

# PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI: ATTENZIONI PROGETTUALI CONTRO IL SURRISCALDAMENTO

SIMONE SILVESTRI\*

Partendo dal presupposto che, spesso, l'attenzione progettuale è minore nei confronti del comportamento estivo degli edifici, nell'articolo si traccia un primo excursus sulle applicazioni pratiche legate alle discipline tecnologiche per il miglioramento delle prestazioni energetiche nel periodo estivo. Queste prevedono la misurazione di diverse grandezze necessarie alla concreta realizzazione dell'intervento previsto, ottenendo un sostenibile benessere per il committente. Grandezze che vengono analiticamente illustrate per un corretto comportamento dell'involucro dell'edificio, tenendo presente che nelle condizioni climatiche estive abbiamo bisogno fondamentalmente di due attenzioni: protezione dal caldo proveniente dall'esterno e protezione dal veloce surriscaldamento interno. Per una informazione completa nei prossimi numeri della rivista l'argomento sarà maggiormente approfondito.

**L**ord William Thomson Kelvin, famoso fisico, ingegnere e matematico britannico, è noto tra i tecnici perché contribuì a sviluppare la seconda legge della termodinamica; inventò la scala di temperatura assoluta; fu consulente capo per il posizionamento del primo cavo telegrafico transatlantico (1857-1858) ed i suoi studi sull'elettricità ed il magnetismo hanno posto le basi per la successiva teoria dell'elettromagnetismo di James Clerk Maxwell. Nell'esercizio delle sue molteplici attività amava porre l'accento su questo principio: *“se non si può misurare qualcosa, non si può migliorarla”*.

A tale riguardo i lettori di questo articolo sono destinati a concordare con Lord Kelvin, se non altro, per la loro specifica formazione professionale. Tutte le volte, infatti, che noi siamo in grado di misurare ed esprimere per mezzo di numeri l'argomento della nostra attività, allora possiamo affermare di conoscere effettivamente qualcosa. In generale, il nostro processo di conoscenza passa sempre attraverso la misurazione di adeguate grandezze. I dati che si riferiscono alle misure effettuate consentono sia la formulazione di leggi di tipo sperimentale su cui fondare poi eventuali modelli, sia, viceversa, la verifica di determinati modelli attraverso la ricerca sperimentale delle misure previste dal modello stesso. Anche le applicazioni pratiche nel settore edilizio, legate

alle discipline tecnologiche per il miglioramento delle prestazioni energetiche nel periodo estivo, prevedono la misurazione di diverse grandezze per giungere alla concreta realizzazione dell'intervento previsto ottenendo un sostenibile benessere (comfort) per il committente. La misura, pertanto, è una risorsa indispensabile per incrementare l'efficientamento energetico degli edifici. Nella Provincia di Roma, come in altre località poste a simili latitudini, è fondamentale risolvere il problema del surriscaldamento estivo e del conseguente contenimento energetico delle eventuali spese di condizionamento, così come prescritto nel D.Lgs. n.192/2015 e s.i.m. in recepimento della direttiva 2010/31/UE. A tal fine i tecnici hanno a disposizione un utile strumento rappresentato dal D.M. 26 giugno 2015 rubricato: "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici". In esso sono presenti diversi criteri progettuali per intervenire su di un edificio e ricondurlo a una tipologia ad alta efficienza energetica lungo tutto l'arco dell'anno. È del tutto evidente che, nelle aree a clima temperato, l'involucro edilizio di una costruzione dovrà non solo garantire, in inverno, la riduzione delle perdite di energia interna verso l'esterno e il contemporaneo sfruttamento dei guadagni di energia solare ma, in estate, assicurare la protezione dagli apporti solari e, soprattutto, il controllo e lo smaltimento di notte del sovraccarico termico accumulato durante il giorno e dovuto anche agli apporti di energia interna gratuiti. È esperienza comune, infatti, che per garantire sempre condizioni confortevoli di benessere all'interno degli edifici non sia sufficiente la presenza di un impianto di solo riscaldamento; in molti casi, per limitare l'escursione delle variabili termoigrometriche interne, si richiede all'impianto non tanto di apportare calore agli ambienti, quanto piuttosto di sottrarlo. La frequenza con cui tale situazione avviene dipende sia dalle condizioni climatiche esterne sia dalla tipologia costruttiva dell'edificio. A Roma ad esempio, caratterizzata da 1415 gradi/giorno, si manifesta principalmente nei mesi estivi e in parte nelle stagioni intermedie, anche




se particolari edifici esistenti (per esempio con ampie superfici vetrate esposte al sole ed elevati carichi termici interni) possono richiedere un raffreddamento anche in pieno inverno.

