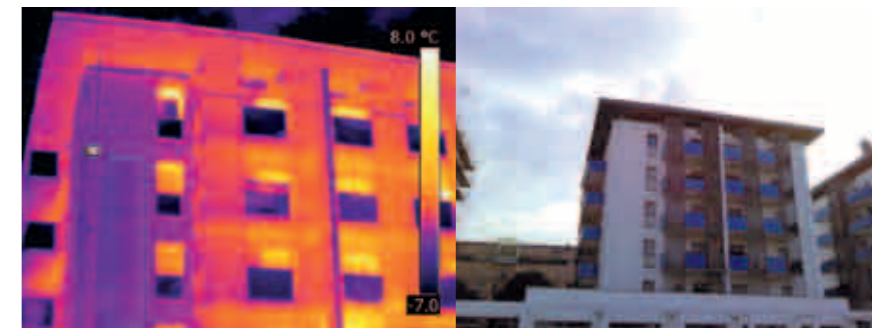
DATA INIZIO RILEVAMENTO	21 gennaio 2011
DATA FINE RILEVAMENTO	25 gennaio 2011
DURATA	94h 45'
TEMPERATURA INTERNA MEDIA	17,1°C
TEMPERATURA ESTERNA MEDIA	2,9°C
ΔT MEDIO	14,1°C
FLUSSO MEDIO	3,19 W/m ²
TRASMITTANZA DA A.C.E.	0,29 W/m ²
TRASMITTANZA RILEVATA	0,28 W/m²
DIFFERENZA	+ 3%



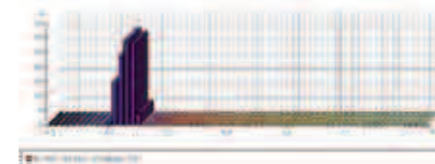
Indagine termografica

CONDIZIONI CLIMATICHE	
DATA	23/01/2011
T MEDIA [°C]	3
T MIN [°C]	0
T MAX [°C]	6
PUNTO DI RUGIADA [°C]	0
UMIDITÀ [%]	50
VELOCITÀ MEDIA VENTO [km/h]	9
VELOCITÀ MAX VENTO [km/h]	18
RAFFICA [km/h]	27
FENOMENI ATMOSFERICI	-

ESTERNO

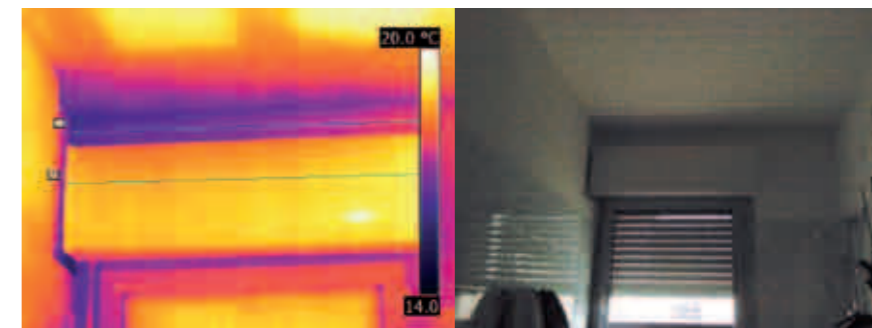


DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE TEMPERATURE NELL'AREA EVIDENZIATA

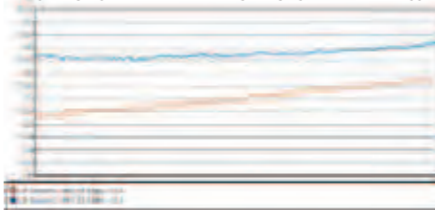


L'IMMAGINE TERMOGRAFICA MOSTRA COME L'ISOLAMENTO A CAPPOTTO PERMETTA DI AVERE UNA DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE SUPERFICIALI DECISAMENTE UNIFORME. IL GRAFICO METTE IN EVIDENZA LA DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE TEMPERATURE SULLA SUPERFICIE EVIDENZIATA NEL TERMGRAMMA, E MOSTRA CHIARAMENTE COME SIANO CONCENTRATE SU POCCHI VALORI, COMPRESI TRA -4,7°C E -3,3°C.

INTERNO



DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE LUNGA LA LINEA TRACCIATA



IL TERMGRAMMA SI RIFERISCE A UNA PARETE ESPOSTA A NORD. DALLA MAPPATURA DELLE TEMPERATURE SUPERFICIALI SI PUÒ NOTARE IL BUON ISOLAMENTO DEI CASSONETTI DELL'AVVOLGIBILE. IL PONTE TERMICO GEOMETRICO CORRISPONDENTE ALL'ANGOLO TRA SOLAIO E MURATURA ESTERNA PRESENTA DELLE TEMPERATURE BEN AL DI SOPRA DEL LIMITE DATO DALLA TEMPERATURA DI RUGIADA A 20 °C E 65% DI UR.

Considerazioni

L'edificio di via Canova è il primo fabbricato di edilizia sociale realizzato a Firenze con alte prestazioni in termini di efficienza energetica.

Le prime due fasi della diagnosi strumentale, misura della trasmittanza in opera e indagine termografica, hanno confermato le elevate prestazioni dell'involucro edilizio attraverso la verifica del grado di isolamento della parete esterna e dell'assenza di ponti termici, oltre che della corretta posa dell'isolamento a cappotto.

La terza fase dell'attività, impostata sul rilievo costante dei consumi per riscaldamento, ha evidenziato una diminuzione dei consumi stessi tra la prima e la seconda stagione di esercizio (2010/11 - 2011/12); tale miglioramento è imputabile da una

parte alla risoluzione dei problemi iniziali di taratura e bilanciamento degli impianti (start-up iniziale), dall'altra alla diversa gestione dell'impianto stesso da parte degli inquilini che, grazie al continuo monitoraggio, sono stati seguiti e orientati al corretto utilizzo delle tecnologie presenti nei loro appartamenti e al risparmio energetico in generale.

A tal proposito, la terza fase del monitoraggio ha evidenziato anche come, per appartamenti aventi condizioni al contorno identiche (esposizione, superficie utile, superfici disperdenti, ...), si avessero in alcuni casi consumi inferiori ed in altri superiori a quelli previsti in fase di redazione dell'ACE derivanti dal differente comportamento degli utenti (vd. box sottostante).

CONSUMI E COMPORTAMENTO CONSAPEVOLE

Il consumo energetico per il riscaldamento stimato in fase di progetto può essere notevolmente influenzato dal comportamento dell'utenza. Per valutare l'influenza di tale comportamento, è stata presa in esame un appartamento che presentava consumi reali superiori a quelli previsti in fase di redazione dell'ACE, effettuando una verifica con lo stesso software utilizzato per redigere l'ACE stesso. La prova è stata svolta sostituendo la temperatura interna dei locali prevista da normativa, 20°C, con l'effettiva temperatura impostata sul cronotermostato dell'alloggio e rilevata in fase di sopralluogo. Si è quindi proceduto ad effettuare il calcolo del fabbisogno termico dell'appartamento, considerando anche le maggiori dispersioni termiche attraverso i serramenti derivanti da un numero inferiore di ore di chiusura delle

tapparelle rispetto a quanto previsto nella valutazione di progetto (UNI/TS 11300-1: periodo giornaliero di chiusura di 12h), come verificato dalle interviste effettuate all'utente.

La verifica effettuata con il software di calcolo ha evidenziato come, a seguito della modifica sulla temperatura ambiente e sull'utilizzo delle chiusure oscuranti, si ottenga un nuovo valore di calcolo maggiore di circa il 68% rispetto a quanto previsto da ACE. Tale valore, per contro, è risultato molto vicino al consumo reale misurato nella terza fase del monitoraggio sull'appartamento specifico, andando così a confermare come un non corretto utilizzo del sistema edificio-impianto possa poi influire negativamente sui consumi reali.

FABBISOGNO ENERGETICO PER RISCALDAMENTO

FABBISOGNO PREVISTO DA ACE KWH/M ² ANNO	TEMPERATURA IMPOSTATA SU TERMOSTATO °C	ORE DI CHIUSURA TAPPARELLE H	FABBISOGNO RICALCOLATO KWH/M ² ANNO	FABBISOGNO REALE MISURATO NEL MONITORAGGIO DEI CONSUMI KWH/M ² ANNO
18,9	22	8	31,7	30,5



Calenzano, località Dietropoggio

24 alloggi, via Luigi Tenco 10-20

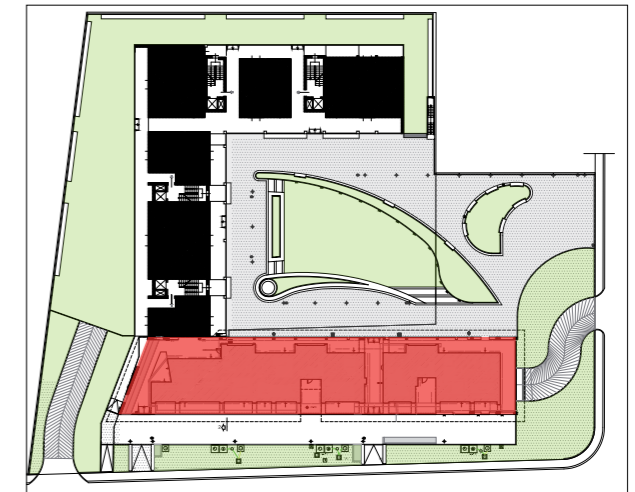


L'edificio è stato inaugurato il 10 luglio 2010. La tipologia è "in linea" e si sviluppa su quattro piani fuori terra per un totale di 24 appartamenti distribuiti su tre vani scala distinti. Gli appartamenti al piano terra hanno accesso diretto dall'esterno. La superficie utile totale è di 1.305 mq.

La copertura è di tipo piano e vi si accede dai vani scala; sulla copertura è installato un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica ad uso condominiale. Al piano interrato sono presenti i garage e i locali tecnici della centrale termica e della centrale idrica.



INQUADRAMENTO DEL LOTTO



PLANIMETRIA DEL PIANO TERRA E SISTEMAZIONI A TERRA



PLANIMETRIA DEL PIANO PRIMO



PLANIMETRIA DEL PIANO TERZO

■ ZONA GIORNO ■ ZONA NOTTE ■ SERVIZI IGIENICI

L'involucro edilizio

La struttura portante dell'edificio è in pilastri, setti e travi in calcestruzzo armato.

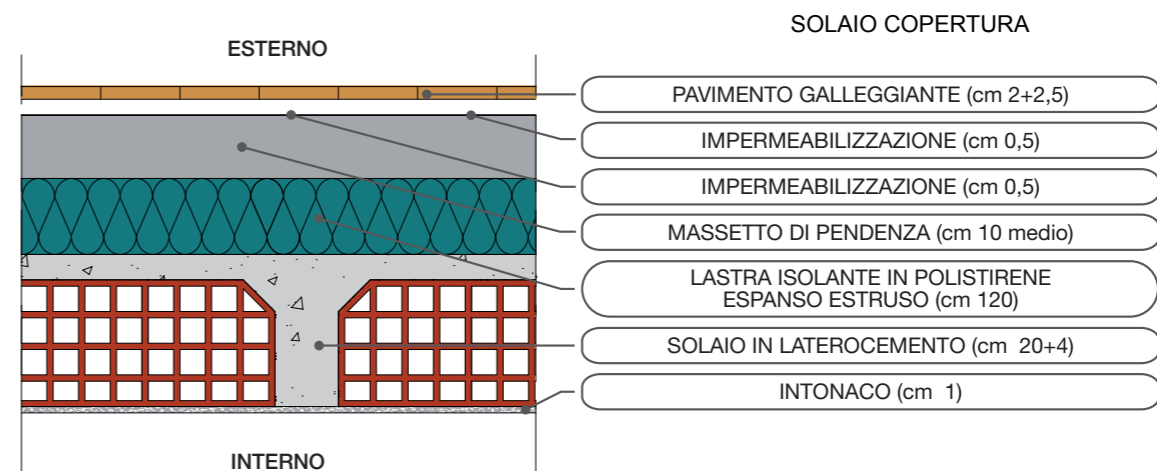
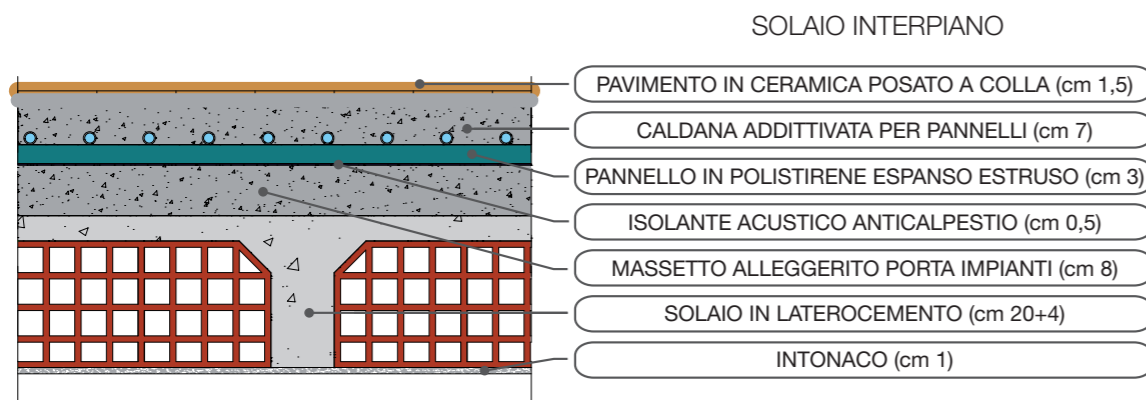
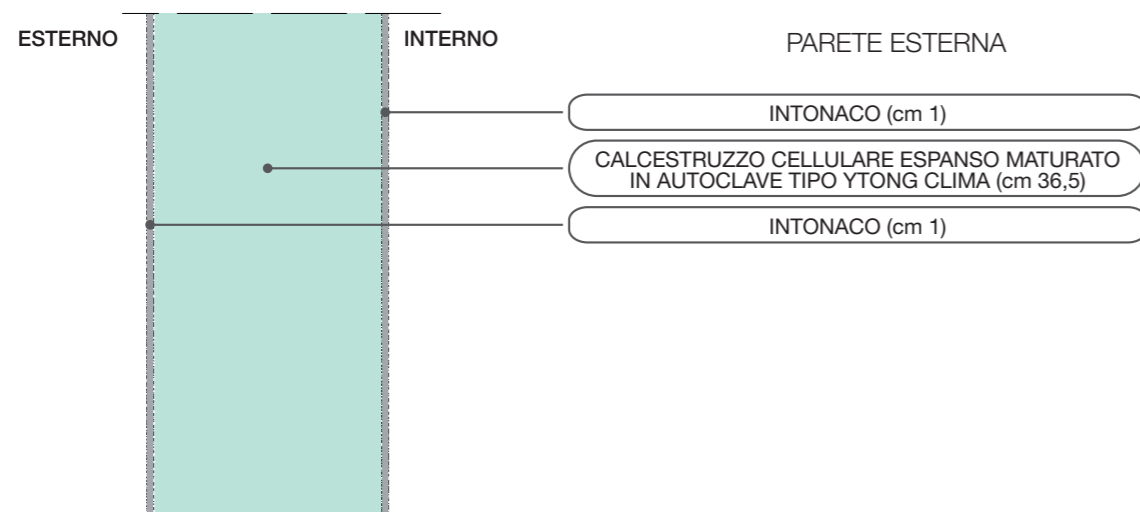
La muratura esterna è realizzata in blocchi di calcestruzzo cellulare autoclavato con uno spessore totale di cm 38,5. La correzione dei ponti termici è garantita dall'isolamento con pannelli in legno tipo Celenit N in corrispondenza dei pilastri e delle travi.

Il solaio interpiano tra i locali riscaldati ha uno spessore pari a cm 45, così come il solaio confinante con ambienti non riscaldati, che

presenta rispetto al primo un'ulteriore coibentazione in polistirene espanso sinterizzato dello spessore di cm 6, mentre il solaio sull'esterno ha un isolamento all'intradosso con pannelli rigidi in lana di roccia dello spessore di cm 5.

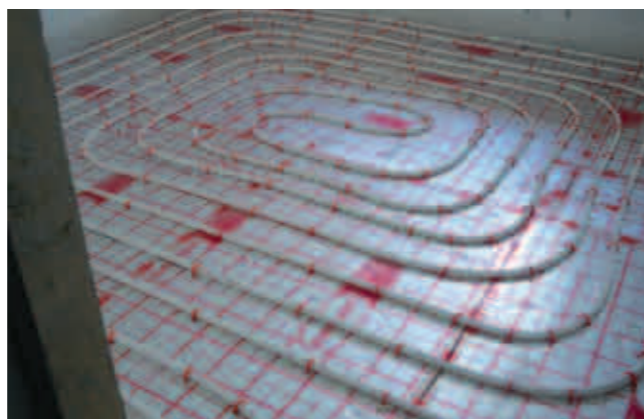
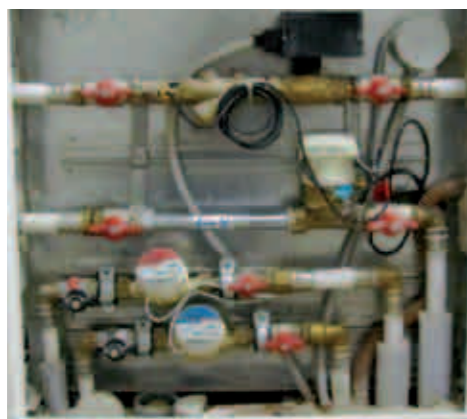
Il solaio di copertura ha uno spessore pari a ca. cm 52, di cui 12 di isolamento in polistirene espanso estruso.

Gli infissi sono in legno con vetrocamera stratificato basso emissivo.



Impianti

L'impianto di riscaldamento è allacciato alla rete di teleriscaldamento del territorio comunale, alimentata da un impianto a biomasse legnose vergini. All'interno del locale tecnico situato al piano interrato, si trova la sottostazione costituita dallo scambiatore a piastre alimentato dalle tubazioni del teleriscaldamento. La contabilizzazione avviene per ogni singolo appartamento attraverso i contatori e le valvole di intercettazione alloggiati nell'apposita cassetta posta nel vano scale.



L'impianto interno è del tipo a pannelli radianti posti a pavimento. La regolazione interna agli appartamenti si esegue tramite un cronotermostato ambiente che permette di impostare la temperatura e l'orario del riscaldamento, così come in un qualsiasi sistema con caldaia autonoma.

Sulla copertura è stato installato un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica ad uso condominiale con potenza totale di picco pari a 1,6 kWp.



