

Vantaggi delle strutture massive sul comfort termico in fase estiva

Con lo scopo di valutare il comportamento delle strutture edilizie al variare della loro inerzia termica è stata avviata un'attività sperimentale, condotta nell'estate caldissima 2022, con oggetto due pareti caratterizzate da diversi valori di massa superficiale.

Con il passare degli anni, si sono registrati valori di temperatura sempre più elevati e ondate di calore sempre più frequenti. In futuro questi aspetti incideranno in modo sempre più crescente sul **comfort termo-igrometrico estivo** all'interno degli edifici. Inoltre, la recente crisi energetica aumenta la necessità di investire su strategie di progettazione passiva, così da migliorare il comportamento complessivo dell'edificio. Tra queste strategie è compreso l'utilizzo di **strutture altamente inerziali**, poiché hanno già dimostrato di avere un comportamento energetico migliore rispetto alle strutture leggere, soprattutto durante il periodo estivo.

La legislazione italiana continua a spingere verso valori di trasmittanza termica e valori di trasmittanza termica periodica sempre più bassi (nuovo decreto CAM – Criteri Ambientali Minimi⁽¹⁾) al fine di ridurre i consumi energetici, senza indicare quali conseguenze si possono avere in termini di comfort termo-igrometrico.

Lo studio sperimentale realizzato ha come fine quello di evidenziare in fase estiva le conseguenze che si hanno nel ridurre la trasmittanza termica e nel non considerare in modo adeguato la massa delle strutture opache.

Spesso ci si basa per alcune scelte progettuali su metodi di calcolo numerici e su metodi di calcolo con finalità di certificazione energetica degli edifici; l'analisi svolta vuole indicare come questi metodi non riescano a rispondere ad un'analisi di comfort, ma solo energetica degli edifici.

Infatti, il comportamento in fase estiva non è così evidente utilizzando gli attuali metodi per il calcolo dei fabbisogni di energia, poiché hanno problemi a discretizzare le strutture con spessori elevati e alta massa, tipiche di pareti ad alta inerzia termica.

Tra questi metodi sono compresi il metodo di calcolo mensile proposto dalla norma tecnica UNI/TS 11300-1⁽²⁾ (attualmente utilizzato per la certificazione energetica degli edifici) e il metodo di calcolo orario definito dalla norma UNI EN ISO 52016-1⁽³⁾. Inoltre, anche gli algoritmi di calcolo utilizzati nei software di simulazione energetica dinamica, come TRNSYS⁽⁴⁾ ed EnergyPlus⁽⁵⁾, non riescono a catturare perfettamente il comportamento termico di strutture ad alta inerzia.

Ciò è stato evidenziato da un precedente studio⁽⁶⁾, dove sono state confrontate due soluzioni di parete esterna, caratterizzate dalla medesima trasmittanza termica ma diversa massa superficiale, con il software TRNSYS e la norma UNI EN ISO 52016-1. Per entrambi i metodi, è stato analizzato l'andamento della temperatura operativa e della temperatura superficiale. Dai risultati ottenuti si è osservato che la variazione delle temperature tra le due tipologie di strutture non risulta essere significativa, soprattutto nel caso di TRNSYS.

Questi risultati trovano conferma in un altro studio⁽⁷⁾, dove si è analizzato come i fabbisogni di energia, calcolati con i modelli utilizzati (TRNSYS e UNI EN ISO 52016-1), sono influenzati dai parametri termo-fisici dell'involucro edilizio. Si è osservato come il parametro termo-fisico con il maggior peso sui fabbisogni di energia risulti essere la trasmittanza termica, lasciando un ruolo marginale a tutti gli altri parametri, tra cui massa superficiale e capacità termica interna.

Risulta quindi fondamentale studiare il **reale comportamento delle strutture al variare della loro inerzia termica**. Per tale motivo è stata svolta un'attività sperimentale dove sono stati realizzati due box nella località di Ancona, uguali in tutte le loro caratteristiche ad eccezione della parete esposta a sud. Tale parete è stata costruita secondo due diverse configurazioni, che si differenziano per il valore di massa superficiale. Poiché la valutazione dell'**inerzia termica risulta fondamentale soprattutto nel periodo estivo**, dove la radiazione solare è maggiore, la sperimentazione è stata condotta durante il mese di luglio 2022, dove si sono raggiunte le temperature più elevate durante il periodo estivo. L'analisi dei risultati riguarda l'andamento della temperatura dell'aria interna dei box e della temperatura superficiale interna delle pareti oggetto di studio.

Caso Studio

L'attività sperimentale proposta è stata svolta in un lotto situato nella città di Ancona, appartenente alla zona climatica D secondo il DPR 412/1993⁽⁸⁾. Come precedentemente riportato, la sperimentazione è stata svolta durante il mese di luglio 2022. Dalla fig. 1 è possibile notare come rispetto all'anno 2000 la temperatura media dell'aria esterna ad Ancona sia aumentata, registrando aumenti che arrivano anche a 9°C. La temperatura media esterna è superiore nell'anno 2022 rispetto all'anno 2000 per la maggior parte dei giorni. Questa sperimentazione offre quindi una visione attuale del comportamento dell'involucro edilizio, sottoposto a temperature esterne molto più elevate del passato.

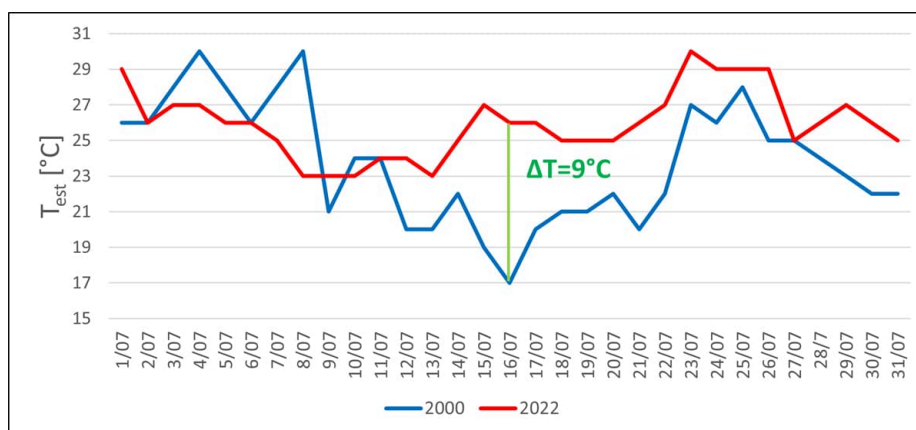


Fig. 1 – Andamento della temperatura media esterna registrata nell'anno 2000 e 2022 (fonte: *ilMeteo.it*).

La sperimentazione è stata fatta nel sito visualizzato nella fig. 2, dove sono stati realizzati 8 box per sperimentare varie tipologie di strutture opache e trasparenti.



Fig. 2 – Lotto oggetto di sperimentazione con individuazione dei box utilizzati.

I box sono posti a una distanza l'uno dall'altro tale da non far avere ombre riportate sulle pareti esposte a sud. Tutti i box sono dotati di pompe di calore e sistemi di acquisizione che possono essere controllati da remoto. Di questi 8 box, due sono stati oggetto della sperimentazione mostrata in questo lavoro.

I box hanno la medesima geometria e stesse caratteristiche dell'involucro edilizio, ad eccezione della parete esterna esposta a sud.

Le pareti esterne dei due box sono state progettate secondo due diverse configurazioni, una per ogni box oggetto di studio. La prima configurazione, denominata successivamente "**struttura massiva**", è stata realizzata con un blocco in termo-laterizio intonacato esternamente e internamente, con uno spessore totale di 49 cm [fig. 3].



Fig. 3 – Foto del box realizzato con la parete massiva (sx) e blocco utilizzato (dx).

La seconda stratigrafia, denominata successivamente “**struttura leggera**”, è costituita da due pannelli interni in cartongesso, pannelli in lana di roccia, un pannello in OSB e intonaco esterno, per uno spessore totale di 30 cm.