IN ALTO A SINISTRA: LA CASSETTA DI CONTABILIZZAZIONE CON CONTACALORIE
 IN ALTO A DESTRA: L'INSTALLAZIONE DEI PANNELLI RADIANTI ALL'INTERNO DI UN APPARTAMENTO
 A SINISTRA: IL LOCALE TECNICO
 SOPRA: I PANNELLI FOTOVOLTAICI INSTALLATI SULLA COPERTURA

Parametri energetici di progetto

DATI CLIMATICI DI PARTENZA			
ZONA CLIMATICA	GRADI GIORNO	PERIODO DI RISCALDAMENTO	GIORNI DI RISCALDAMENTO
D	1772	DAL 01/11 AL 15/04	166 GG
VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA DEGLI ELEMENTI EDILIZI			
MURATURA ESTERNA			0.26 W/m ² K
SOLAIO COPERTURA			0.24 W/m ² K
SOLAIO TRA PIANI RISCALDATI			0.42 W/m ² K
SOLAIO SU AMBIENTI NON RISCALDATI			0.24 W/m ² K
SOLAIO SU ESTERNO			0.23 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (VETRO)			1.40 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (INFISSO)			1.90 W/m ² K

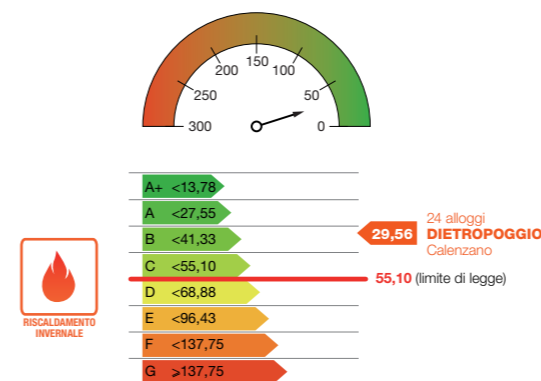
Sintesi ACE

SUPERFICIE UTILE m² 1.305

RAPPORTO DI FORMA S/V 0,58

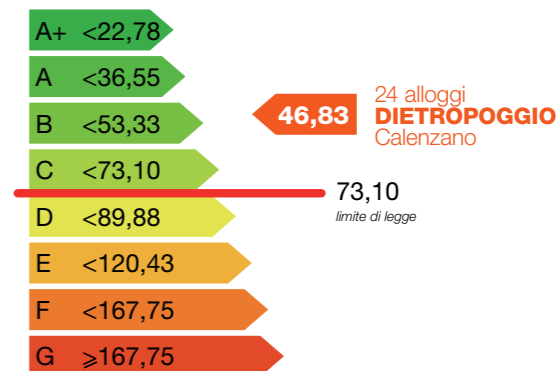
Prestazione energetica per la CLIMATIZZAZIONE INVERNALE (EPI)

(espressa in kWh/m² anno)



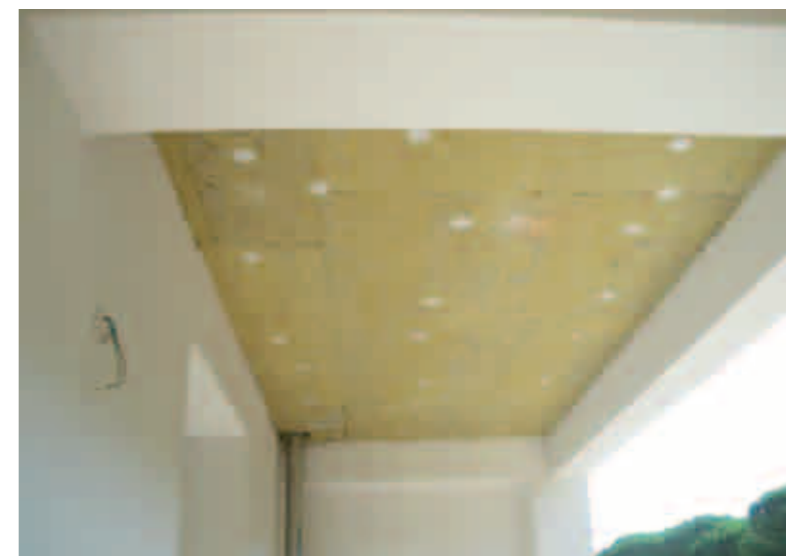
PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

(espressa in kWh/m² anno)

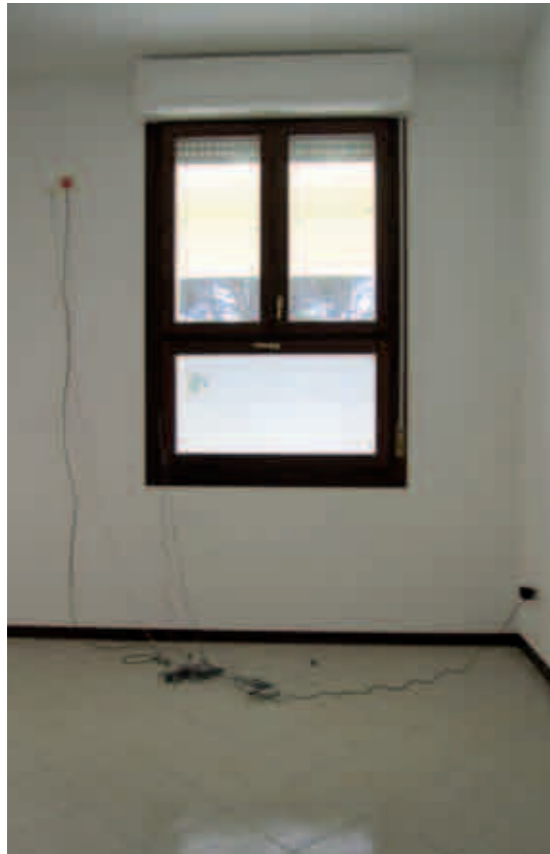




FASI DI CANTIERE, MATERIALI E
PARTICOLARI COSTRUTTIVI



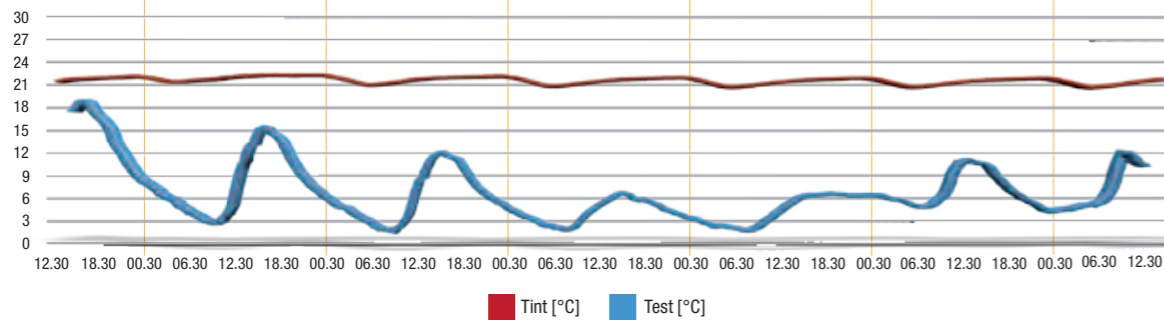
Misura della trasmittanza in opera



DATA INIZIO RILEVAMENTO	4 febbraio 2011
DATA FINE RILEVAMENTO	10 febbraio 2011
DURATA	146h 45'
TEMPERATURA INTERNA MEDIA	21,4°C
TEMPERATURA ESTERNA MEDIA	7,3°C
ΔT MEDIO	14,1°C
FLUSSO MEDIO	4,04 W/m ²
TRASMITTANZA DA A.C.E.	0,26 W/m ²
TRASMITTANZA RILEVATA	0,24 W/m²
DIFFERENZA	+ 10%



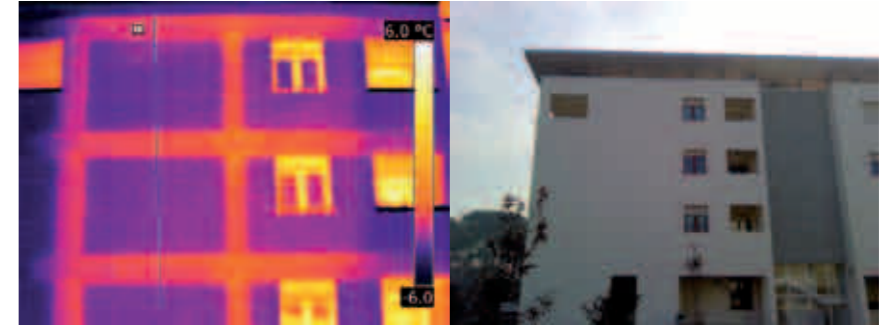
TEMPERATURE SUPERFICIALI [°C]



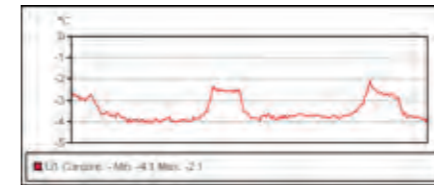
Indagine termografica

CONDIZIONI CLIMATICHE	
DATA	26/01/2011
T MEDIA [°C]	3
T MIN [°C]	-2
T MAX [°C]	11
PUNTO DI RUGIADA [°C]	3
UMIDITÀ [%]	91
VELOCITÀ MEDIA VENTO [km/h]	2
VELOCITÀ MAX VENTO [km/h]	5
RAFFICA [km/h]	0
FENOMENI ATMOSFERICI	-

ESTERNO

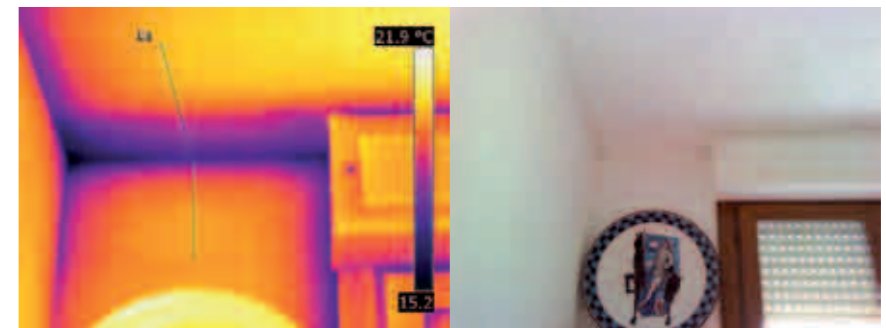


DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE TEMPERATURE NELL'AREA EVIDENZIATA

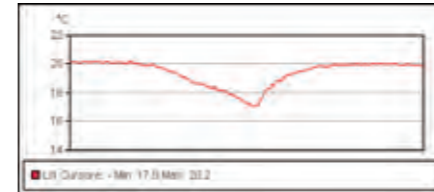


L'INDAGINE TERMOGRAFICA METTE IN EVIDENZA ALCUNE CRITICITÀ SULL'INVOLUCRO EDILIZIO. L'IMMAGINE TERMOGRAFICA RILEVA LA PRESENZA DI PONTI TERMICI IN CORRISPONDENZA DELLE STRUTTURE ORIZZONTALI E VERTICALI. LA DIFFERENZA DI TEMPERATURA (ΔT) È DI CIRCA 2°C.

INTERNO



DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE LUNGA LA LINEA TRACCIATA



IL TERMOGRAMMA RIPORTATO SI RIFERISCE ALL'INDAGINE SVOLTA ALL'INTERNO DEGLI AMBIENTI. IL TERMOGRAMMA RILEVA L'UNIFORMITÀ DELLE TEMPERATURE SUPERFICIALI SULLA PARETE PERIMETRALE. NELL'ANGOLO FORMATO COL SOLAIO SI RISCONTRA UN PONTE TERMICO GEOMETRICO, IL ΔT TRA PARETE E INNESTO VA DA 1 A 3°C.

Considerazioni

L'edificio di Calenzano in via Tenco è caratterizzato da un elevato grado di efficienza energetica, con indice di prestazione energetica ridotto del 46% sul valore limite di legge al 2010. Le prove strumentali, svolte tramite termocamera, hanno messo in evidenza alcune zone di criticità dell'involucro edilizio, illustrate nel paragrafo dedicato all'analisi dei termogrammi, che saranno di "insegnamento" per i futuri interventi di Casa S.p.A., al fine di garantire un risultato sempre migliore.

L'analisi tramite termoflussimetro ha confermato le buone proprietà termiche delle chiusure opache verticali. Per quanto riguarda il monitoraggio dei consumi, solo 2 appartamenti su 20 riportano valori inferiori a quelli previsti in fase di redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica. Rispetto alla prima stagione termica si è verificato l'aumento dei consumi in alcuni appartamenti dovuti, in alcuni casi, a problemi impiantistici.

IMPIANTO DI COGENERAZIONE E TELERISCALDAMENTO DEL COMUNE DI CALENZANO

L'edificio di via Tenco è il primo edificio di edilizia residenziale pubblica tra quelli del patrimonio gestito da CASA Spa, allacciato ad una rete di teleriscaldamento.

Il Comune di Calenzano ha scelto di dotarsi di una rete di teleriscaldamento alimentata da un impianto di cogenerazione a biomasse legnose vergini in esercizio dal 2010, partendo dalla considerazione che il territorio della Provincia di Firenze e Prato hanno un patrimonio boschivo notevole, spesso oggetto di abusi, degrado e incuria. La presenza di significativi quantitativi di biomassa sul nostro territorio offre quindi una opportunità non solo energetica ma anche di razionalizzazione delle risorse e di occupazione.

Grazie all'impianto a biomasse sono molteplici i benefici per l'ambiente: minori emissioni in atmosfera, grazie all'utilizzo di un impianto più gran-

de e tecnologicamente avanzato rispetto alle singole caldaie; l'utilizzo di materiali di provenienza locale (entro 70 km), in modo da evitare lunghi viaggi di mezzi pesanti, secondo i dettami della filiera corta. Il cogeneratore contribuisce inoltre al mantenimento dei boschi e delle campagne, utilizzando ramaglie e potature. Infine gli utenti usufruiscono di un ulteriore beneficio, non dovendo più preoccuparsi della manutenzione e dei controlli delle proprie caldaie.

Alcuni numeri dell'impianto e della rete di teleriscaldamento:

- potenza termica: 5,9 MW termici
- potenza termica immessa in rete 3,5 MW termici
- potenza elettrica: 800 kW
- lunghezza rete: 5.200 m
- consumo annuo cippato: 14.000/15.000 T



A SINISTRA: LA CENTRALE DI COGENERAZIONE A BIOMASSE E LA RETE DI TELERISCALDAMENTO DURANTE LA REALIZZAZIONE
SOPRA: LA SOTTOCENTRALE DI DIETROGGIO



Pontassieve, località Mezzana

20 alloggi, via Selvi 64-67



L'edificio è stato inaugurato il 15 luglio 2010. È costituito da 20 alloggi distribuiti su quattro vani scala. La tipologia è del tipo "in linea" e si sviluppa su tre piani fuori terra oltre al piano interrato adibito a cantine e autorimesse. Al piano interrato trovano posto anche i locali per la centrale termica e la centrale idrica. La superficie utile è pari a 1197,54 mq, corrispondente ad una superficie totale di 1690,97 mq. Il fabbricato si sviluppa sull'asse Est-Ovest; tutti gli appartamenti sono provvisti di doppio affaccio,

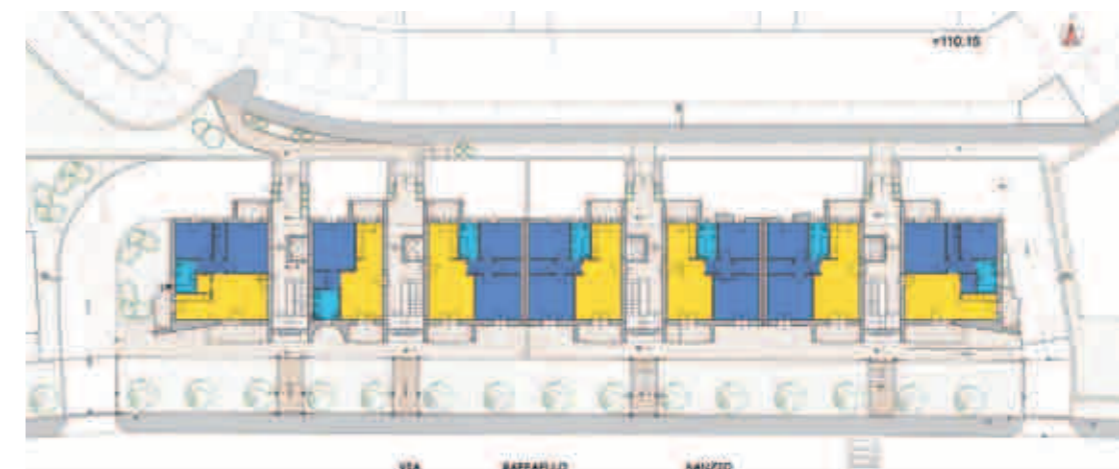
i lati lunghi dell'edificio prospettano a Sud sulla via R. Sanzio e a Nord su una strada di lottizzazione, dove si aprono gli ingressi principali, che sbocca su via Mezzana. La copertura è del tipo a falda inclinata: ospita un impianto solare per la produzione di acqua calda sanitaria e un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica ad uso condominiale. È presente un sottotetto non praticabile. L'edificio è dotato di un sistema di recupero dell'acqua piovana per utilizzo in impianto duale per gli scarichi dei WC.



INQUADRAMENTO DEL LOTTO



PLANIMETRIA DEL PIANO TERZO



PLANIMETRIA DEL PIANO TERRA

■ ZONA GIORNO ■ ZONA NOTTE ■ SERVIZI IGIENICI

L'involucro edilizio

La struttura portante dell'edificio è in pilastri, setti e travi in calcestruzzo armato.

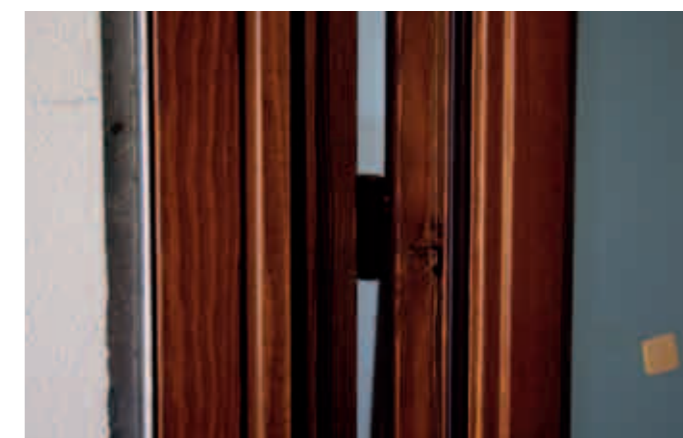
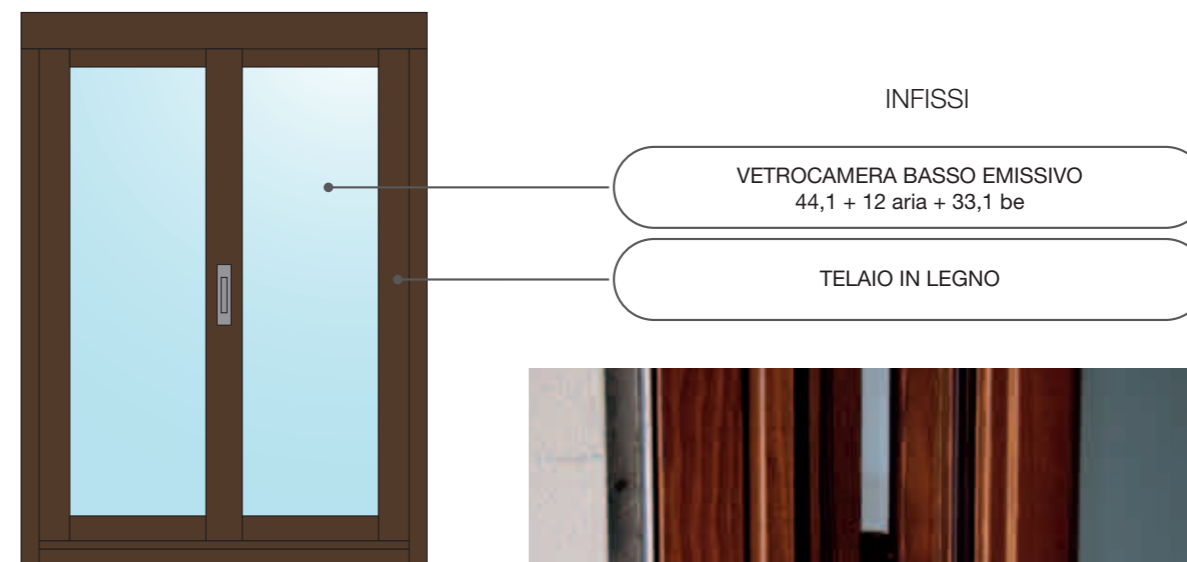
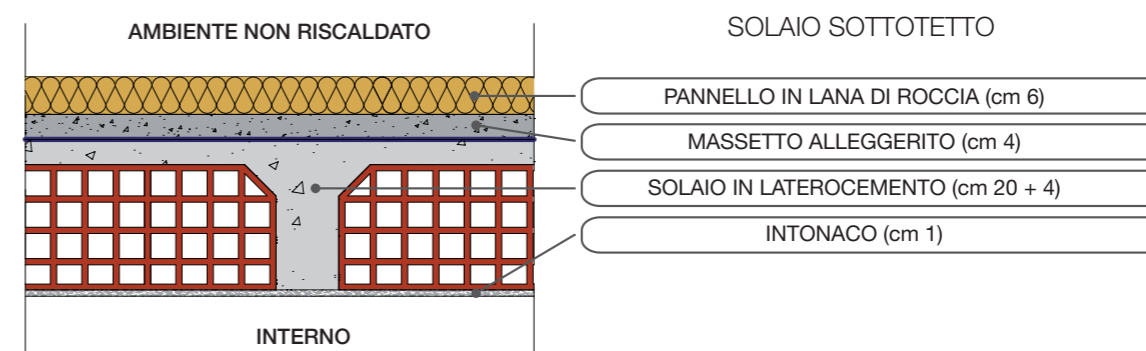
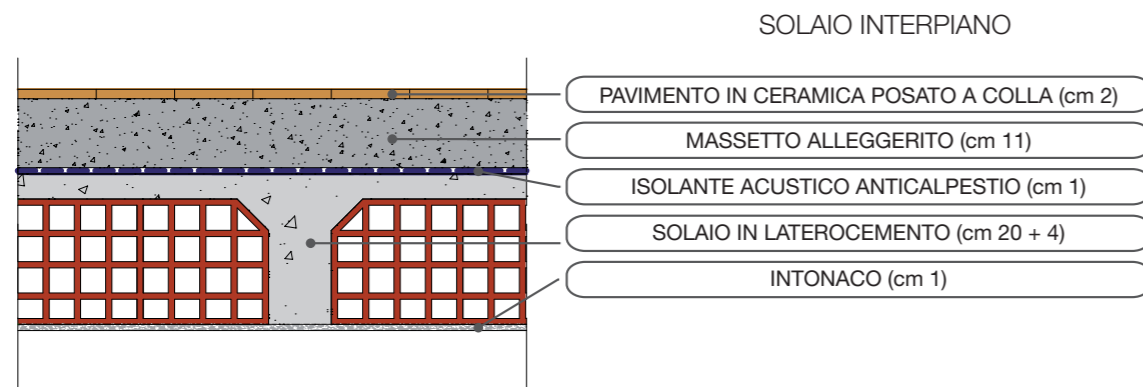
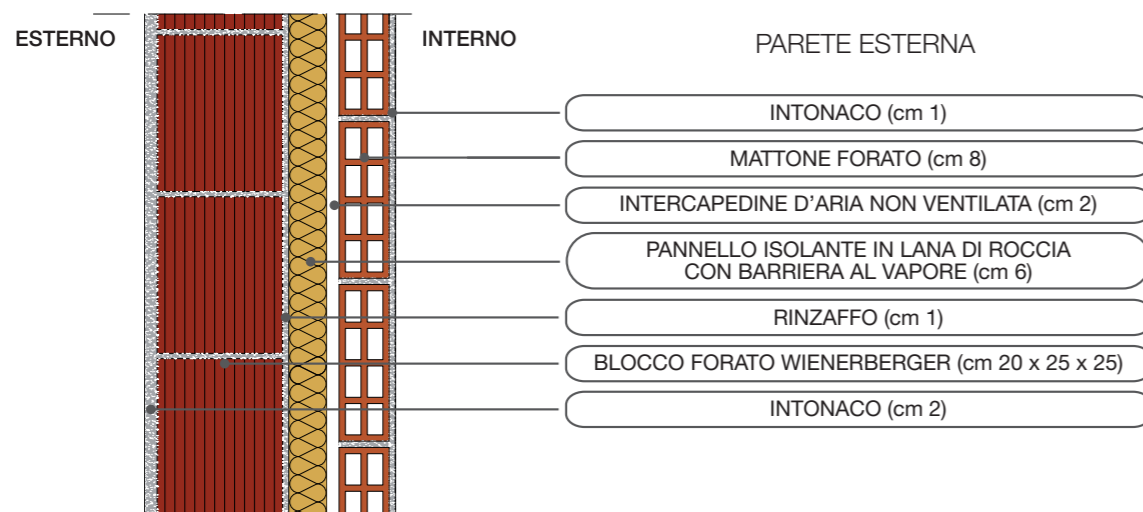
La muratura esterna è del tipo "a cassetta" con intercapedine d'aria e isolamento interposto, per uno spessore totale di 40 cm. Il solaio interpiano tra i locali riscaldati ha uno spessore pari a 40 cm e presenta un massetto termoisolante.