Poiché lo scopo dello studio è valutare l’incidenza dell’inerzia termica sul comportamento energetico dei box analizzati, le due pareti sono state progettate in modo da ottenere una configurazione con **ridotta massa superficiale** (struttura leggera) e un’altra configurazione con **elevata massa superficiale** (struttura massiva). Nello specifico, la struttura massiva è caratterizzata da una massa superficiale pari a 445,50 kg/m², mentre la struttura leggera ha un valore di massa superficiale pari a 85,10 kg/m². Le altre caratteristiche termo-fisiche delle due pareti studiate sono riportate nella tab. 1.

Tab. 1 – Caratteristiche termofisiche delle pareti esterne utilizzate.

Struttura	Spessore [m]	U [W/m ² K]	Ms [kg/m ²]	Y _{IE} [W/m ² K]	fa [-]	φ [h]	kl [kJ/m ² K]
Massiva	0,49	0,192	445,50	0,001	0,004	31,08	45,43
Leggera	0,30	0,144	85,10	0,072	0,503	9,48	25,85

Entrambi i box non sono dotati di finestre, mentre l’impianto di raffrescamento presente non è stato utilizzato. L’impianto acceso avrebbe portato a una temperatura dell’aria interna costante, in questo modo non sarebbe stato possibile analizzarla per valutare il diverso comportamento delle due strutture.

Al fine di raccogliere e monitorare i dati climatici del sito oggetto di sperimentazione, è stata installata una centralina climatica [fig. 4] dotata di sensore di temperatura, igrometro, anemometro e piranometri. Questi ultimi sono stati utilizzati per misurare la radiazione globale totale e la radiazione globale sud, poiché le pareti oggetto di studio sono esposte a sud.



Fig. 4 – Foto della centralina climatica installata.

Per valutare il diverso comportamento delle due pareti realizzate, sono stati installati numerosi sensori di temperatura e di flusso termico. In particolare, all'interno di ogni box vi sono tre termoresistenze al platino (pt 100), una per valutare la temperatura dell'aria interna e due per valutare la temperatura superficiale interna delle pareti oggetto di indagine. Inoltre, sono stati installati un termoflussimetro sul lato interno e una termoresistenza sul lato esterno. I sensori sono collegati ad un sistema di acquisizione, tramite il quale sono stati registrati i dati ogni minuto.

Analisi Risultati

La sperimentazione, è iniziata durante il periodo estivo e sta continuando per valutare anche il comportamento nella mezza stagione e nel periodo invernale. Vengono ora riportati i risultati ottenuti nel mese di luglio relativi alla settimana dal 18 al 24. Il comportamento si riscontra quasi identico per le settimane nel periodo estivo 2022.

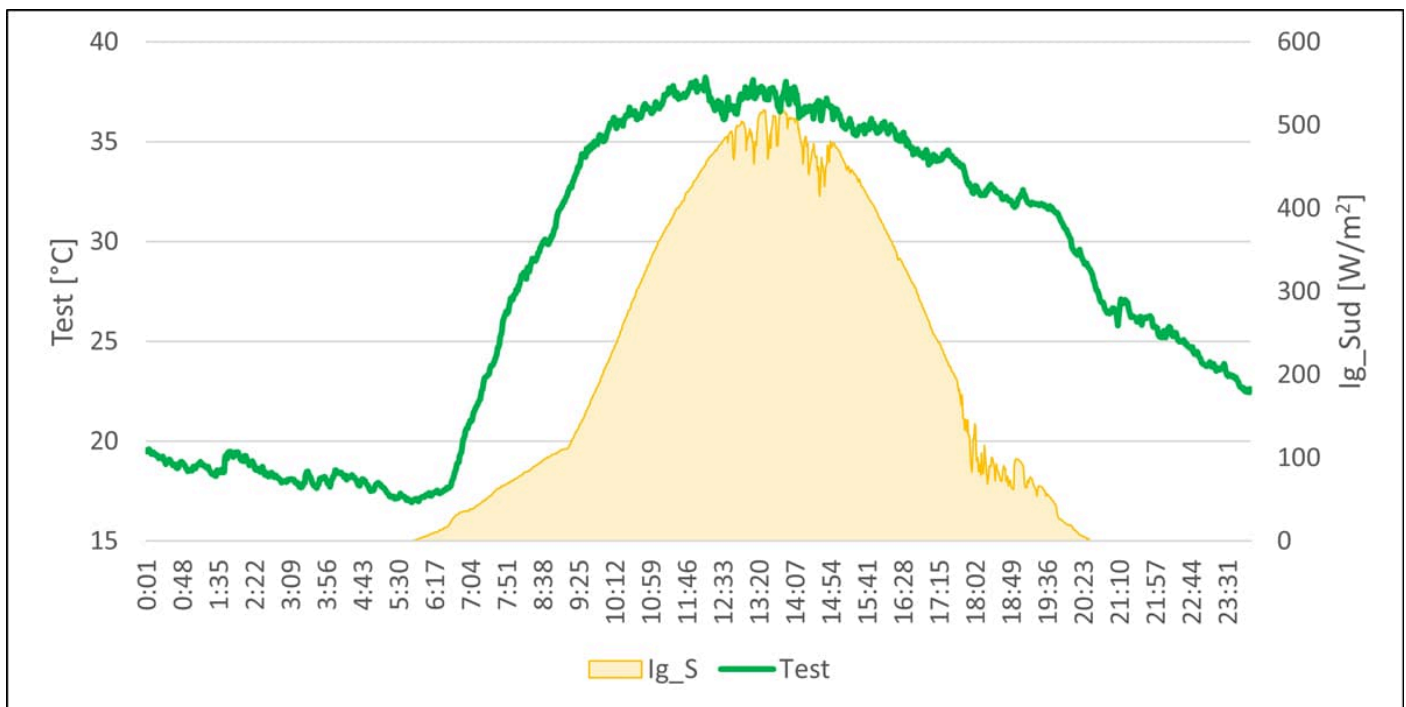


Fig. 5 – Andamento della temperatura esterna e della radiazione globale sud nel giorno 23 luglio.