I solai confinanti con ambienti non riscaldati o con l'esterno presen-

tano una coibentazione in polistirene espanso estruso dello spessore di 6 cm. Il solaio confinante con il sottotetto ha uno spessore pari a 35 cm con isolamento all'estradosso del solaio stesso.

Gli infissi sono in legno con vetrocamera stratificato basso emissivo.

Di seguito si riportano nel dettaglio le stratigrafie dei singoli pacchetti e la tipologia di infisso.



Impianti

L'impianto termico è di tipo centralizzato con caldaia a condensazione ad elevato rendimento, del tipo a basamento, posta all'interno del locale "centrale termica" situato al piano interrato.

L'impianto interno è del tipo a radiatori, dimensionati con salto termico 40°C tra temperatura media del fluido scaldante e temperatura ambiente, in modo da poter sfruttare al meglio la caldaia a condensazione. Ciascun radiatore è provvisto di valvola con testa termostatica.

La regolazione interna agli appartamenti funziona tramite cronotermostato ambiente a programmazione settimanale che permette di impostare la temperatura e l'orario del riscaldamento, così

come in un qualsiasi sistema con caldaia singola.

Ogni appartamento è dotato di un sistema di contabilizzazione con contocalorie, contatore volumetrico acqua calda sanitaria e acqua fredda posti all'interno di una cassetta nel vano scale.

La produzione di acqua calda sanitaria è di tipo centralizzato e integrata con impianto a pannelli solari posto sulla falda Sud dell'edificio. L'impianto a pannelli solari è del tipo a circolazione forzata costituito da 18 pannelli.

Sulla copertura è presente un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica ad uso condominiale della potenza totale di 4,2 kWp.



SOPRA: I PANNELLI FOTOVOLTAICI E I COLLETTORI SOLARI INSTALLATI SULLA COPERTURA
A DESTRA: IL PANNELLO DI CONTABILIZZAZIONE DEI CONSUMI PER OGNI APPARTAMENTO E LA CENTRALE TERMICA

Parametri energetici di progetto

DATI CLIMATICI DI PARTENZA			
ZONA CLIMATICA	GRADI GIORNO	PERIODO DI RISCALDAMENTO	GIORNI DI RISCALDAMENTO
D	1928	DAL 01/11 AL 15/04	166

VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA DEGLI ELEMENTI EDILIZI	
MURATURA ESTERNA	0.33 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	0.44 W/m ² K
SOLAIO INTERPIANO	0.62 W/m ² K
SOLAIO SU ESTERNO	0.30 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (VETRO)	1.60 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (INFISSO)	1.90 W/m ² K

Sintesi ACE

SUPERFICIE UTILE m² 1198

RAPPORTO DI FORMA S/V 0,62

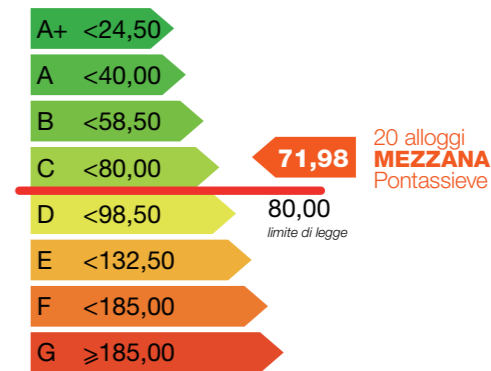
Prestazione energetica per la CLIMATIZZAZIONE INVERNALE (EPI)

(espressa in kWh/m² anno)



PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

(espressa in kWh/m² anno)





FASI DI CANTIERE, MATERIALI E
PARTICOLARI COSTRUTTIVI



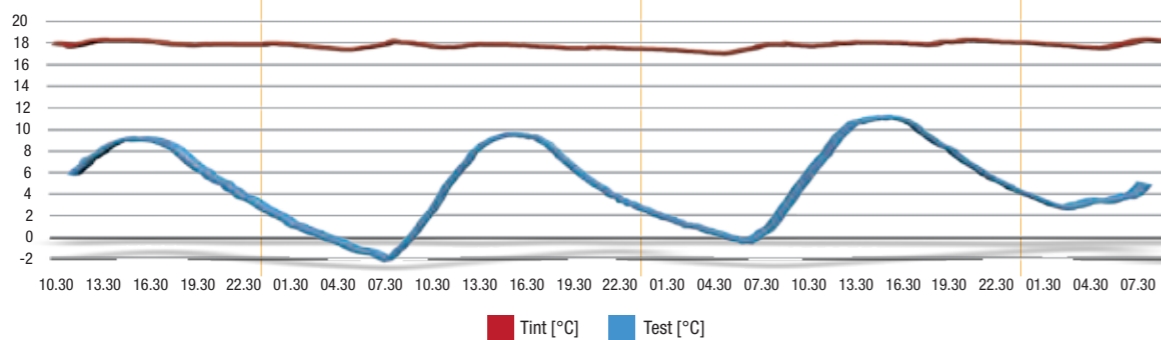
Misura della trasmittanza in opera



DATA INIZIO RILEVAMENTO	8 marzo 2011
DATA FINE RILEVAMENTO	11 marzo 2011
DURATA	70h 30'
TEMPERATURA INTERNA MEDIA	17,9°C
TEMPERATURA ESTERNA MEDIA	5,5°C
ΔT MEDIO	12,4°C
FLUSSO MEDIO	5,7 W/m ²
TRASMITTANZA DA A.C.E.	0,33 W/m ²
TRASMITTANZA RILEVATA	0,37 W/m²
DIFFERENZA	- 15%



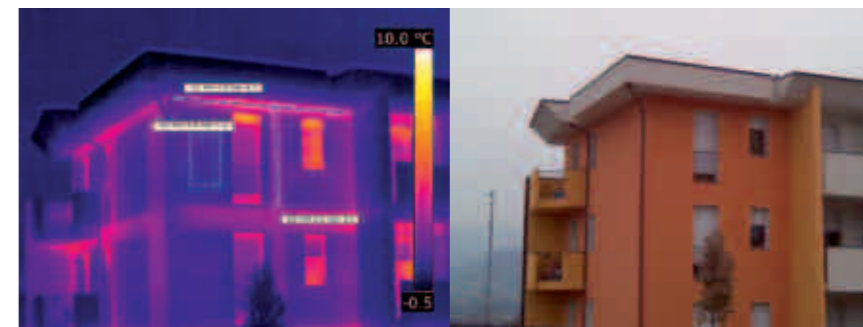
TEMPERATURE SUPERFICIALI [°C]



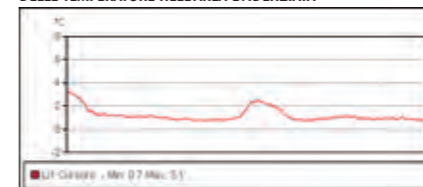
Indagine termografica

CONDIZIONI CLIMATICHE	
DATA	25/01/2011
T MEDIA [°C]	0
T MIN [°C]	-5
T MAX [°C]	3
PUNTO DI RUGIADA [°C]	2
UMIDITÀ [%]	94
VELOCITÀ MEDIA VENTO [km/h]	2
VELOCITÀ MAX VENTO [km/h]	4
RAFFICA [km/h]	0
FENOMENI ATMOSFERICI	-

ESTERNO

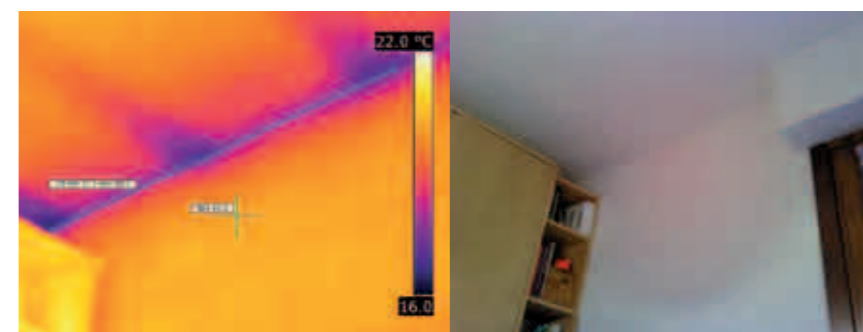


DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE TEMPERATURE NELL'AREA EVIDENZIATA

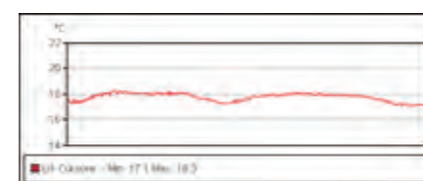


IL'INDAGINE TERMOGRAFICA METTE IN EVIDENZA ALCUNE CRITICITÀ SULL'INVOLUCRO EDILIZIO. IL TERMOGRAMMA RIPORTATO MOSTRA I PONTI TERMICI IN CORRISPONDENZA DELLA STRUTTURA IN CLS. IL GRAFICO EVIDENZIA COME IL ΔT OSCILLI TRA 1° E 2°C.

INTERNO



DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE LUNGA LA LINEA TRACCIATA



IL TERMOGRAMMA RIPORTATO SI RIFERISCE ALL'INDAGINE SVOLTA ALL'INTERNO DEGLI AMBIENTI. IN CORRISPONDENZA DELL'INNESTO TRA SOLAIO DI COPERTURA E MURATURA PERIMETRALE LA TEMPERATURA SUPERFICIALE RILEVATA OSCILLA TRA I 17°C E I 18°C.

Considerazioni

La qualità costruttiva e tecnologica dell'edificio di Pontassieve, Via Selvi, è in linea con le più moderne tecnologie per il risparmio energetico: impianto termico centralizzato dotato di caldaia a condensazione, contabilizzazione individuale dei consumi, pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria, impianto di adduzione idrica duale per i wc dei bagni di ciascun alloggio, con recupero delle acque meteoriche provenienti dalla copertura. In merito alla misura della trasmittanza in opera, il risultato ottenuto supporta la linea intrapresa da CASA Spa di abbandonare negli interventi programmati la tipologia di muratura a cassetta: il coibente posto in intercapedine, se non perfettamente posato, può facilmente alterare il valore della trasmittanza termica in quei punti dove possono presentarsi piccoli vuoti o deformazioni del materiale.

L'insieme delle prove strumentali effettuate, pur avendo messo in evidenza alcune lievi criticità sull'involucro edilizio (quale l'incremento della trasmittanza della parete esterna rispetto al dato di progetto, come sopra esposto), alla luce del monitoraggio finale dei consumi, non portano l'edificio a subire perdite energetiche rilevanti.

Infatti, il monitoraggio dei consumi per il riscaldamento invernale ha rivelato un risparmio che va ben oltre le aspettative, sia nella prima stagione termica (2010/11) che nella successiva (2011/12).

Pressoché tutti gli appartamenti consumano meno della metà di quanto previsto in fase di redazione dell'attestato di certificazione energetica.

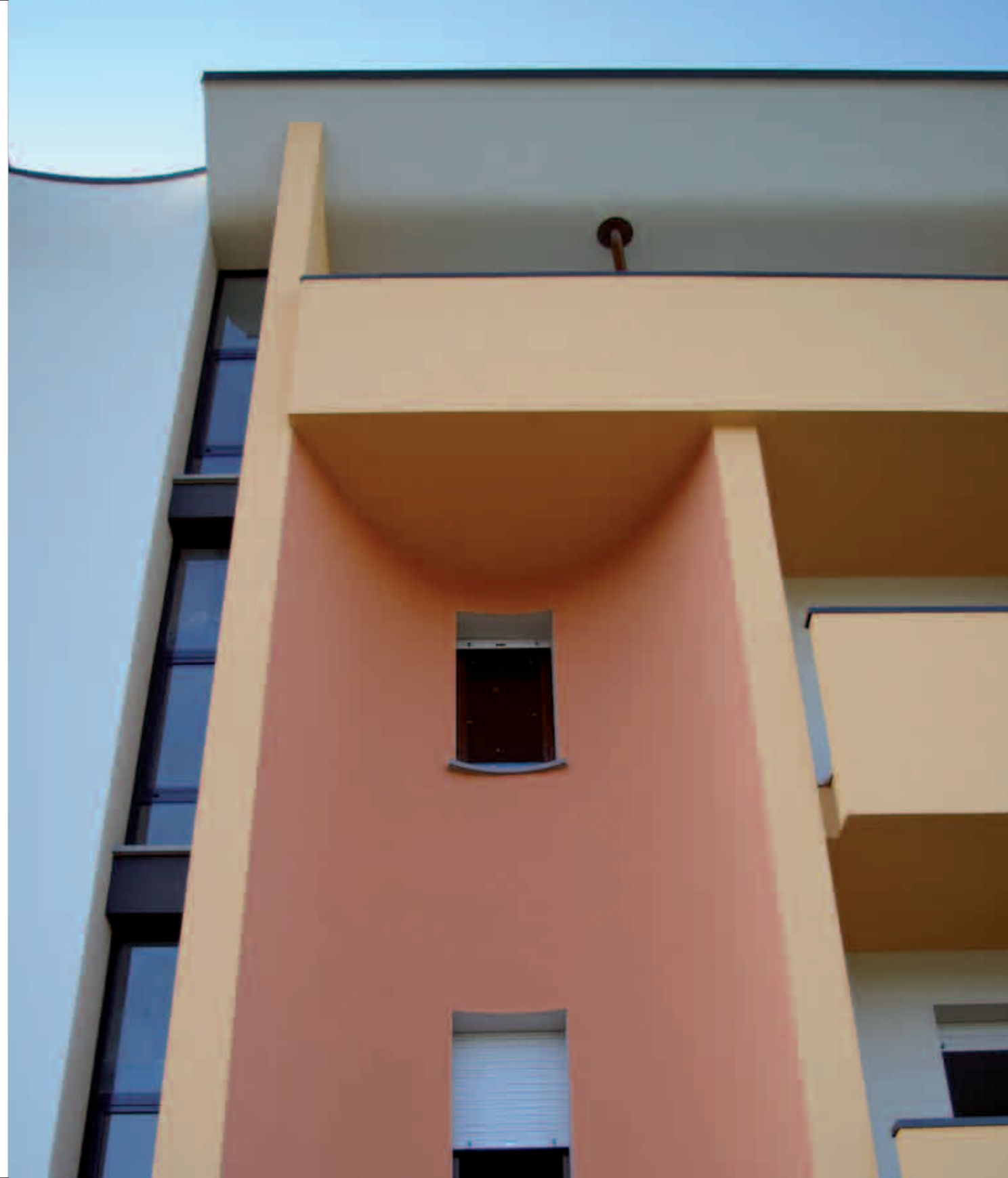
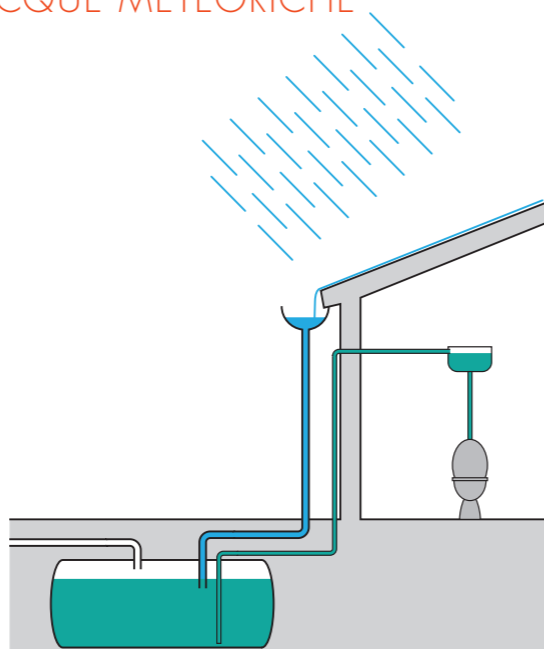
RECUPERO DELLE ACQUE METEORICHE

L'edificio è provvisto di un sistema di recupero delle acque meteoriche provenienti dalla copertura dell'edificio stesso.

Il sistema si compone di:

- tubazioni di adduzione alla vasca di accumulo, dai pozzetti ai piedi delle calate dei pluviali
- filtro raccogli impurità
- vasca di accumulo della capacità di ca. 10 mc
- gruppo di pompaggio
- linea duale per l'adduzione dell'acqua di recupero all'impianto di scarico dei WC.

I WC sono provvisti di doppia alimentazione: nel caso di mancanza di acqua proveniente dal sistema di recupero delle meteoriche, vengono alimentati con acqua proveniente direttamente dall'acquedotto. Considerando valori medi di piovosità di 850 l/m² anno e la superficie di raccolta della copertura con un coefficiente di deflusso di 0,9, assumendo un fabbisogno annuo per i WC pari a ca. 540000 litri/anno (corrispondente a 9000 litri procapite), si ottiene una copertura da recupero delle acque meteoriche pari a ca. il 20%.



Sesto Fiorentino, PL13

18 alloggi, via della Pace 20



L'edificio, inaugurato il 13 luglio 2011, si colloca nell'ambito del Piano di Lottizzazione PL13 comparto 2 – U.M.I. 9, una nuova porzione edificata del Capoluogo realizzata da operatori pubblici e privati sulla base di un progetto guida di coordinamento. Il fabbricato, alto sei piani fuori terra con unico vano scale, ospita 18 alloggi di edilizia residenziale pubblica con tipologie

dimensionali per 3 e 4 persone, con cantine e posti auto di pertinenza degli alloggi posti al piano seminterrato. Al piano seminterrato trovano posto anche i locali tecnici della centrale termica e del locale autoclave. La copertura dell'edificio è di tipo piano ed ospita un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica ad uso condominiale.



INQUADRAMENTO DEL LOTTO



PLANIMETRIA DEL PIANO TERRA

PLANIMETRIA DEL PIANO TIPO



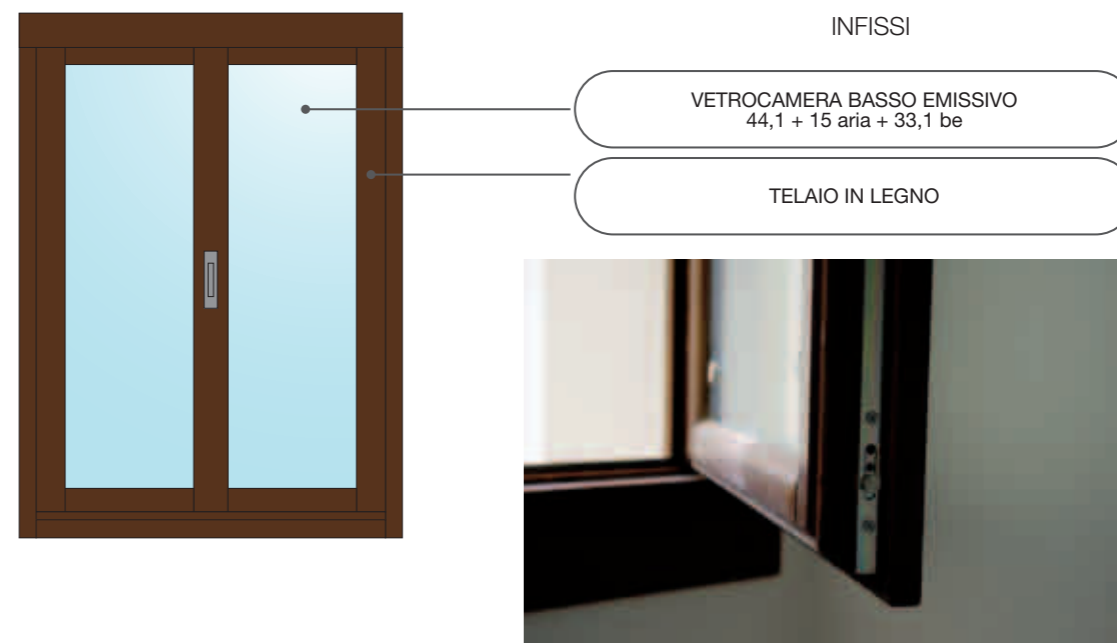
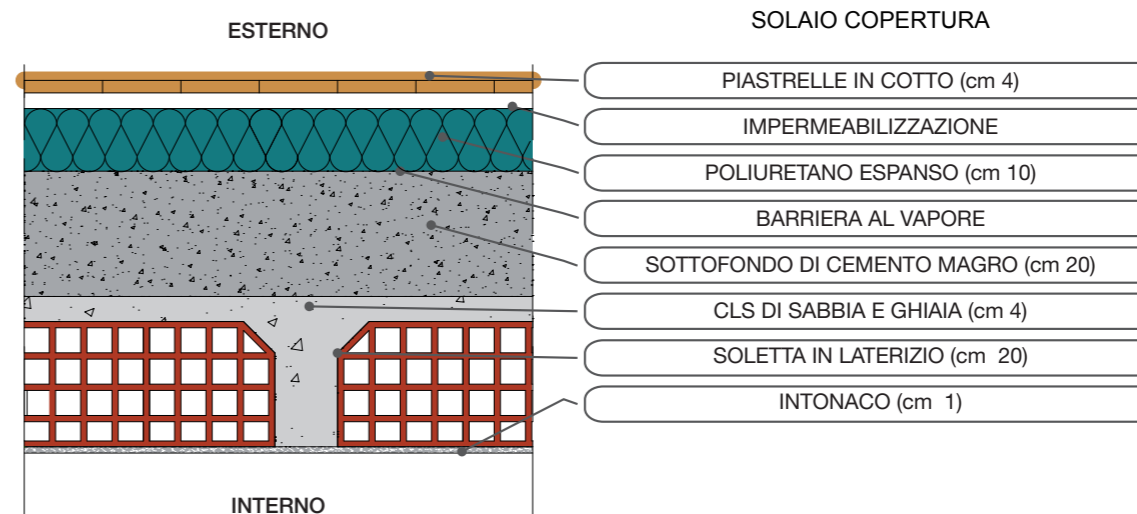
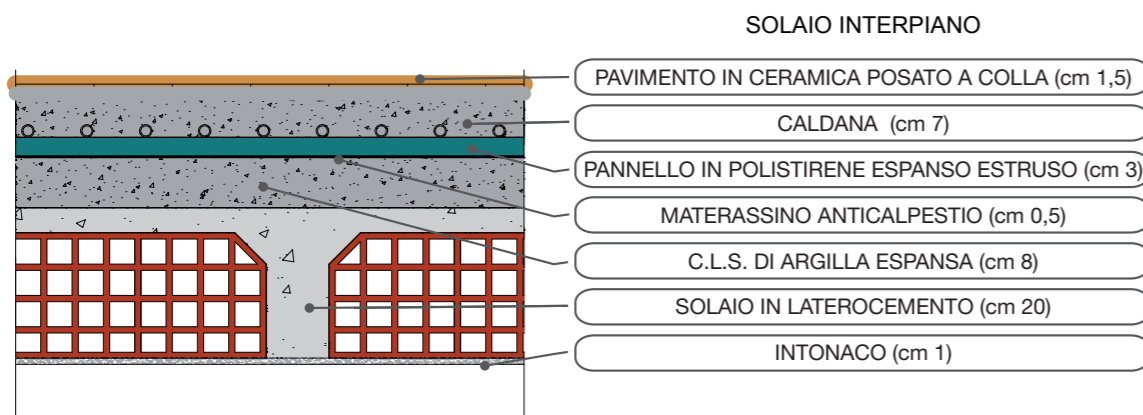
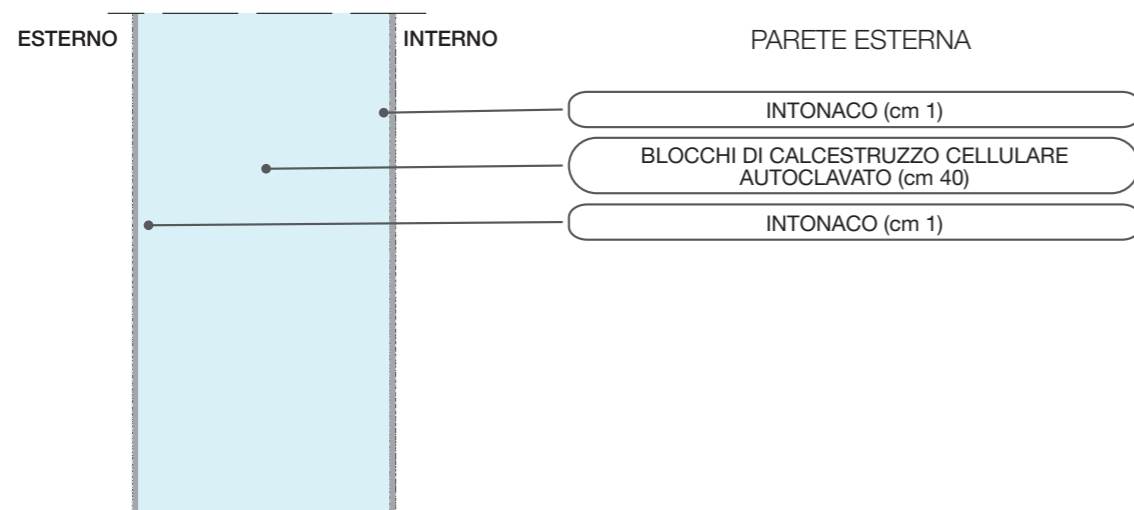
■ ZONA GIORNO
■ ZONA NOTTE
■ SERVIZI IGIENICI

L'involucro edilizio

La struttura portante dell'edificio è costituita da pilastri, setti e travi in calcestruzzo armato. La muratura esterna è realizzata con blocchi in calcestruzzo cellulare autoclavato dello spessore di 40 cm. La correzione dei ponti termici è garantita dall'isolamento con pannelli in polistirene espanso (12 cm) in corrispondenza dei setti, e da pannelli in lana di legno mineralizzata (5 cm) in corrispondenza dei pilastri.

L'isolamento del solaio interpiano è garantito dal massetto porta impianti, in argilla espansa, e dal pannello isolante dell'impianto radiante a pavimento, mentre i solai confinanti con ambienti non riscaldati presentano un'ulteriore coibentazione costituita da pannelli in polistirene espanso sinterizzato, dello spessore di 6 cm.

Gli infissi sono in legno con vetrocamera basso emissivo.



Impianti

L'impianto di riscaldamento è allacciato alla rete di teleriscaldamento/teleraffrescamento del territorio comunale. All'interno del locale tecnico, situato al piano interrato, si trova la sotto-stazione costituita dagli scambiatori a piastre alimentati dalle tubazioni della rete.

La contabilizzazione avviene separatamente per ogni singolo appartamento attraverso i contatori e le valvole di intercettazione poste nell'apposita cassetta nel vano scale. L'impianto interno è del tipo a pannelli radianti posti a pavimento. La regolazione

interna agli appartamenti si esegue tramite un cronotermostato ambiente a programmazione giornaliera/settimanale che permette di impostare la temperatura e l'orario del riscaldamento, così come in un qualsiasi sistema con caldaia singola.

Il raffrescamento degli ambienti viene assicurato da un ventilconvettore canalizzato posto nel controsoffitto del disimpegno di ciascun alloggio.

Sulla copertura è installato un impianto fotovoltaico costituito da 12 pannelli per una potenza totale di 1,68 KWp.



IN ALTO: UNA FASE DELL'INSTALLAZIONE DI UN PANNELLO RADIANTE E UN PANNELLO DI CONTABILIZZAZIONE
SOPRA: IL VENTILCONVETTORE DA INCASSO PER IL RAFFRESCAMENTO ESTIVO
A SINISTRA: IL LOCALE TECNICO

Parametri energetici di progetto

DATI CLIMATICI DI PARTENZA			
ZONA CLIMATICA	GRADI GIORNO	PERIODO DI RISCALDAMENTO	GIORNI DI RISCALDAMENTO
D	1772	DAL 01/11 AL 15/04	166 gg
VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA DEGLI ELEMENTI EDILIZI			
MURATURA ESTERNA			0.24 W/m ² K
SOLAIO COPERTURA			0.19 W/m ² K
SOLAIO TRA PIANI RISCALDATI			0.51 W/m ² K
SOLAIO SU AMBIENTI NON RISCALDATI			0.26 W/m ² K
SOLAIO SU ESTERNO			0.42 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (VETRO)			1.40 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (INFISSO)			1.90 W/m ² K

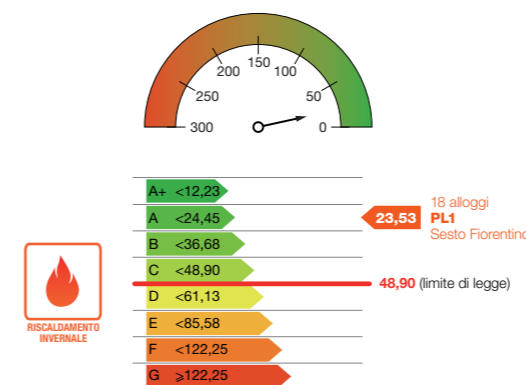
Sintesi ACE

SUPERFICIE UTILE m² 1.691

RAPPORTO DI FORMA S/V 0,49

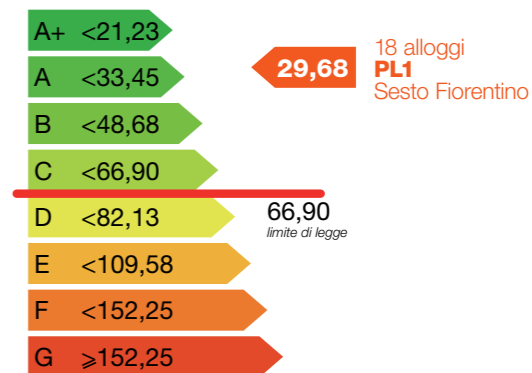
Prestazione energetica per la CLIMATIZZAZIONE INVERNALE (EPI)

(espressa in kWh/m² anno)



PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

(espressa in kWh/m² anno)

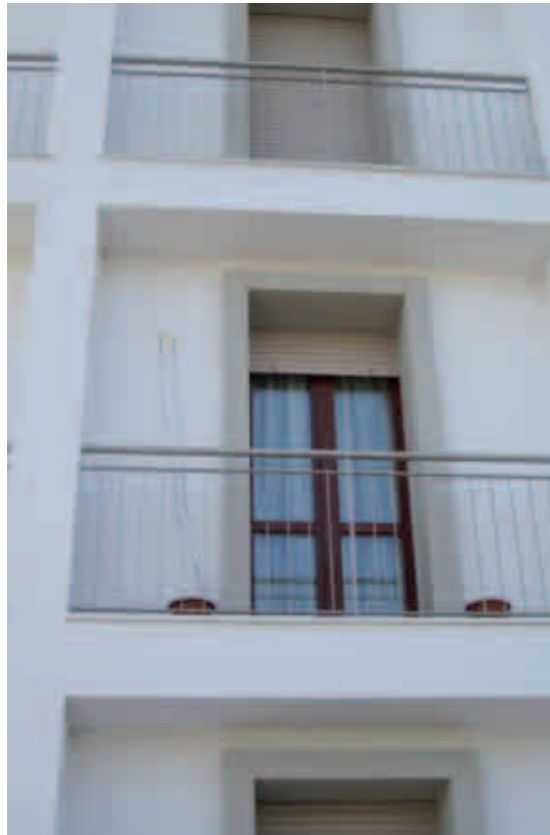




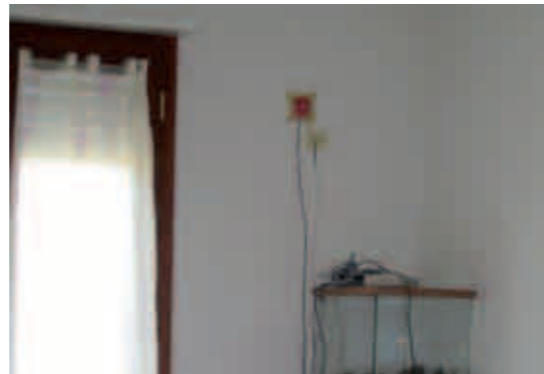
FASI DI CANTIERE, MATERIALI E
PARTICOLARI COSTRUTTIVI



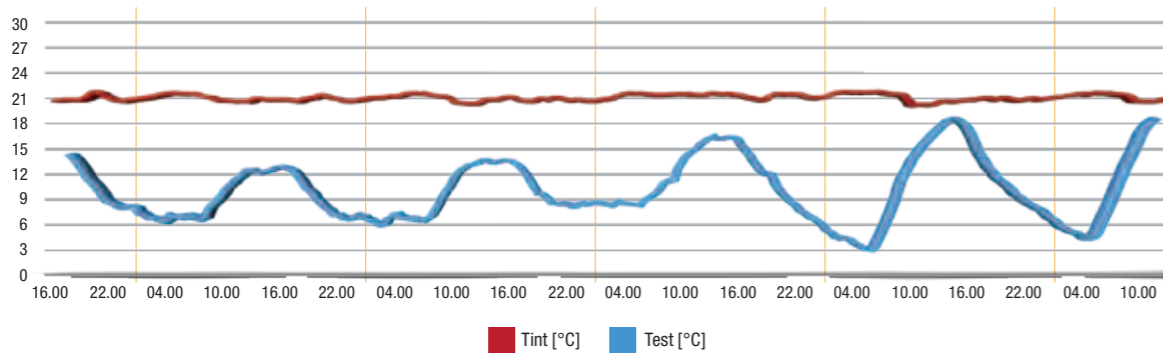
Misura della trasmittanza in opera



DATA INIZIO RILEVAMENTO	8 marzo 2012
DATA FINE RILEVAMENTO	13 marzo 2012
DURATA	117h 45'
TEMPERATURA INTERNA MEDIA	20,6°C
TEMPERATURA ESTERNA MEDIA	10,3°C
ΔT MEDIO	10,3°C
FLUSSO MEDIO	3,01 W/m ²
TRASMITTANZA DA A.C.E.	0,24 W/m ²
TRASMITTANZA RILEVATA	0,25 W/m²
DIFFERENZA	- 5 %



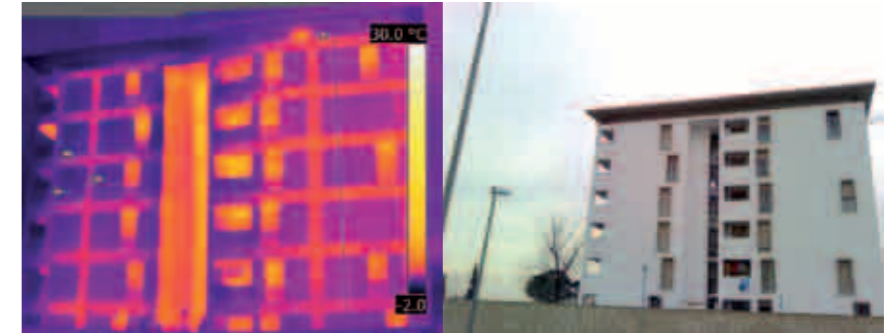
TEMPERATURE SUPERFICIALI [°C]



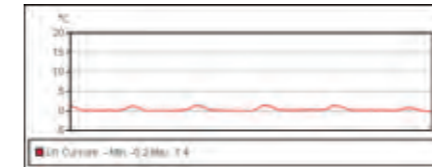
Indagine termografica

CONDIZIONI CLIMATICHE	
DATA	19/01/2012
T MEDIA [°C]	5
T MIN [°C]	0
T MAX [°C]	10
PUNTO DI RUGIADA [°C]	4
UMIDITÀ [%]	84
VELOCITÀ MEDIA VENTO [km/h]	5
VELOCITÀ MAX VENTO [km/h]	9
RAFFICA [km/h]	0
FENOMENI ATMOSFERICI	-

ESTERNO

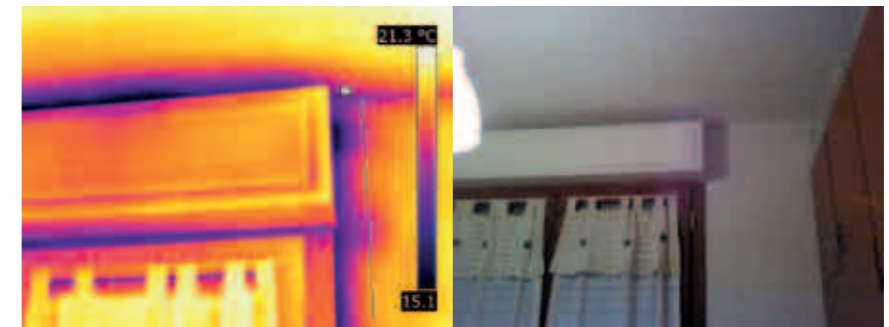


DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE TEMPERATURE NELL'AREA EVIDENZIATA

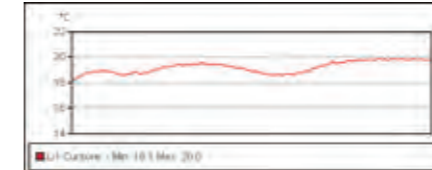


L'ANALISI TERMOGRAFICA EVIDENZIA DEI PONTI TERMICI IN CORRISPONDENZA DEI PILASTRI. LA DIFFERENZA DI TEMPERATURE È PIUTTOSTO CONTENUTA, CIRCA 1°C. MENTRE È APPENA LEGGIBILE IL ΔT IN CORRISPONDENZA DELLA CORREZIONE DEI PONTI TERMICI DEI SETTI D'ANGOLO.

INTERNO



DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE LUNGA LA LINEA TRACCIATA



DALL'IMMAGINE TERMOGRAFICA SI NOTA CHIARAMENTE UN'INFILTRAZIONE D'ARIA ATTRAVERSO I CASSONETTI DEGLI AVVOLGIBILI. QUESTO PROBLEMA DI POSA IN OPERA, SUCCESSIVAMENTE CORRETTO, È STATO RISCOVTRATO IN QUASI TUTTI GLI APPARTAMENTI. IL GRAFICO EVIDENZIA UNA TEMPERATURA SUPERFICIALE SEMPRE AL DI SOPRA DEI 18°C.

Considerazioni

L'edificio di viale della Pace a Sesto Fiorentino, certificato classe A secondo D. M. 26.06.2009, è caratterizzato dall'alto livello di efficienza energetica. Tale risultato è stato raggiunto anche grazie all'adozione di un pacchetto murario particolarmente performante, costituito da una muratura in blocchi di calcestruzzo cellulare autoclavato da 40cm.

Le prove strumentali, come già per l'edificio di Calenzano via Tenca, confermano le buone qualità del sistema costruttivo, in termini di resistenza al passaggio del calore e al comfort ambientale.

L'analisi svolta tramite il termoflussimetro dà come risultato una trasmittanza termica pari a $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$, contro $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ risultanti dal calcolo.

L'analisi termografica ha evidenziato la buona qualità dell'involucro edilizio, senza rilevanti anomalie termiche. Per quanto riguarda la correzione dei ponti termici, la prova tramite termocamera

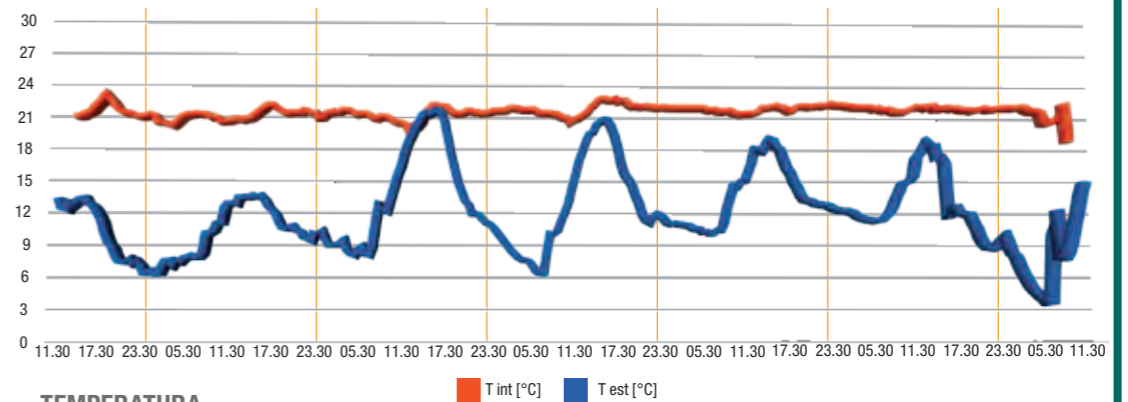
mostra come il pannello in lana di legno mineralizzata, posto sui pilastri, non consenta di raggiungere il livello di isolamento della soluzione angolare con setto rivestito con polistirene espanso. Dai termogrammi effettuati all'interno degli appartamenti, è emersa una problematica riguardante i cassonetti per gli avvolgibili, che presentavano infiltrazioni d'aria. Questo problema di posa in opera è stato corretto nel corso della seconda metà della stagione di riscaldamento.