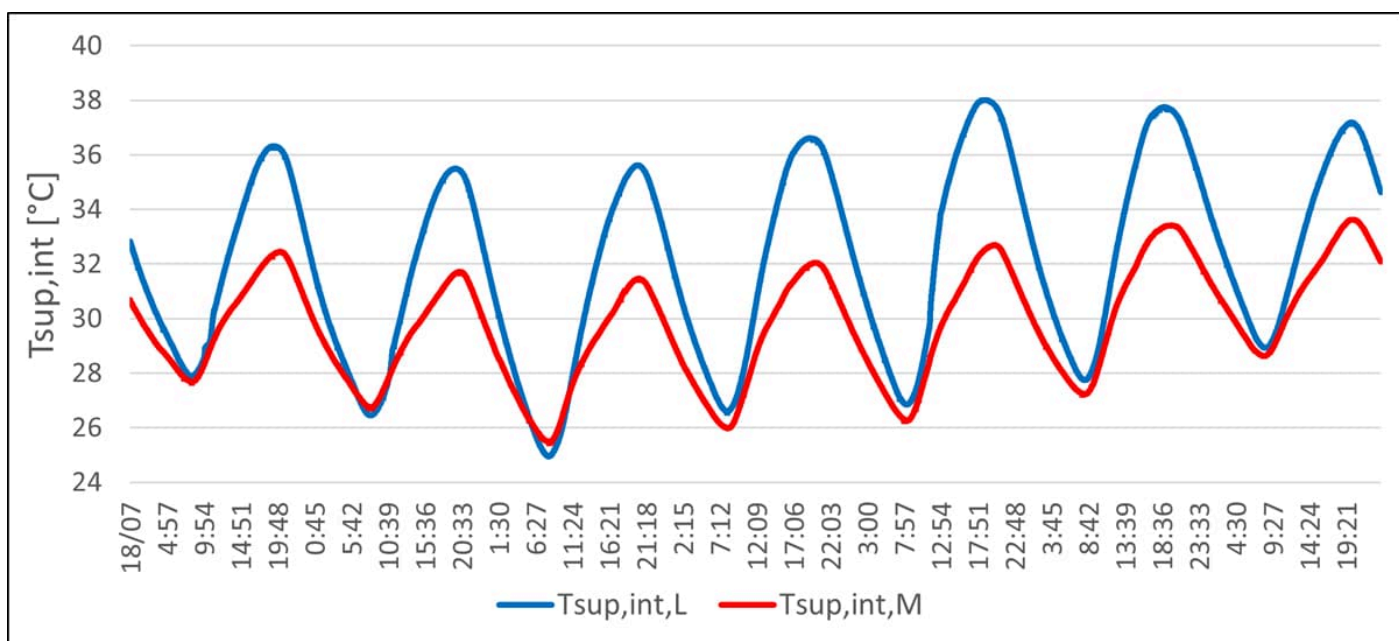


Fig. 6 – Andamento della temperatura superficiale interna della struttura leggera (L) e della struttura massiva (M).

Nella fig. 5 si riportano per un giorno di luglio gli andamenti dei dati climatici esterni più significativi del sito dove sono posti i box, mentre la fig. 6 riporta gli andamenti della temperatura superficiale interna delle due pareti analizzate. Nella tab. 2 sono riportati il valore medio, massimo e minimo di temperatura superficiale associato alle due strutture.

Tab. 2 – Valore medio, massimo e minimo della temperatura superficiale interna delle due strutture analizzate.

	T _{sup,int,L}	T _{sup,int,M}
Media	32,07	29,76
Max	38,01	33,63
Min	24,95	25,48

Osservando la fig. 6 è possibile notare come la temperatura superficiale interna risulti essere sempre superiore nella struttura leggera durante il periodo oggetto di valutazione, ad eccezione di alcune ore nei giorni 19 e 20 luglio. In particolare, la differenza di temperatura media tra la struttura leggera e la struttura massiva risulta essere pari a 2,46°C, arrivando a una differenza massima tra le due strutture pari a 5,68°C. Infatti, osservando i valori riportati nella tab. 2, si nota come la temperatura media della struttura leggera risulti superiore a quella della struttura massiva, raggiungendo una temperatura massima di 4,38°C superiore alla temperatura massima della struttura massiva.

Nei giorni 19 e 20 luglio, durante le prime ore della mattina, la struttura massiva risulta avere una temperatura superficiale superiore rispetto a quella della struttura leggera. La struttura massiva disperde calore durante le ore notturne molto più lentamente rispetto alla struttura leggera. Infatti, la struttura leggera scende molto più velocemente di temperatura, dando luogo all'inversione di tendenza delle temperature riscontrata nel grafico. Questo fenomeno risulta comunque contenuto, la differenza di temperatura media tra le due strutture è pari a 0,29°C, arrivando a una differenza massima di 0,54°C. Questi valori non sono paragonabili a quelli riscontrati nelle ore dove la struttura leggera presenta una temperatura più elevata della struttura massiva. Inoltre, con l'arrivo della radiazione solare sulla parete, la struttura leggera torna a salire molto più velocemente di temperatura rispetto alla struttura massiva, tornando ad assumere valori di temperatura più elevati rispetto a quest'ultima.

Un'altra importante osservazione riguarda il valore di trasmittanza termica delle due strutture. Come visto, secondo i metodi di calcolo dei fabbisogni di energia, il parametro più influente è la trasmittanza termica. Su questa base la struttura massiva, avente trasmittanza più elevata della struttura leggera (0,192 W/m²K contro 0,144 W/m²K, tab. 1), dovrebbe comportarsi in modo peggiore, a prescindere dall'inerzia termica. Invece, pur avendo una trasmittanza superiore, **la struttura massiva ha un comportamento migliore rispetto alla struttura leggera**. Ciò significa che i metodi di calcolo non attribuiscono il giusto peso ai parametri termo-fisici che identificano l'inerzia termica della struttura.