Per quanto riguarda il monitoraggio dei consumi, meno della metà degli appartamenti riportano valori inferiori a quelli previsti in fase di redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica. Da questa analisi emerge infine come gli appartamenti sfavoriti siano quelli all'ultimo piano e quelli esposti a NE; si può ipotizzare che sull'aumento dei consumi di queste unità possa aver influito l'infiltrazione dai cassonetti, in quanto appartamenti maggiormente esposti ai venti prevalenti.

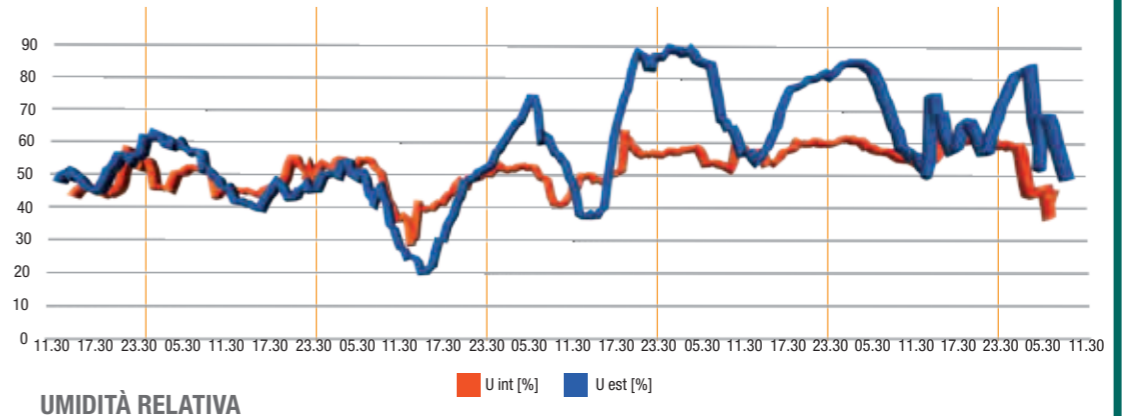
RILIEVI TERMOIGROMETRICI SUGLI ALLOGGI

L'attività di diagnosi energetica sugli edifici ha previsto, in alcuni casi specifici, anche il rilievo dei valori di temperatura e umidità relativa di alloggi campione per verificare il funzionamento degli impianti di riscaldamento. A titolo esemplificativo si riportano i risultati delle misure effettuate su un alloggio posto all'ultimo piano dell'edificio di questa scheda; tale alloggio, per la propria conformazione e posizione, ha la maggior superficie disperdente tra i 18 alloggi presenti nell'edificio (tre lati costituiti da pareti esterne, un lato con parete sul vano scala e il solaio confinante con

la copertura). Per 5 giorni, da martedì 21 febbraio a lunedì 27 febbraio è stato posizionato, nel soggiorno dell'abitazione, un *datalogger* per l'acquisizione di temperatura e umidità relativa dell'aria. I grafici riportano un estratto dei dati acquisiti dai quali è rilevabile che le temperature risultano, mediamente, pari a 20.7°C , con picchi di 22.3°C : si deduce un buon funzionamento dell'impianto radiante a pavimento. Il risultato dell'analisi evidenzia anche un livello di umidità relativa ottimale, in media 49.4% .



TEMPERATURA



UMIDITÀ RELATIVA

Firenze, Ludoteca comunale *Il Castoro* piazza Bartali 3



L'edificio sede della Ludoteca *Il Castoro*, nell'area ex Longinotti e adiacente al centro commerciale Gavinana Unicoop, è stato inaugurato il 27 settembre del 2011. Si tratta del primo tassello del complessivo programma di recupero che prevede, inoltre, la costruzione di 45 alloggi di housing sociale e attrezzature pubbliche.

La struttura è stata realizzata con il sistema costruttivo XLam, cioè in pannelli di legno massiccio formati dalla sovrapposizione e incollaggio di cinque strati di tavole disposti ortogonalmente uno rispetto all'altro, a formare elementi estremamente rigidi, resistenti e stabili.

L'edificio è ad alta prestazione energetica, certificato in Classe

A secondo il D.M. 26.06.2009, e si caratterizza per l'elevato comfort abitativo, grazie all'involucro totalmente realizzato con materiali naturali (oltre alla struttura in legno anche la coibentazione e le finiture sono realizzate in materiali naturali), il riscaldamento a pavimento e la copertura di parte dell'energia per la produzione di acqua calda sanitaria proveniente da fonte rinnovabile.

L'edificio è costituito da un piano interrato e due piani fuori terra: al piano interrato trovano posto gli spazi adibiti a magazzino, mentre al piano terra e al primo sono presenti i locali della ludoteca.

La copertura è di tipo "piano" ed è accessibile dal vano scala.



INQUADRAMENTO DEL LOTTO



PLANIMETRIA DEL PIANO TERRA



PLANIMETRIA DEL PIANO PRIMO

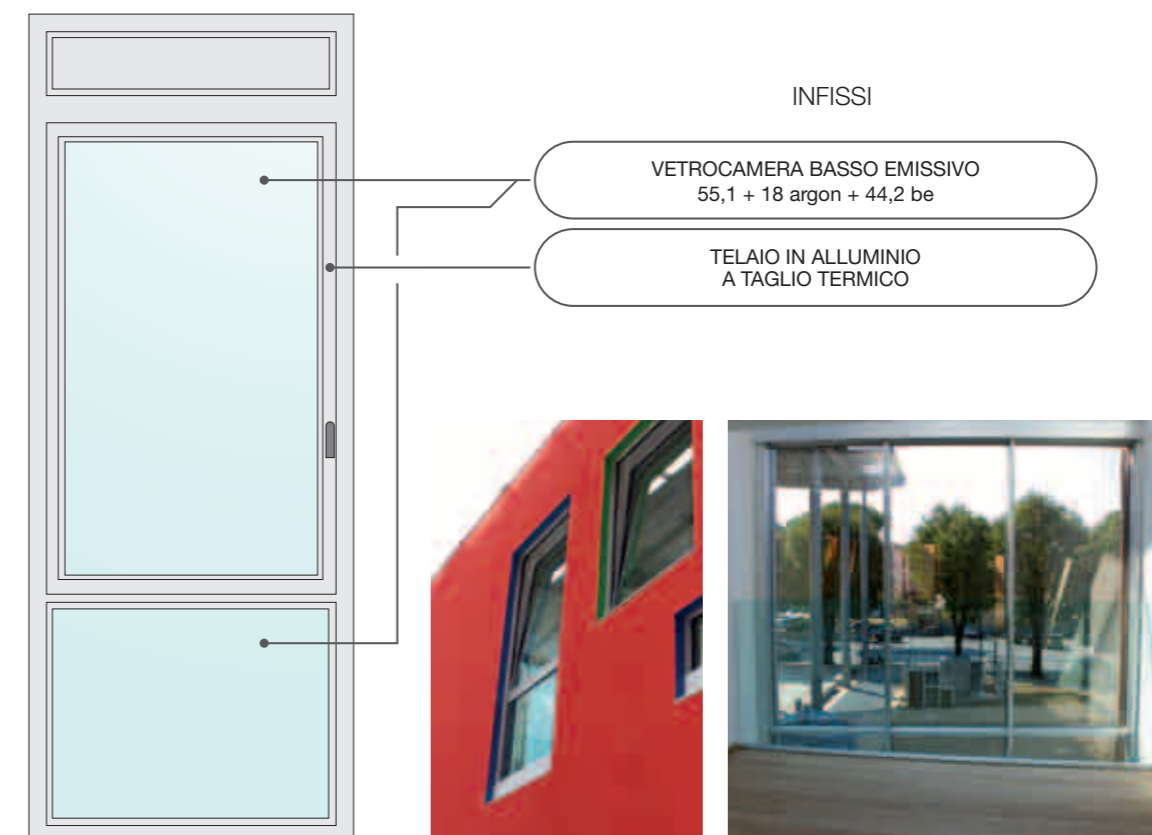
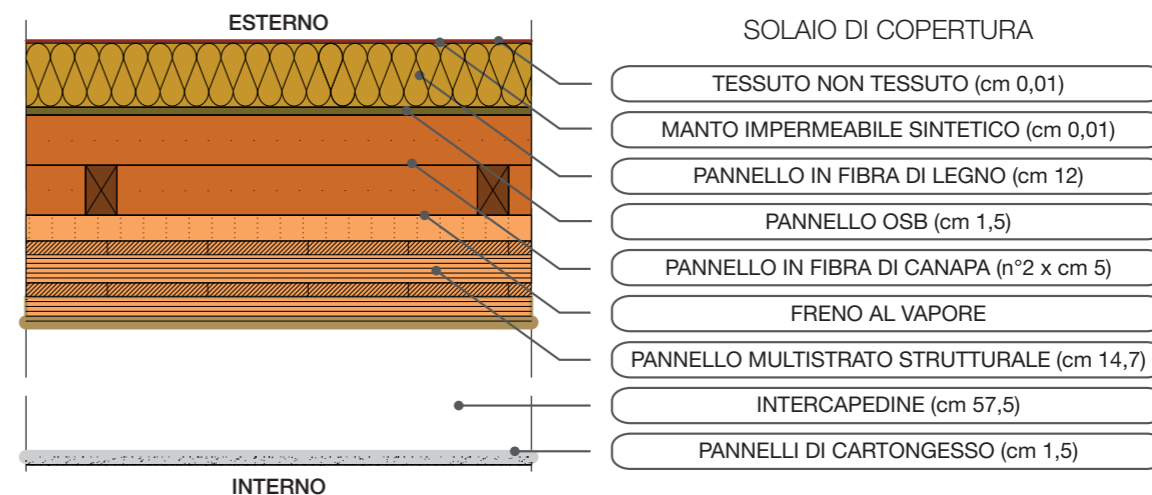
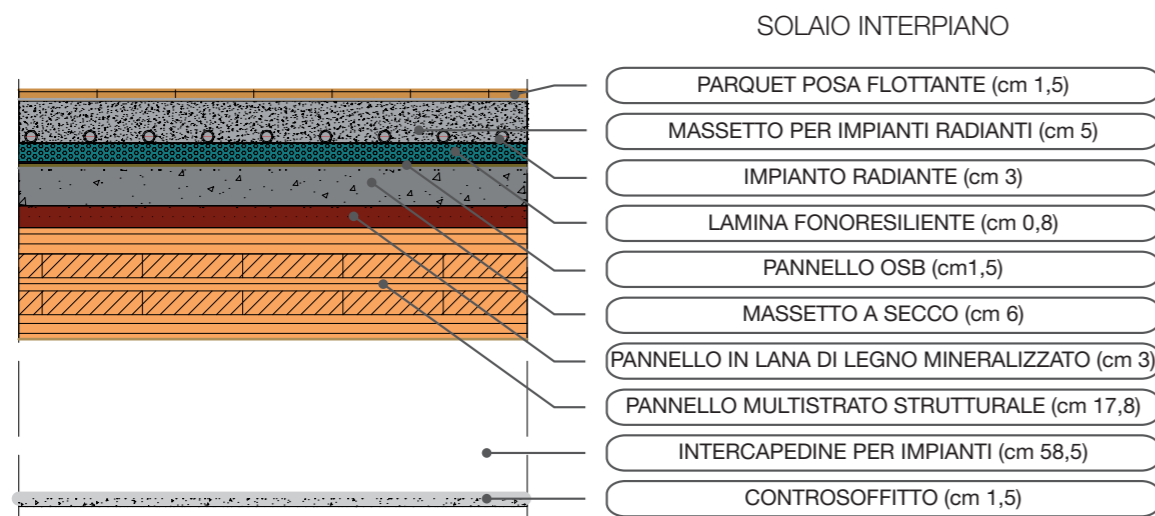
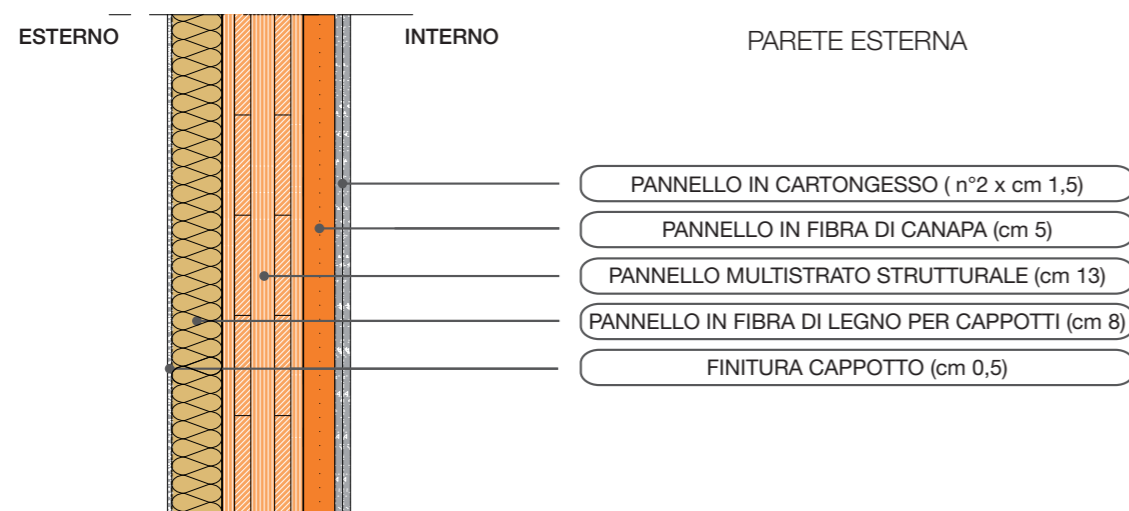
AULE
SERVIZI IGIENICI

L'involucro edilizio

La struttura portante dell'edificio è in legno, con sistema costruttivo XLam. La muratura esterna, con uno spessore totale di circa 30 cm, presenta un isolamento "a cappotto" in fibra di legno dello spessore di 8 cm e un isolamento interno in fibra di canapa.

Il solaio interpiano e il solaio di copertura, realizzati in XLam, hanno entrambi uno spessore di circa 40 cm (esclusa la controsoffittatura), mentre il solaio sul piano interrato è di tipo predalles, con uno spessore di circa 45 cm.

Gli infissi sono in alluminio con vetrocamera basso emissivo.



Impianti

L'impianto termico è composto da un generatore di calore a condensazione, ad alto rendimento, alimentato a gas metano, posto all'interno del locale "centrale termica", situato nel piano interrato dell'edificio, con accesso dall'esterno.

L'impianto interno è del tipo a "pannelli radianti" posti a pavimento. Nei locali adibiti a servizio igienico è presente un radiatore a piastre in alluminio.

L'impianto di acqua calda sanitaria è alimentato da un bollitore della capacità di 130 litri, situato in centrale termica, e integrato con un impianto solare posto sulla copertura dell'edificio.

È presente anche un impianto di climatizzazione estiva con gruppo frigo posto esternamente; i terminali sono costituiti sempre dall'impianto radiante a pavimento.

L'edificio è provvisto anche di un'unità di trattamento aria per il controllo dei ricambi d'aria e dell'umidità ambiente.



IN ALTO: IL MONTAGGIO DEI PANNELLI RADIANTI
AL CENTRO: IL CONDOTTO DELL'ARIA CON IL DIFFUSORE
A SINISTRA: IL LOCALE CALDAIA
SOPRA: IL COLLETTORE SOLARE, INSTALLATO SULLA COPERTURA, CHE INTEGRA LA CALDAIA PER LA PRODUZIONE DI ACQUA SANITARIA

Parametri energetici di progetto

DATI CLIMATICI DI PARTENZA			
ZONA CLIMATICA	GRADI GIORNO	PERIODO DI RISCALDAMENTO	GIORNI DI RISCALDAMENTO
D	1821	DAL 01/11 AL 15/04	166 GG

VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA DEGLI ELEMENTI EDILIZI	
MURATURA ESTERNA	0.22 W/m ² K
SOLAIO DI COPERTURA	0.14 W/m ² K
SOLAIO INTERPIANO	0.24 W/m ² K
SOLAIO SU INTERRATO	0.35 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (VETRO)	1.10 W/m ² K
CHIUSURE TRASPARENTI (INFISSO)	1.80 W/m ² K

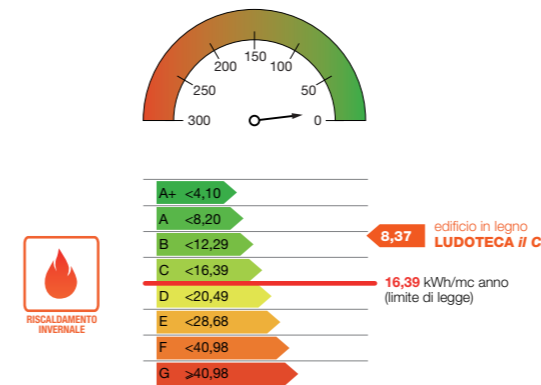
Sintesi ACE

SUPERFICIE UTILE m² 242,34

RAPPORTO DI FORMA S/V 0,67

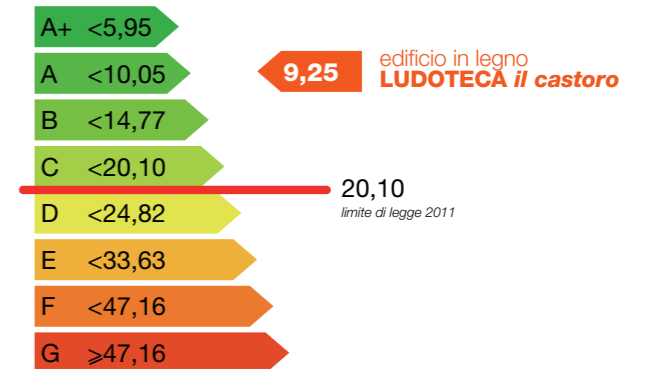
Prestazione energetica per la CLIMATIZZAZIONE INVERNALE (EPI)

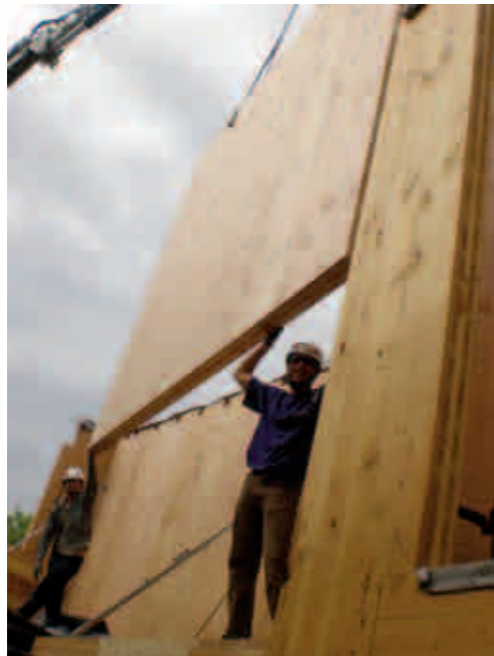
(espressa in kWh/m³ anno)



PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

(espressa in kWh/m³ anno)





FASI DI CANTIERE, MATERIALI E
PARTICOLARI COSTRUTTIVI

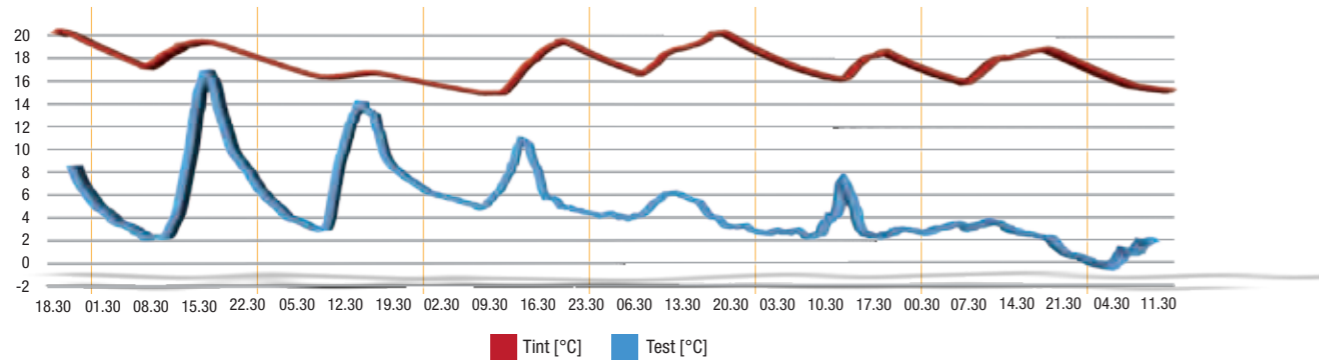
Misura della trasmittanza in opera



DATA INIZIO RILEVAMENTO	27 gennaio 2012
DATA FINE RILEVAMENTO	10 febbraio 2012
DURATA	163h 15'
TEMPERATURA INTERNA MEDIA	16,9°C
TEMPERATURA ESTERNA MEDIA	5,1°C
ΔT MEDIO	11,8°C
FLUSSO MEDIO	2,22 W/m ²
TRASMITTANZA DA A.C.E.	0,22 W/m ²
TRASMITTANZA RILEVATA	0,19 W/m²
DIFFERENZA	+ 16%



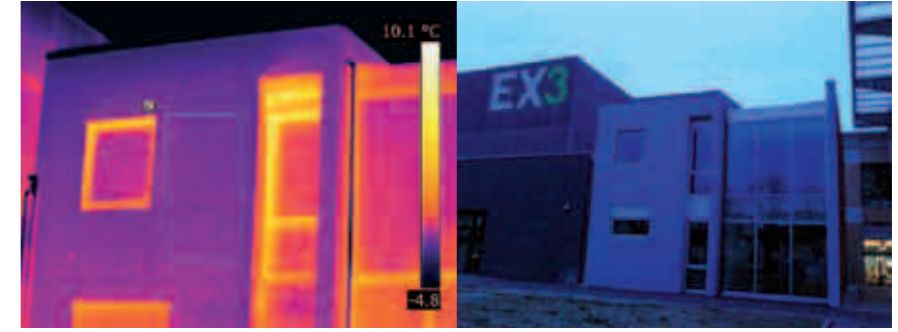
TEMPERATURE SUPERFICIALI [°C]



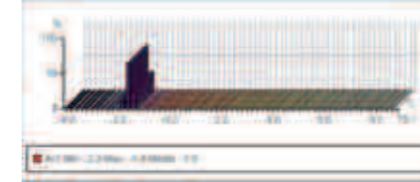
Indagine termografica

CONDIZIONI CLIMATICHE	
DATA	31/01/20112
T MEDIA [°C]	3
T MIN [°C]	1
T MAX [°C]	5
PUNTO DI RUGIADA [°C]	0
UMIDITÀ [%]	63
VELOCITÀ MEDIA VENTO [km/h]	11
VELOCITÀ MAX VENTO [km/h]	32
RAFFICA [km/h]	54
FENOMENI ATMOSFERICI	-

ESTERNO



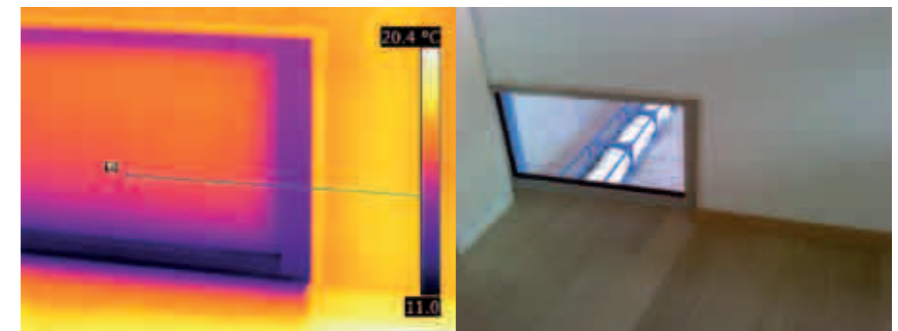
DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE TEMPERATURE NELL'AREA EVIDENZIATA



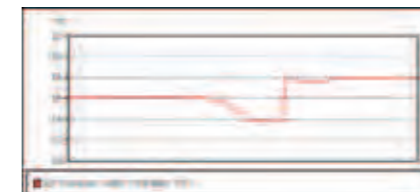
L'IMMAGINE TERMOGRAFICA METTE IN EVIDENZA L'OMOGENEITÀ DELLA TEMPERATURA SUPERFICIALE DELLA MURATURA PERIMETRALE, CON UN CAPPOTTO BEN POSATO NON EMERGONO DIFFERENZE DI TEMPERATURA.

IL GRAFICO METTE IN EVIDENZA LA DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE TEMPERATURE SULLA SUPERFICIE EVIDENZIATA NEL TERMOGRAMMA E MOSTRA CHIARAMENTE COME SIANO CONCENTRATE SU POCHI VALORI, COMPRESI TRA -2,3°C E -1,4°C.

INTERNO



DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE LUNGA LA LINEA TRACCIATA



IL GRAFICO A LINEA EVIDENZIA LA CONTINUITÀ TERMICA TRA SERRAMENTO E PARETE, CHE RISULTA ESSERE SUFFICIENTE A MANTENERE UNA RIDOTTA DIFFERENZA RADIANTE TRA GLI ELEMENTI CHE COMPONGONO IL NODO.

NON SI NOTANO INFILTRAZIONI D'ARIA O TEMPERATURE SUPERFICIALI PARTICOLARMENTE BASSE INTORNO AL TELAIO DELLA FINESTRA.

Considerazioni

La Ludoteca costituisce il primo esempio a Firenze di edificio realizzato in legno XLam. Si tratta di un fabbricato ad alte prestazioni energetiche e si caratterizza per l'elevato comfort abitativo, grazie all'involucro totalmente realizzato con materiali naturali.

Le prove strumentali svolte (misura della trasmittanza in opera e indagini termografiche) hanno confermato le elevate prestazioni

dell'involucro edilizio. L'analisi termografica non ha evidenziato anomalie nella posa del cappotto o altre dispersioni di calore.

Il consumo globale, comprensivo quindi del consumo di acqua calda sanitaria, è maggiore del 22% rispetto a quello previsto da certificazione energetica. Una percentuale ridotta, se si considera come, il rodaggio dell'impianto nella prima stagione termica, possa aver inciso sfavorevolmente sul rendimento medio globale.

IL SISTEMA COSTRUTTIVO IN LEGNO XLAM

Il sistema costruttivo, di sviluppo tecnologico recente, trae origine dal prodotto pannello a strati incrociati (o compensato di tavole), ossia un pannello di legno massiccio formato dalla sovrapposizione e incollaggio di strati di tavole, di spessore variabile tra i 20 e i 40 mm, disposti ortogonalmente uno rispetto all'altro a formare elementi estremamente rigidi, resistenti e stabili dimensionalmente, di spessore variabile tra gli 8 e i 30 cm e delle dimensioni volute, ottenibili mediante il taglio con macchine computerizzate.

I pannelli preparati in stabilimento arrivano così in cantiere dove vengono assemblati con estrema semplicità e velocità, andando a formare le pareti e i solai dell'edificio; questi sono collegati fra loro e alle fondazioni con elementi meccanici formati da piastre metalliche, viti auto-foranti e

chiodi. Un edificio a pannelli portanti è pertanto una struttura scatolare in cui le pareti e i solai sono formati da diaframmi costituiti da pannelli di legno massiccio molto rigidi e resistenti, collegati fra loro mediante unioni meccaniche.

Il processo costruttivo, caratterizzato da tempi di realizzazione nettamente più rapidi grazie alla costruzione completamente "a secco", consente una significativa riduzione dei costi in funzione dei requisiti prestazionali, dei materiali utilizzati per i pacchetti costruttivi e per i rivestimenti, degli impianti previsti e della distanza dello stabilimento di produzione.

L'impiego del legno per le costruzioni significa anche un indubbio beneficio in termini di sostenibilità, con un impatto ambientale decisamente minore in termini di emissioni di CO₂, consumi di energia e uso di materie prime.



ANALISI DEI CONSUMI REALI

Una fase importante della diagnosi energetica è costituita dall'analisi dei consumi reali degli edifici realizzati, effettuata tramite il monitoraggio mensile dei sistemi di contabilizzazione installati nei singoli alloggi.

Dalle letture effettuate per ciascun alloggio, sono stati calcolati i consumi

reali medi per il riscaldamento invernale di ciascun edificio nelle due stagioni analizzate; a riepilogo di quanto monitorato, si riporta di seguito una tabella riassuntiva recante il consumo previsto da Attestato di Certificazione Energetica e quello reale derivante dal monitoraggio, per ciascuno degli edifici analizzati.

CONFRONTO CONSUMO PREVISTO/CONSUMO REALE

	FIRENZE GIUNCOLI via Canova 116/27-30	CALEZANO DIETROPOGGIO via Tenco 10-20	PONTASSIEVE MEZZANA via Selvi 64-67	SESTO FIORENTINO PL13 via della Pace 20	FIRENZE LUDOTECA piazza Bartali 3
ANNI DI ESERCIZIO	II	II	II	I	I
CONSUMO DA ACE	20,1 kWh/m ² a	30,3 kWh/m ² a	59,4 kWh/m ² a	32,1 kWh/m ² a	9,2 kWh/m ² a
CONSUMO REALE 2010/11	38,0 kWh/m ² a	45,8 kWh/m ² a	32,0 kWh/m ² a	-	-
CONSUMO REALE 2011-2012	30,7 kWh/m ² a	54,8 kWh/m ² a	29,1 kWh/m ² a	39,2 kWh/m ² a	11,3 kWh/m ² a

I valori riportati sono il risultato della media aritmetica degli ACE e dei consumi dei singoli appartamenti.

Per capire la rilevanza dei dati riportati nella tabella di riepilogo, si possono mettere in relazione ai risultati dell'analisi effettuata su un edificio "tradizionale", sito in via Canova 25/16-20.

L'edificio in questione si trova presso il complesso di via Canova oggetto della

diagnosi energetica riportata nella prima scheda ed è anch'esso attualmente monitorato in quanto rientra nel programma sperimentale "Quanto consuma la mia casa".

Nella tabella seguente si riportano i consumi, calcolati e rilevati.

CONFRONTO CONSUMO PREVISTO/CONSUMO REALE IN UN EDIFICIO TRADIZIONALE

EDIFICIO	ANNO DI COSTRUZIONE	CONSUMO DA ACE	CONSUMO REALE 2011-2012
FIRENZE via Canova 25/16-20	1976	119,2 kWh/m ² a	107,7 kWh/m ² a

PER IL RISCALDAMENTO

Da questi dati si vince un significativo termine di raffronto tra gli edifici e.r.p. di ultima generazione, ad alta efficienza energetica, e il patrimonio edilizio esistente.

Andando ad analizzare la tabella di confronto tra i dati previsti e quelli effettivi per ciascuno degli edifici analizzati, emerge più di una considerazione.

Prima di tutto assume particolare rilevanza l'utilizzo del sistema edificio-impianto da parte degli utenti finali. L'utente finale determina, con le sue esigenze di comfort personalizzato, l'effettivo risparmio energetico. A questo proposito risulta particolarmente importante l'approccio all'uso delle nuove tecnologie. Dalle analisi effettuate emerge, infatti, un consumo maggiore non atteso, negli edifici dotati di impianto a pannelli radianti a pavimento. Per questa tipologia, l'abitudine degli inquilini all'impianto di riscaldamento tradizionale con "caldaia" singola e radiatori, quindi con la possibilità di impostare una temperatura elevata dell'impianto, o accendere e spegnere i terminali in base alle necessità, ha comportato un significativo incremento dei consumi, nonostante che gli utenti siano stati informati sulla corretta gestione della nuova tipologia di impianto.

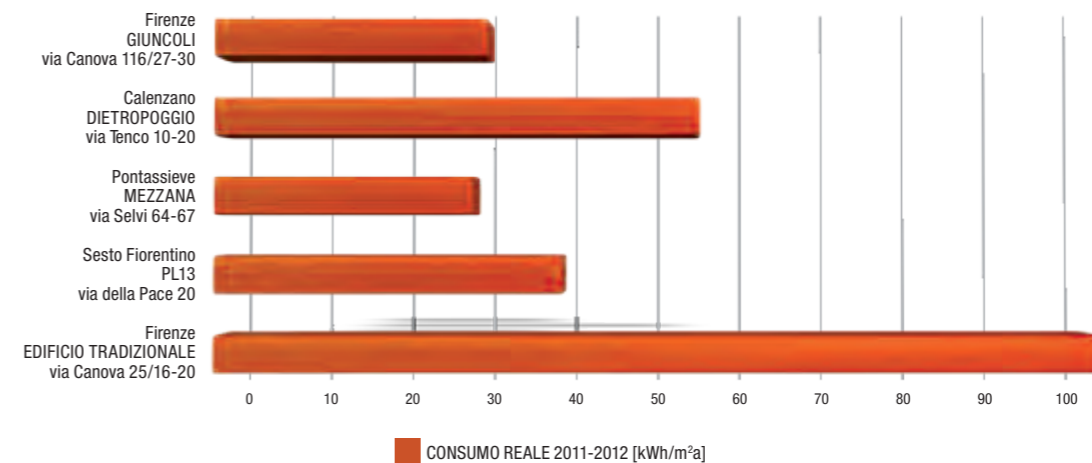
Altra considerazione si può fare sugli impianti a servizio dei nuovi edifici che risultano decisamente più complessi se confrontati con un impianto singolo "tra-

dizionale" per ciò che riguarda la taratura e la regolazione iniziale degli stessi, nonché per il bilanciamento di ciascun appartamento. Si può notare che già dopo la prima stagione invernale, gli edifici di Firenze Via Canova e Pontassieve Via Selvi hanno subito un decremento dei consumi, rispettivamente del 19% e del 9%. Una ulteriore considerazione sulla prima stagione di funzionamento deriva dal fatto che in alcuni casi non tutti gli alloggi vengono occupati dal momento dell'assegnazione, per questo alcuni appartamenti possono avere una maggiore dispersione di calore dovuta all'assenza dell'inquilino nell'alloggio confinante.

Considerazione a parte merita invece l'incremento di consumo sull'edificio di Calenzano; nel caso specifico, oltre alle considerazioni sopra riportate, valide anche per questo edificio, nella seconda stagione invernale si sono riscontrati malfunzionamenti sull'impianto di contabilizzazione e sulle valvole di regolazione dei circuiti interni agli alloggi, fatto che ha comportato un incremento dei consumi anomalo rispetto a quanto preventivato.

Il monitoraggio dei consumi conferma, quindi, al netto di eventuali problemi impiantistici, una riduzione dei fabbisogni energetici al trascorrere delle stagioni invernali derivanti dal bilanciamento raggiunto sull'impianto di riscaldamento e da una acquisizione di maggiore consapevolezza da parte degli utenti in merito al corretto utilizzo del sistema edificio-impianto.

DIAGRAMMA DI CONFRONTO DEL CONSUMO REALE IN EDIFICI AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA E IN EDIFICIO TRADIZIONALE



monitoraggio
energetico
in regime
estivo

Metodologia di lavoro

La metodologia di lavoro, utilizzata nell'attività di diagnosi energetica in regime estivo degli edifici sottoposti ad analisi, si è basata da un lato sulla misura di quelle grandezze che influenzano la sensazione di comfort all'interno degli ambienti chiusi e, dall'altro, sulla valutazione di una grandezza che definisce il comportamento dell'involucro in regime estivo, ossia l'inerzia termica delle pareti.

I fattori ambientali sottoposti a osservazione sono stati quindi i seguenti:

- temperatura (interna ed esterna)
- umidità relativa (interna ed esterna)
- temperatura superficiale della parete perimetrale (interna ed esterna).

Il monitoraggio del microclima, inteso come l'insieme dei fattori che regolano le condizioni climatiche di un ambiente chiuso o semi-chiuso, è stato effettuato nei periodi giugno-luglio del 2011 e del 2012.

Per ogni edificio analizzato sono state quindi effettuate le misure di temperatura e umidità dell'aria interne ed esterne e le temperature superficiali della parete perimetrale degli appartamenti; nell'analisi, quando possibile, è stato scelto un appartamento non abitato, in modo che il comportamento dell'utenza non influenzasse il risultato, e sono stati posizionati i rilevatori di temperatura e umidità, sia internamente che esternamente.

Valutazione delle condizioni di comfort termoigrometrico

La norma UNI EN 15251-2008 (Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica) fornisce indicazioni sui range ottimali delle temperature interne in funzione della categoria e della stagione (inverno/estate). Per un edificio residenziale, in categoria II (livello normale di aspettativa), le temperature estive dovrebbero oscillare tra i 23 e i 26 °C.

Un altro parametro da considerare è l'indice di calore, ovvero la temperatura percepita dal nostro corpo, data dalla combinazione tra temperatura effettiva misurata e umidità. In presenza di una elevata percentuale di umidità, il nostro corpo fatica di più a cedere calore e per questo motivo è facile avvertire una sensazione di malessere fisico. La tabella riporta di seguito questa combinazione: è evidente come proporzionalmente all'aumento di livello dell'umidità, aumenti anche la temperatura percepita dal nostro corpo. A valori arancio/rossi corrisponde una elevata soglia di sofferenza per l'organismo.

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33
22°	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31

INDICE DI CALORE (Humidex)

Ovviamente le formule utilizzate di norma per il calcolo dei vari indici di disagio restituiscono dei valori medi teorici che possono essere influenzati in grande misura da una serie di fattori umani e ambientali come ad esempio altezza, peso e sesso dell'individuo, tipo di abbigliamento, presenza di ombra o vento, tipo di attività svolta, ecc.

Comportamento dell'involucro

Durante il periodo estivo le condizioni climatiche esterne possono subire variazioni sensibili, sia in termini di temperatura che di radiazione solare, ben maggiori di quelle riscontrabili durante quello

invernale. Pertanto, il comportamento termico di un elemento opaco esposto al sole deve essere necessariamente valutato in condizioni dinamiche.

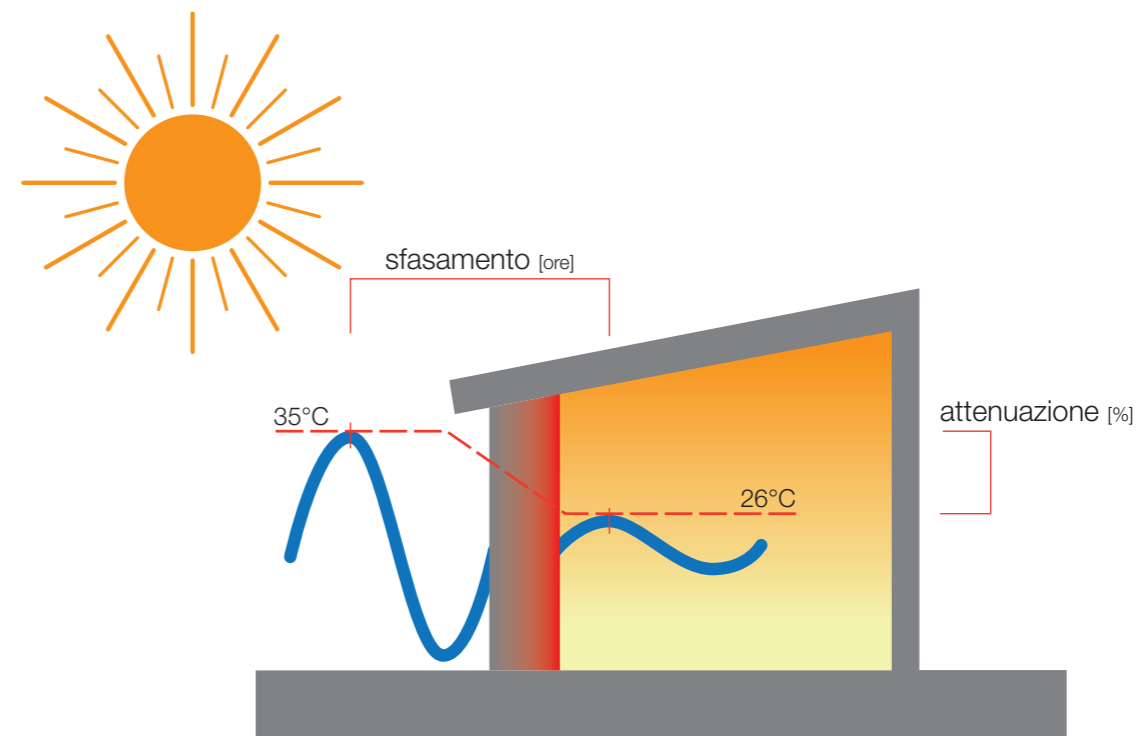
L'inerzia termica determina la capacità dei materiali di attenuare e ritardare l'ingresso in ambiente dell'onda termica dovuta alla radiazione solare incidente sull'involucro edilizio. Essa dipende dallo spessore del materiale, dalla capacità termica e dalla conduttività (o conducibilità).