Osservando quindi l'andamento della temperatura superficiale interna delle due strutture, è possibile affermare che **durante il periodo estivo la struttura massiva**, pur avendo una trasmittanza termica più elevata, risulta avere un comportamento migliore rispetto alla struttura leggera, garantendo temperature più basse. Inoltre, essa risulta avere un comportamento meno dinamico

(più lento) rispetto alla struttura leggera, permettendo una minore influenza della radiazione solare e quindi un **migliore controllo della temperatura**.

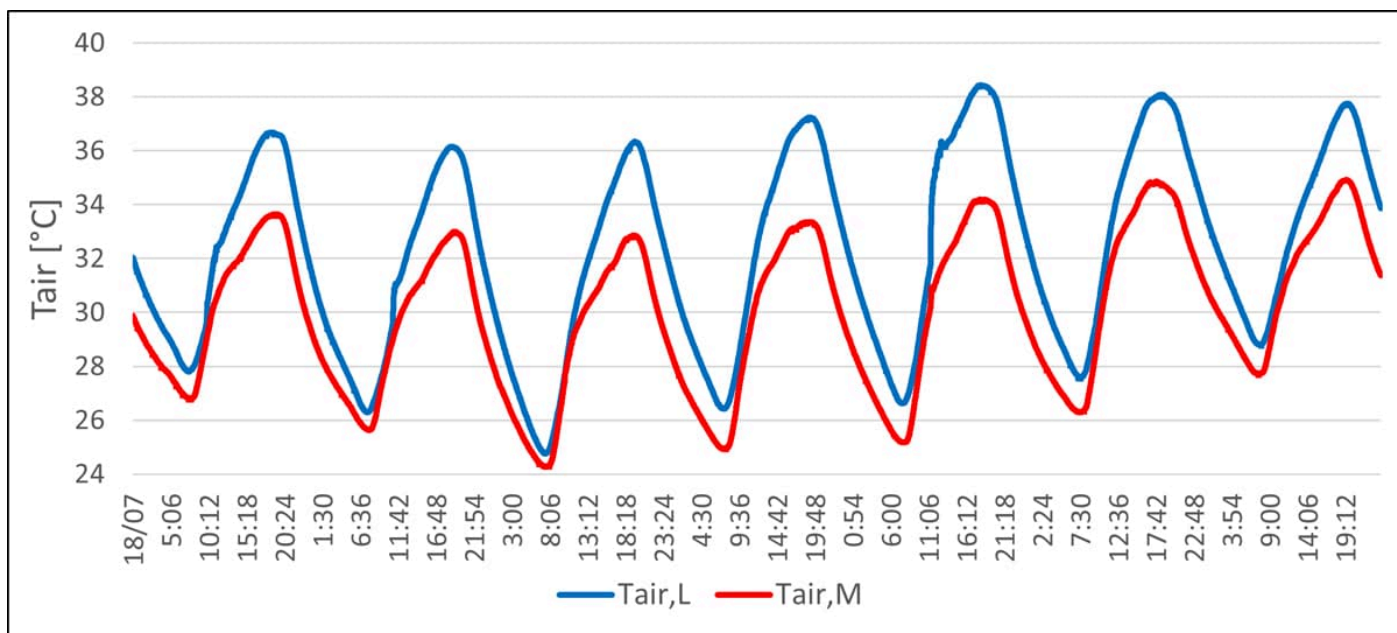


Fig. 7 – Andamento della temperatura dell'aria interna del box con struttura leggera (L) e del box con struttura massiva (M).

La fig. 7 riporta gli andamenti della temperatura dell'aria all'interno dei due box, mentre nella tab. 3 sono riportati il valore medio, massimo e minimo di tali temperature.

Tab. 3 – Valore medio, massimo e minimo della temperatura dell'aria interna dei due box analizzati.