Il controllo dell'inerzia termica può essere attuato attraverso la valutazione di due caratteristiche:

- Sfasamento: capacità di ritardare l'effetto dell'onda termica proveniente dall'esterno

- Attenuazione: rapporto percentuale fra la massima oscillazione dell'onda termica interna e quella esterna

Ad esempio, se alle ore 14 di un giorno sereno di luglio su di una superficie esposta al sole incide un certo flusso termico dovuto alla radiazione solare, quel flusso termico farà sentire il suo effetto all'interno dell'ambiente con un certo ritardo temporale (sfasamento) e con una intensità ridotta (attenuazione), in funzione delle caratteristiche termofisiche dell'elemento di involucro esposto al sole. Tramite l'utilizzo di sonde a contatto è stata quindi misurata la temperatura superficiale della parete perimetrale, sia internamente che esternamente, in modo da poter valutare l'inerzia termica dell'involucro edilizio e conseguentemente il suo comportamento in regime estivo.



SCHEMA DI UNA PARETE AD ELEVATA INERZIA TERMICA

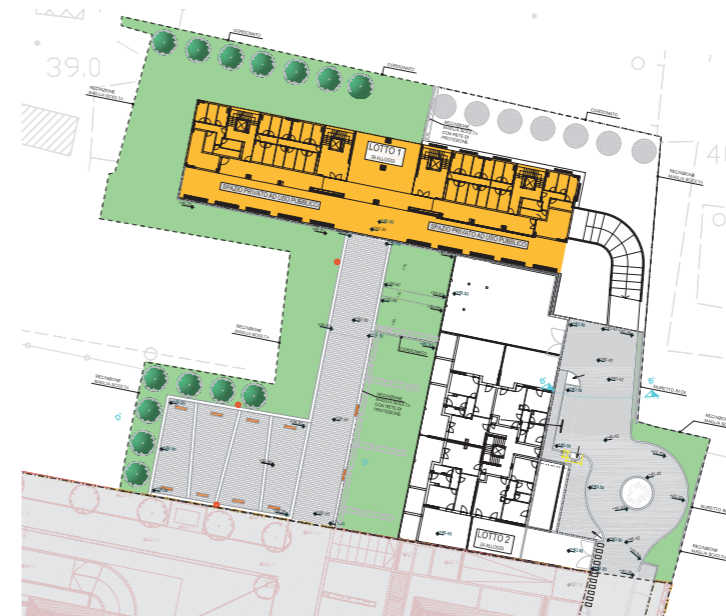
schede

Firenze, località Giuncoli

36 alloggi, via Canova 116/27-30



L'edificio rientra nel comparto che ospita la torre di 20 alloggi esaminato nella prima scheda del monitoraggio invernale. È realizzato con la stessa tipologia costruttiva, costituita da una muratura in laterizio con intercapedine isolata e isolamento a cappotto esterno in polistirene espanso.



PLANIMETRIA GENERALE



L'APPARTAMENTO OGGETTO D'ANALISI AL 5° PIANO DELL'EDIFICIO

Valutazione delle condizioni di comfort termoigrometrico

Le misure sono state eseguite dal 21 al 27 giugno 2012. Si riporta nella tabella seguente il riepilogo delle condizioni meteo nei giorni della misura rilevate dalla stazione di Firenze – Peretola.

Data	T _{media} [°C]	T _{min} [°C]	T _{max} [°C]	Punto di rugiada [°C]	Umidità [%]	Velocità vento media [km/h]	Velocità vento max [km/h]	Fenomeni atmosferici
21/06/2012	26	19	31	15	54	11	24	
22/06/2012	25	20	31	18	67	9	20	
23/06/2012	25	18	32	14	55	8	19	
24/06/2012	25	17	32	13	51	9	26	
25/06/2012	25	19	32	16	63	9	20	
26/06/2012	26	18	32	16	57	6	19	temporale
27/06/2012	28	20	35	15	48	6	13	

Per eseguire le misurazioni sono stati posizionati quattro datalogger per l'acquisizione della temperatura e umidità relativa dell'aria interna ed esterna.

L'appartamento oggetto di analisi presenta, a livello di

esposizione, tre affacci rispettivamente a Nord, Sud ed Est, e si trova in una posizione svantaggiata, essendo situato all'ultimo piano dell'edificio.

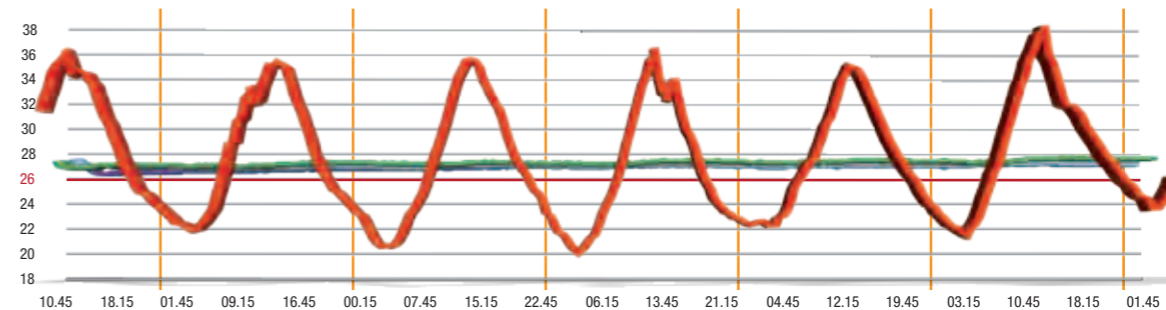
Nella tabella di seguito si riporta il riepilogo delle misure effettuate.

AMBIENTE	T MAX	T MIN	T MEDIA	UR MAX	UR MIN	UR MEDIA
Interno						
Camera 1	27.2°C	26.4°C	26.7°C	75.5%	61.5%	71.8%
Camera 2	27.3°C	26.2°C	26.8°C	81.2%	67.7%	79.1%
Soggiorno	27.2°C	26.4°C	26.8°C	65%	52.5%	61.3%
Esterno	36.2°C	20.2°C	27°C	77.8%	23.2%	53.1%

Dall'analisi dei dati rilevati e riportati sui grafici riepilogativi, risulta evidente come, nell'appartamento, al picco di calore esterno pari a 36.2°C registrato alle ore 16:15 corrisponda una temperatura interna all'ambiente pari a circa 27°C, vale a dire un

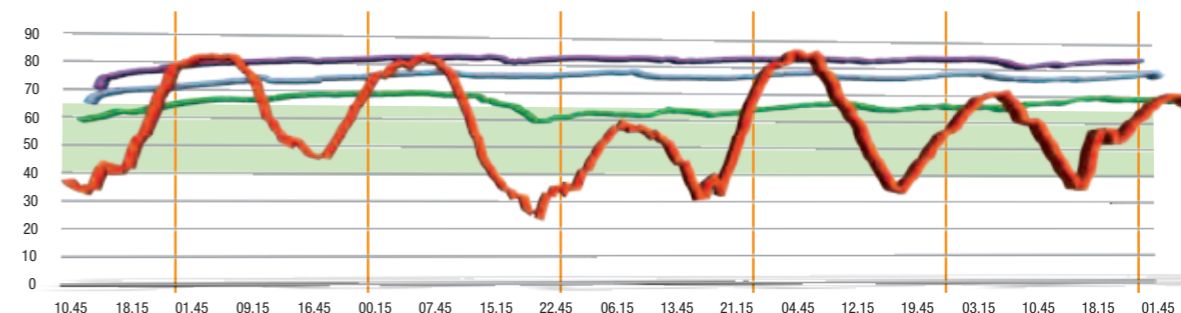
ΔT di quasi 10°C.

Di seguito sono riportati i grafici riepilogativi. Nei grafici sono stati evidenziati: la temperatura di comfort limite, ovvero 26°C; e la fascia del livello di umidità relativa auspicato (tra 40 e 65%).



TEMPERATURA

Esterno Soggiorno Camera 1 Camera 2



UMIDITÀ RELATIVA

Esterno Soggiorno Camera 1 Camera 2

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36
23°	23	23	23	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	33
22°	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31	31

INDICE HUMIDEX

Per quanto riguarda la temperatura percepita, si riporta la tabella nella quale sono evidenziati i valori massimi di temperatura e umidità relativa corrispondente, con una temperatura percepita pari a 34°C.

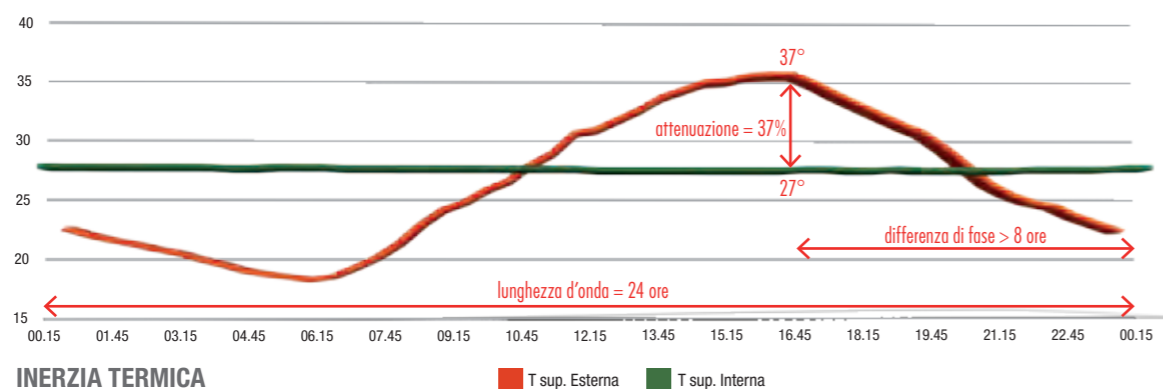
L'umidità registrata all'interno dell'appartamento risulta particolarmente elevata in quasi tutte le stanze. Va comunque ricordato che, essendo l'edificio completato di recente per la sua parte interna, è normale una certa quantità di umidità residua determinata dalla costruzione stessa (massetti, intonaci, ...).

Comportamento dell'involucro

La parete perimetrale dell'edificio presenta, secondo i calcoli effettuati in fase di redazione dell'ACE, uno sfasamento di 11 ore. Attraverso la misura delle temperature superficiali è possibile valutare con buona approssimazione il reale sfasamento, e l'attenuazione della parete. Ovvero di quanto la parete è in grado di ritardare e abbattere il flusso di calore proveniente dall'esterno. Le sonde di temperatura sono state posizionate in una parete esposta a Sud, selezionata perché colpita da radiazione solare per cui soggetta a un flusso di calore consistente.

Nella tabella vengono riepilogati ed elaborati i risultati della prova. Dalle misure risulta uno sfasamento tra l'onda termica interna e quella esterna >8h e un'attenuazione dell'ampiezza d'onda pari al 37%.

SUPERFICIE	T MAX	T MIN	T MEDIA
interna	27.2°C	26.5°C	26.9°C
esterna	37.0°C	18.0°C	26.6°C



Considerazioni

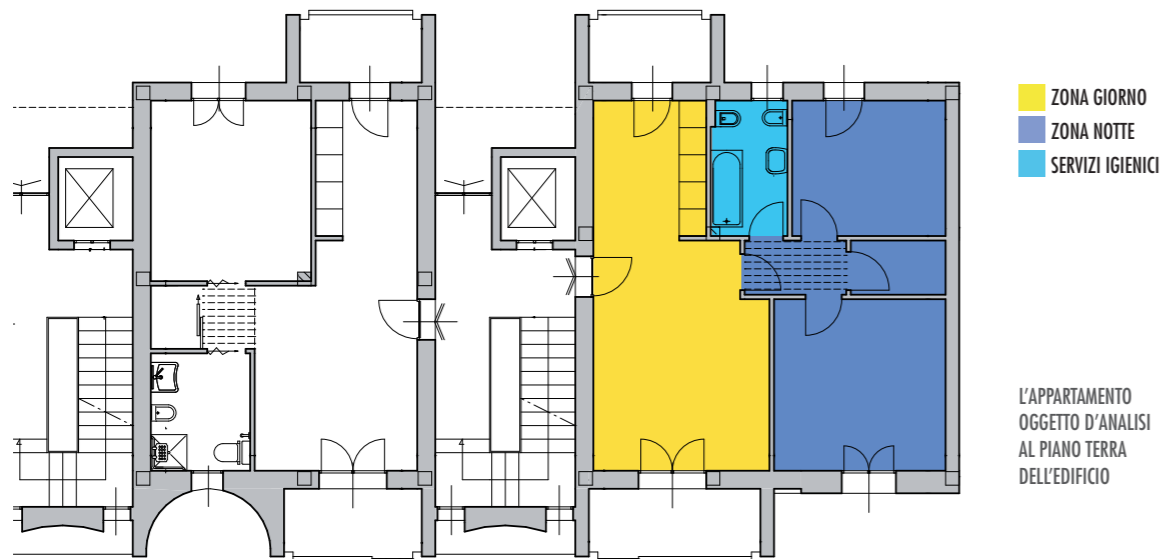
Le prove strumentali svolte mettono in evidenza un buon comportamento dell'involucro edilizio in regime estivo. Il rilievo effettuato tramite USB Datalogger evidenzia un andamento delle temperature interne all'appartamento quasi del tutto costante, poco al di sopra dei 26°C, nonostante all'esterno vi sia un'escursione termica giornaliera superiore a 13°C.

Per quanto riguarda la valutazione dell'inerzia termica, la prova tramite sonde a contatto ha confermato le caratteristiche della parete perimetrale calcolate in fase di redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica. Lo sfasamento va oltre le 8h, con un abbattimento dell'onda termica pari al 37%.



Pontassieve, località Mezzana

20 alloggi, via Selvi 64-67



Valutazione delle condizioni di comfort termoigrometrico

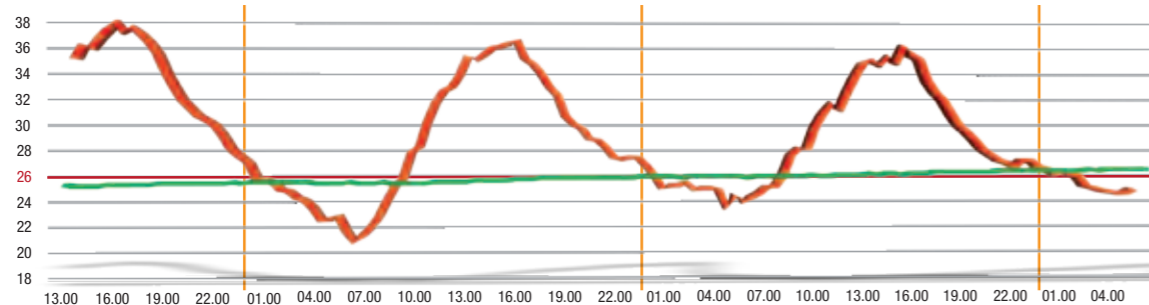
Le misure sono state eseguite dal 5 all' 8 agosto 2011. Si riporta nella tabella seguente il riepilogo delle condizioni meteo nei giorni della misura rilevate dalla stazione di Firenze – Peretola.

Data	T _{media} [°C]	T _{min} [°C]	T _{max} [°C]	Punto di rugiada [°C]	Umidità [%]	Velocità vento media [km/h]	Velocità vento max [km/h]	Fenomeni atmosferici
5/08/2011	25	24	34	16	58	7	24	-
6/08/2011	26	19	33	17	58	8	20	-
7/08/2011	26	21	32	19	64	10	22	-
8/08/2011	25	23	29	19	67	12	24	pioggia

Per eseguire il rilevamento sono stati posizionati 2 datalogger rispettivamente a Nord e a Sud, ed è situato al piano terra dell'edificio. L'appartamento oggetto di analisi è dotato di due affacci, Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle misure effettuate:

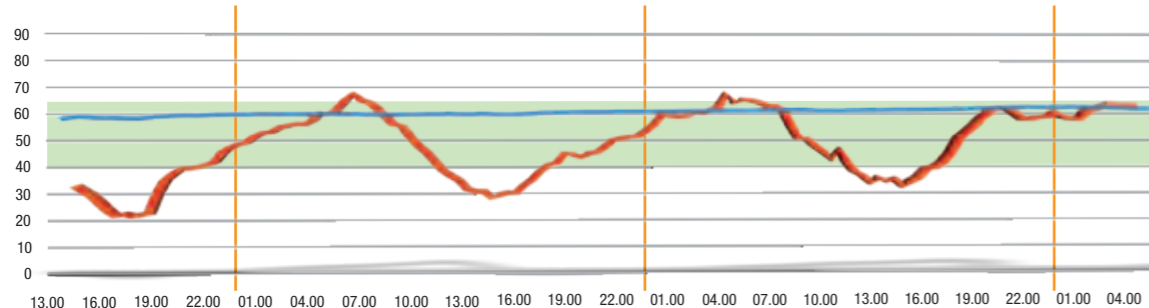
AMBIENTE	T MAX	T MIN	T MEDIA	UR MAX	UR MIN	UR MEDIA
Interno	26.8°C	25.6°C	26.2°C	63.3%	59.3%	61.6%
Esterno	37.7°C	21.3°C	29.3°C	68.0%	24.2%	49.5%

Dall'analisi dei dati rilevati e riportati nei grafici seguenti, risulta evidente come, al picco di calore esterno pari a 37.7°C registrato alle ore 15:30 corrisponda una temperatura interna all'ambiente pari a 25.7°C. Analogamente quando esternamente si raggiunge la temperatura più bassa pari a 21.3°C alle ore 06:00 si ha una temperatura interna pari a 25.9°C. È evidente che se la massima punta termica esterna estiva si farà sentire all'interno dell'abitazione quando la temperatura ambientale sarà scesa a valori più moderati, essa sarà sopportata molto più agevolmente dagli occupanti. Di seguito sono riportati i grafici riepilogativi delle misure. Nei grafici sono stati evidenziati: la temperatura di comfort limite, ovvero 26°C, e la fascia del livello di umidità relativa auspicato (tra 40 e 65%).



TEMPERATURA

■ Esterno ■ Interno



UMIDITÀ RELATIVA

■ Esterno ■ Interno

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	33
22°	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31	31

INDICE HUMIDEX

Per quanto riguarda la temperatura percepita in relazione alla percentuale di umidità dell'aria, come illustrato precedentemente, si utilizzerà l'indice humidex. Nella tabella seguente sono stati evidenziati i valori medi di temperatura e l'umidità relativa corrispondente, con una temperatura percepita pari a 28°C.

Comportamento dell'involucro

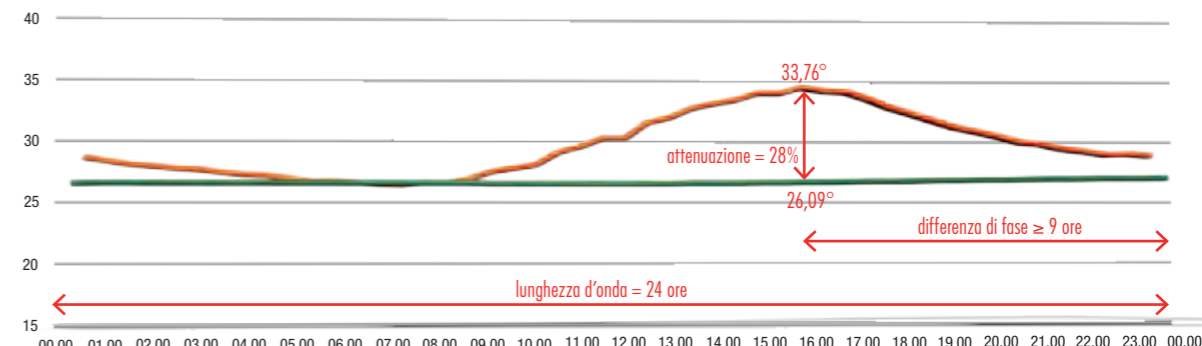
La parete perimetrale dell'edificio, già descritta nella parte riguardante l'analisi in regime invernale, presenta, secondo i calcoli effettuati in fase di redazione dell'ACE, uno sfasamento di 12 ore e 30 minuti.

Attraverso la misura delle temperature superficiali è possibile valutare con buona approssimazione il reale sfasamento, e l'attenuazione della parete. Ovvero di quanto la parete è in grado di ritardare e abbattere il flusso di calore proveniente dall'esterno. Le sonde di temperatura sono state posizionate in una parete esposta a Sud, selezionata perché colpita da radiazione solare per cui soggetta a un flusso di calore consistente.

Nella seguente tabella vengono riepilogati ed elaborati i risultati della prova.

Dalle misure risulta uno sfasamento tra l'onda termica interna e quella esterna >9h e un'attenuazione dell'ampiezza d'onda pari al 28%.

SUPERFICIE	T MAX	T MIN	T MEDIA
interna	26.9°C	25.6°C	26.3°C
esterna	34.1°C	24.9°C	29.6°C



INERZIA TERMICA

■ T sup. Esterna ■ T sup. Interna

Considerazioni

Le prove strumentali svolte mettono in evidenza un buon comportamento dell'involucro edilizio in regime estivo. Il grafico relativo ai rilievi interni all'appartamento rivela un andamento delle temperature quasi del tutto costante nell'arco della giornata, intorno ai 26°C, nonostante all'esterno vi sia un'escursione termica giornaliera superiore a 13°C.

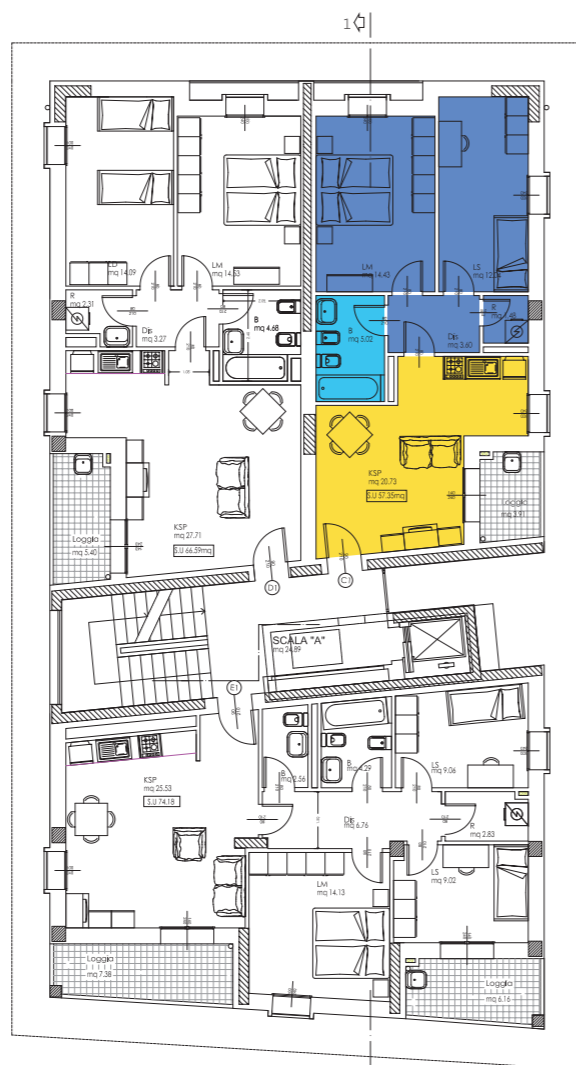
Anche l'umidità relativa registrata mantiene un andamento

costante nell'arco delle 24h, attestandosi al di sopra della media esterna.

Per quanto riguarda la valutazione dell'inerzia termica, la prova tramite sonde a contatto ha confermato le caratteristiche della parete perimetrale calcolate in fase di redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica. Lo sfasamento va oltre le 9h, con un abbattimento dell'onda termica pari al 28%.

Sesto Fiorentino, PL13

18 alloggi, via della Pace 20



L'APPARTAMENTO OGGETTO D'ANALISI AL PIANO TERRA DELL'EDIFICIO

■ ZONA GIORNO ■ ZONA NOTTE ■ SERVIZI IGIENICI

Valutazione delle condizioni di comfort termoigrometrico

Le misure sono state effettuate dal 25 al 29 luglio 2011. Si riporta nella tabella seguente il riepilogo delle condizioni meteo nei giorni della misura rilevate dalla stazione di Firenze – Peretola.

Data	T _{media} [°C]	T _{min} [°C]	T _{max} [°C]	Punto di rugiada [°C]	Umidità [%]	Velocità vento media [km/h]	Velocità vento max [km/h]	Fenomeni atmosferici
25/07/2011	20	12	31	16	60	7	19	pioggia
26/07/2011	22	15	30	15	58	8	22	-
27/07/2011	19	14	29	13	79	5	13	pioggia
28/07/2011	22	18	32	12	70	7	19	temporale
29/07/2011	21	16	33	15	74	7	19	temporale

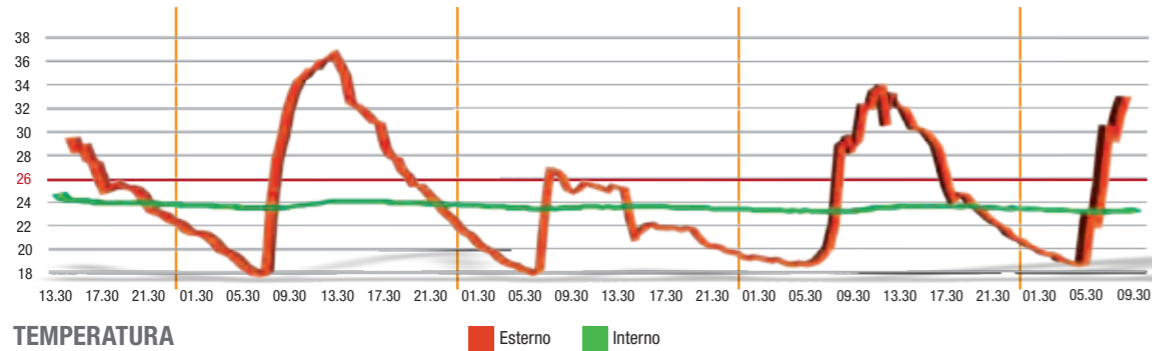
Per eseguire le misurazioni sono stati posizionati due datalogger per l'acquisizione della temperatura e umidità relativa dell'aria interna ed esterna. L'appartamento oggetto di analisi è dotato di due affacci, rispettivamente a Nord-Est e a Sud-Est, ed è situato al piano terra dell'edificio. Nella tabella si riporta il riepilogo delle misure effettuate.

AMBIENTE	T MAX	T MIN	T MEDIA	UR MAX	UR MIN	UR MEDIA
Interno	25.5°C	23.9°C	24.4°C	64.9%	46.5%	60.2%
Esterno	36.7°C	18.6°C	24.8°C	81.3%	18.9%	55.5%

Dall'analisi dei dati rilevati e riportati nei grafici seguenti, risulta evidente come, al picco di calore esterno pari a 36.7°C registrato alle ore 12:30 corrisponda una temperatura interna all'ambiente pari a 24.8°C. Analogamente quando esternamente si raggiunge la temperatura più bassa pari a 18.6°C alle ore 06:00 si ha una temperatura interna pari a 24.3°C. È evidente che se la massima punta termica esterna estiva si farà sentire all'interno

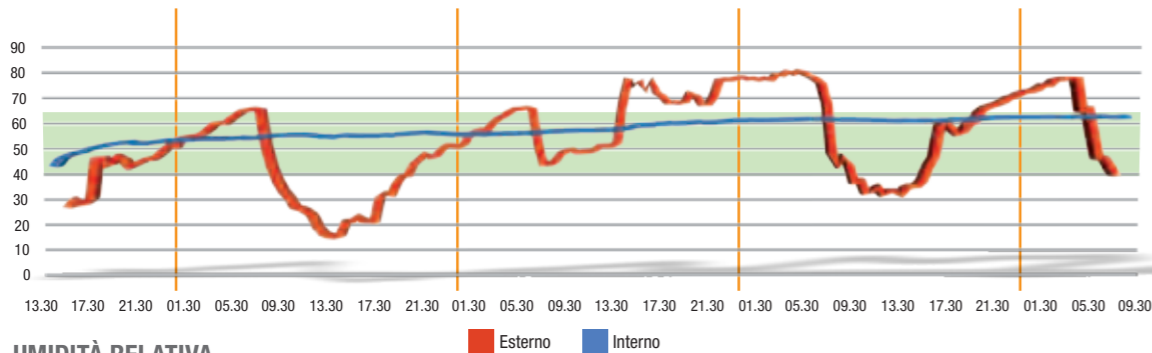
dell'abitazione quando la temperatura ambientale sarà scesa a valori più moderati, essa sarà sopportata molto più agevolmente dagli occupanti.

Di seguito sono riportati i grafici riepilogativi delle misure. Nei grafici sono stati evidenziati: la temperatura di comfort limite, ovvero 26°C e la fascia del livello di umidità relativa auspicato (tra 40 e 65%).



TEMPERATURA

Esterno Interno



UMIDITÀ RELATIVA

Esterno Interno

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33
22°	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31

INDICE HUMIDEX

Per quanto riguarda la temperatura percepita in relazione alla percentuale di umidità dell'aria, come illustrato precedentemente, si utilizzerà l'indice humidex. Nella tabella seguente sono stati evidenziati i valori medi di temperatura e l'umidità relativa corrispondente, con una temperatura percepita pari a 29°C.

Comportamento dell'involucro

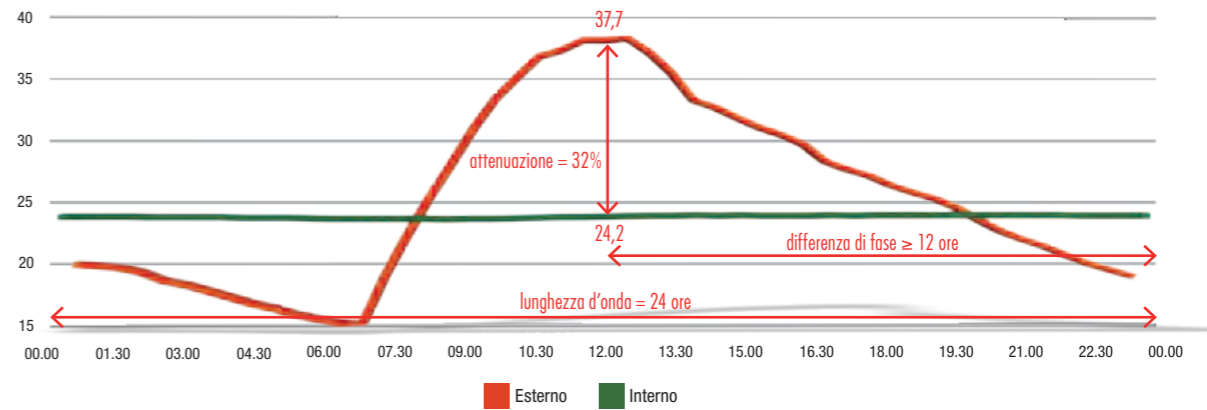
La parete perimetrale dell'edificio, già descritta nella parte riguardante l'analisi in regime invernale, presenta, secondo i calcoli effettuati in fase di redazione dell'ACE, uno sfasamento di 18 ore.

Attraverso la misura delle temperature superficiali è possibile valutare con buona approssimazione il reale sfasamento, e l'attenuazione della parete. Ovvero di quanto la parete è in grado di ritardare e abbattere il flusso di calore proveniente dall'esterno. Le sonde di temperatura sono state posizionate in una parete esposta a Sud, selezionata perché colpita da radiazione solare per cui soggetta a un flusso di calore consistente.

Nella tabella seguente vengono riepilogati ed elaborati i risultati della prova.

Dalle misure risulta uno sfasamento tra l'onda termica interna e quella esterna >12h e un'attenuazione dell'ampiezza d'onda pari al 32%.

SUPERFICIE	T MAX	T MIN	T MEDIA
interna	24.4°C	23.7°C	24.1°C
esterna	38.1°C	23.4°C	15.8°C



Considerazioni

Le prove strumentali svolte mettono in evidenza un buon comportamento dell'involucro edilizio in regime estivo. Il grafico relativo ai rilievi interni all'appartamento rivela un andamento delle temperature quasi del tutto costante nell'arco della giornata, intorno ai 24°C, nonostante all'esterno vi sia un'escursione termica giornaliera che raggiunge i 18°C. Anche l'umidità relativa

registrata mantiene un andamento costante nell'arco delle 24h, attestandosi leggermente al di sopra della media esterna.

Per quanto riguarda la valutazione dell'inerzia termica, la prova tramite sonde a contatto ha rivelato una temperatura delle pareti quasi costante sui 24°C e un'attenuazione dell'onda termica proveniente dall'esterno ottima, pari al 32%.

ANALISI DI CONFRONTO

La diagnosi strumentale in regime estivo, oltre che ai nuovi edifici, è stata estesa ad un appartamento situato in un condominio risalente agli anni '60, in modo da poter valutare le differenze sostanziali tra le varie grandezze caratterizzanti il comfort ambientale.

VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI COMFORT TERMOIGROMETRICO

Le misure sono state eseguite dall'1 al 4 settembre 2011. Come per gli appartamenti studiati nelle schede precedenti, sono state misurate le temperature e l'umidità relative interne, e le temperature superficiali della parete perimetrale, internamente ed esternamente.

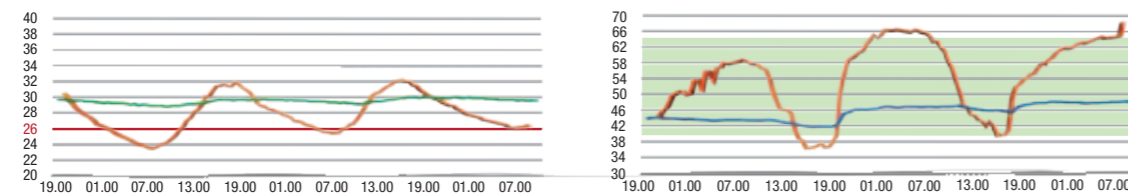
Data	T _{interna} [°C]	T _{ambiente} [°C]	T _{esterna} [°C]	Punto di rugiada [°C]	Umidità [%]	Velocità vento media [km/h]	Velocità vento max [km/h]	Fenomeni atmosferici
1/09/2011	25	18	32	17	64	8	20	-
2/09/2011	26	18	33	17	58	7	19	-
3/09/2011	28	22	34	19	62	6	17	-
4/09/2011	24	20	29	20	77	8	32	pioggia

AMBIENTE	T MAX	T MIN	T MEDIA	UR MAX	UR MIN	UR MEDIA
Interno	29.9°C	28.8°C	29.5°C	53.8%	41.8%	45.4%
Esterno	32.0°C	23.7°C	27.9°C	67.4%	36.4%	54.1%

Per eseguire il rilevamento sono stati posizionati 2 datalogger per l'acquisizione di temperatura e umidità relativa dell'aria. L'appartamento presenta due affacci rispettivamente a Nord e a Sud, ed è situato al terzo piano del fabbricato (piano intermedio).

Nella tabella a fianco si riporta il riepilogo delle misure effettuate.

Analizzando i dati rilevati è importante evidenziare come al picco di calore esterno pari a 32°C registrato alle ore 16:30 corrisponde una temperatura interna all'ambiente pari a 29.8°C. Analogamente quando esternamente si raggiunge la temperatura più bassa pari a 23.7°C alle ore 06:50 si ha una temperatura interna pari a 28.9°C. Di seguito sono riportati i grafici riepilogativi delle misure.



	25%	30%	35%	40%	45%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	53	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80
41°	46	48	51	53	56	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33
22°	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31

Per quanto riguarda la temperatura percepita in relazione alla percentuale di umidità dell'aria. Nella tabella seguente sono stati evidenziati i valori medi di temperatura e di umidità relativa, con una temperatura percepita pari a 36°C.

INDICE HUMIDEX

CON UN EDIFICIO ANNI '60

COMPORAMENTO DELL'INVOLUCRO

Attraverso la misura delle temperature superficiali è stato possibile valutare con buona approssimazione il reale sfasamento, e l'attenuazione della parete, ovvero di quanto la parete è in grado di ritardare e abbattere il flusso di calore proveniente dall'esterno. Le sonde di temperatura superficiale sono state fissate all'interno e all'esterno della parete esposta a Sud, selezionata perché colpita da radiazione solare per cui soggetta a un flusso di calore consistente. Nella vengono riepilogati ed elaborati i risultati della prova.

SUPERFICIE	T MAX	T MIN	T MEDIA
interna	34.2°C	26.5°C	30.4°C
esterna	42.0°C	23.1°C	30.4°C

Dalle misure risulta uno sfasamento tra l'onda termica interna e quella esterna 2:30h e un'attenuazione dell'ampiezza d'onda pari al 16%

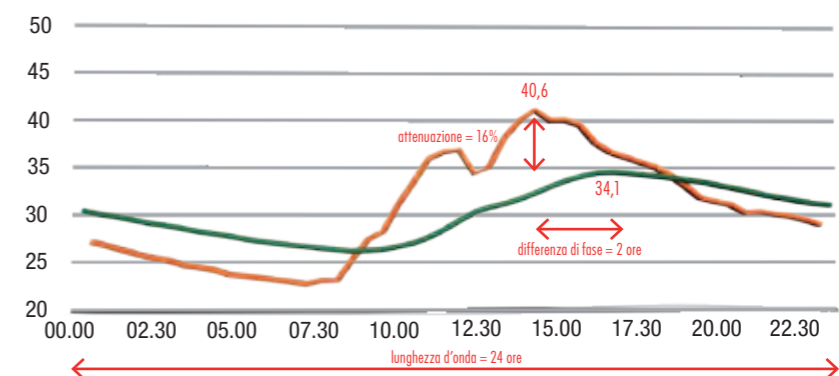


Tabella riepilogativa:

	FIRENZE GIUNCOLI via Canova 116/27-30	PONTASSIEVE MEZZANA via Selvi 64-67	SESTO FIORENTINO PL13 via della Pace 20	CONDOMINIO DI RIFERIMENTO anni '60	
TEMPERATURA	T MAX ESTERNA	36.2°C	37.7°C	36.7°C	32.0°C
	T INTERNA CORRISPONDENTE	27.1°C	25.7°C	24.8°C	29.8°C
	DIFFERENZA	9.1°C	12°C	11.9°C	2.2°C
INERZIA TERMICA	SFASAMENTO	> 8h	> 9h	>12h	> 2h
	ATTENUAZIONE	37%	28%	32%	16%

Crediti

Comune di Firenze, P.U.E. e P.U.C. Giuncoli

20 alloggi in affitto permanente - 36 alloggi e.r.p.

r.u.p.: Arch. Vincenzo Esposito (CASA SpA)

progetto architettonico: Arch. Riccardo Roda (EOS Consulting p.s.c. a r.l.)

progetto strutturale: Ing. Angela Bevilacqua (CASA SpA)

progetto impiantistico: Ing. Dimitri Celli (CASA SpA)

direzione dei lavori: Geom. Andrea Masini con Geom. Pietro Benucci e Geom. Giovanni Ricca (CASA SpA)

consegna alloggi: 9 dicembre 2010 (20 alloggi) - 12 dicembre 2012 (36 alloggi)

Comune di Calenzano, località Dietropoggio

24 alloggi in affitto permanente calmierato

r.u.p.: Arch. Vincenzo Esposito (CASA SpA)

progetto architettonico: Arch. Marco Barone, Arch. Rosanna De Filippo, Geom. Stefano Cappelli (CASA SpA)

progetto strutturale: Ing. Angela Bevilacqua (CASA SpA)

progetto impiantistico: Ing. Dimitri Celli (CASA SpA)

direzione dei lavori: Geom. Andrea Masini con Geom. Giovanni Ricca (CASA SpA)

consegna alloggi: 10 luglio 2010

Comune di Pontassieve, località Mezzana

20 alloggi in affitto permanente calmierato

r.u.p.: Arch. Antonio Bugatti (CASA SpA)

progetto architettonico: Arch. Eros Bati

progetto strutturale: Ing. Giovanni Passaniti

progetto impiantistico: Ing. Dimitri Celli (CASA SpA)

direzione dei lavori: Geom. Marco Elci con Geom. Gabriele Labardi (CASA SpA)

consegna alloggi: 15 luglio 2010

Comune di Sesto Fiorentino, PL13

18 alloggi e.r.p.

r.u.p.: Arch. Vincenzo Esposito (CASA SpA)

progetto architettonico: Arch. Marco Barone, Arch. Rosanna De Filippo, Geom. Stefano Cappelli (CASA SpA)

progetto strutturale: Ing. Angela Bevilacqua (CASA SpA)

progetto impiantistico: Ing. Dimitri Celli (CASA SpA)

direzione dei lavori: Geom. Andrea Masini con Geom. Pietro Benucci (CASA SpA)

consegna alloggi: 13 luglio 2011

Comune di Firenze, Ludoteca “il castoro”

Edificio da adibire a Ludoteca nell'ambito del progetto di riqualificazione urbanistica per 39 + 6 alloggi e.r.p. e attrezzature pubbliche, area ex Longinotti a Firenze

r.u.p.: Arch. Vincenzo Esposito (CASA SpA)

progetto architettonico: Arch. Marco Barone (CASA SpA), Prof. Arch. Carlo Canepari, Arch. Matteo Canepari

progetto strutturale: Ing. Lorenzo Panerai (CASA SpA) con la consulenza della Soc. Legnopiù di Prato

progetto impiantistico: Ing. Dimitri Celli (CASA SpA)

direzione dei lavori: Ing. Lorenzo Panerai, geom. Stefano Cappelli (CASA SpA)

consegna edificio: 27 settembre 2011

referenze fotografiche:

Silvio Pappalettere: p. 12

Marco Barone: p. 16

Elisa Mancini: p. 49

Francesco Carpi Lapi: pp. 4, 6, 8, 15, 21, 25, 50, 61, 62, 73, 74, 86, 97, 108, 113, 114, 118

Finito di stampare
nel mese di marzo 2013
nello stabilimento della
Litografia San Marco di Firenze
per conto di
Alinea Editrice