	$T_{air,L}$	$T_{air,M}$
Media	32,28	30,03
Max	38,43	34,93
Min	24,76	24,27

Poiché i due box sono stati realizzati con la stessa geometria e lo stesso involucro edilizio, l'andamento della temperatura dell'aria è influenzato esclusivamente dalla tipologia di parete sud utilizzata. Osservando la fig. 7 si nota come la temperatura dell'aria interna risulti essere sempre superiore nella struttura leggera durante l'intero periodo di valutazione. In particolare, la differenza di temperatura media tra la struttura leggera e la struttura massiva risulta essere pari a 2,26°C, arrivando a una differenza massima tra le due strutture pari a 4,66°C. Questi valori sono perfettamente in linea con i valori ottenuti per la temperatura superficiale interna. I valori riportati nella tab. 3 evidenziano ulteriormente come il box dotato di struttura leggera si trovi in una situazione peggiore (temperature più elevate) sia considerando il valore medio della temperatura dell'aria sia il valore massimo e quello minimo.

Conclusioni

Con lo scopo di valutare l'influenza della massa sul comfort termico estivo, è stato realizzato un mock-up sperimentale. La sperimentazione ha avuto come oggetto due box posizionati nella località di Ancona, uguali per geometria e involucro edilizio a eccezione della parete esposta a sud. Tale parete è stata realizzata con due diverse stratigrafie, una caratterizzata da un elevato valore di massa superficiale (struttura massiva) e un'altra caratterizzata da un valore di massa superficiale ridotto (struttura leggera). Poiché la valutazione dell'inerzia termica risulta fondamentale soprattutto nel periodo estivo, a causa dell'elevata radiazione solare presente, è stata analizzata una settimana del mese di luglio, dal 18 al 24 luglio.

Dai risultati ottenuti si nota come la struttura massiva risulti avere un comportamento migliore rispetto alla struttura leggera, con valori di temperatura minori. In particolare, la temperatura dell'aria nel box realizzato con la struttura leggera risulta in media superiore di 2,46°C durante il periodo di valutazione, arrivando ad una differenza massima pari a 4,66°C.

Questa sperimentazione evidenzia come una **struttura fortemente inerziale, durante il periodo estivo**, riesca a **garantire temperature interne più basse, migliorando così il comfort termico**. Inoltre, è necessario migliorare i metodi numerici per poter conoscere precisamente il comportamento termico delle strutture ai fini del comfort termometrico interno. In futuro verranno analizzati i dati raccolti nei mesi invernali, così da fornire dei risultati anche durante la stagione fredda.

Bibliografia:

- (1) Decreto Ministeriale 23 giugno 2022 n. 256 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi"
- (2) UNI/TS 11300-1:2014 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale"
- (3) UNI EN ISO 52016-1:2018 "Prestazione energetica degli edifici – Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti – Parte 1: Procedure di calcolo"
- (4) TRNSYS 17: a transient system simulation program <https://www.trnsys.com/>
- (5) EnergyPlus: building energy simulation program <https://energyplus.net/>
- (6) C. Di Perna, S. Summa, G. Remia, *Prestazioni termiche: il ruolo positivo della massa valutato con metodi dinamici orari semplificati*. Ingenio, 2022. <https://www.ingenio-web.it/articoli/prestazioni-termiche-il-ruolo-positivo-della-massa-valutato-con-metodi-dinamici-orari-semplificati/>
- (7) C. Di Perna, S. Summa, G. Remia. *Comparative and Sensitivity Analysis of Numerical Methods for the Discretization of Opaque Structures and Parameters of Glass Components for EN ISO 52016-1*. Energies, 2022. https://www.mdpi.com/1996-1073/15/3/1030?type=check_update&version=2
- (8) DPR 412/1993 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10"

DATA PUBBLICAZIONE	15 Giugno 2026
AUTORI	Costanzo di Perna (*), Serena Summa (**), Giada Remia (***)
NOTE AUTORI	(*) Professore Ordinario di Fisica Tecnica Ambientale, Università Politecnica delle Marche (**) Ingegnere Edile, Università Politecnica delle Marche (***) Dottore Magistrale in Ingegneria Edile, Università Politecnica delle Marche
RIFERIMENTO	Newsletter numero 170
TRATTO DA	"Costruire in Laterizio" n. 191, aprile 2023