### **QUALI GRANDEZZE MISURARE PER VALUTARE IL COMPORTAMENTO DELL'INVOLUCRO CONTRO IL SURRISCALDAMENTO?**

Durante la stagione estiva, le caratteristiche termiche degli elementi dell'involucro non possono essere calcolate assumendo l'ipotesi di regime stazionario. La normativa tecnica prevede, infatti, che esse debbano essere calcolate in regime dinamico assumendo sollecitazioni periodiche e stabilizzate indicandole con il termine "caratteristiche termiche dinamiche". Il D.Lgs. n.192/2005 con le sue s.i.m. ha introdotto, come indicatore sintetico per quantificare la proprietà delle chiusure opache verticali, la "massa superficiale" (Ms), definita come la "massa per unità di superficie della parete opaca compresa la malta dei giunti esclusi gli intonaci (l'unità di misura utilizzata è il  $kg/m^2$ )". Il requisito minimo prescritto per la massa superficiale è fissato a  $230 kg/m^2$  e deve essere garantito per tutte le pareti verticali dell'involucro edilizio con l'eccezione solo di quelle esposte a nord-ovest, nord e nord-est in tutte le "zone climatiche A, B, C e D, nelle località in cui il valore medio dell'irradianza sul piano orizzontale ( $I_{ms}$ ) nel mese di massima insolazione" assume un valore maggiore o uguale a  $290 kg/m^2$ . Tuttavia è bene evidenziare che tale indicatore sintetico non è né condizione necessaria, né condizione sufficiente perché un elemento edilizio abbia un'elevata prestazione dinamica dal punto di vista del benessere termico percepito; infatti, come avranno tutti notato, almeno chi esercita l'attività professionale con l'incarico di "soggetto certificatore energetico", il D.M. 26 giugno 2015, ha introdotto per la valutazione della prestazione energetica estiva dell'involucro edilizio le seguenti verifiche: (vedi Tabella 4) che non coinvolgono direttamente l'indicatore sintetico sopra descritto bensì un altro indicatore definito in base alla trasmittanza termica periodica YIE ed all'area sola-

re equivalente estiva per unità di superficie utile  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$  di cui all'Allegato 1, capitolo 3 e Appendice A del decreto "requisiti minimi" del 26 giugno 2015 (vedi inserto centrale Geopunto n. 71/17 pagg. 13 e seguenti).

Tab. 4 - Indicatore della prestazione energetica estiva dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti

Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	alta	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	media	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	bassa	

Nel caso della trasmittanza periodica si prende in considerazione il valore medio pesato in base alle superfici, con l'esclusione delle superfici verticali esposte a nord. Nel caso, invece, d'immobili con esposizione esclusivamente nord delle superfici verticali, la trasmittanza termica periodica è posta pari a 0,14.

La trasmittanza periodica ( $Y_{IE}$ ), è per definizione legata al fattore di attenuazione ( $f_a$ ), allo sfasamento ( $S$ ) ed al periodo ( $T$ ) secondo la seguente relazione:

$$Y_{IE} = U f_a [\cos(S \omega) + i \sin(S \omega)] = U f_a e^{iS\omega}$$

dove il fattore di attenuazione ( $f_a$ ) e lo sfasamento ( $S$ ) valgono:

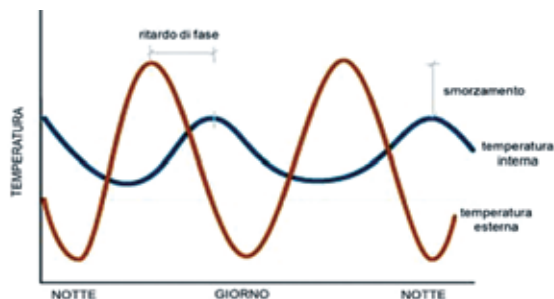
$$f_a = \frac{|Y_{IE}|}{U} \quad S = \frac{1}{\omega} \arg(Y_{IE}) \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Inoltre, la legislazione italiana non considera direttamente il contributo dell'ammittenza interna ( $Y_{II}$ ) che è invece utile per analizzare la risposta in termini di benessere interno verso gli elementi opachi esposti ad elevati carichi interni (solari, da apparecchiature elettriche e illuminazione artificiale ed occupanti) come invece alcuni sistemi di qualità edilizia richiedono (vedi ad esempio il protocollo CasaClima).

L'evoluzione normativa in quest'ultimo decennio da un lato e la diffusione di sistemi di qualità edilizia finalizzati ad aumentare il benessere estivo sostenibile dall'altro hanno imposto, pertanto, ai tecnici la conoscenza di parametri caratterizzanti

il comportamento estivo dei singoli elementi costruttivi del sistema involucro. Questi descrivono la reazione di un elemento edilizio a una sollecitazione termica variabile nel tempo, come può essere quella dovuta all'effetto della temperatura dell'aria e del soleggiamento su una parete in estate. L'ultimo in ordine di tempo, introdotto già con il D.P.R. n.59 del 2 aprile 2009, è la "trasmittanza periodica ( $Y_{IE}$ ) definita come "parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare e attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, definita e determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786:2008<sup>1</sup>". La definizione di trasmittanza periodica, dunque, passa attraverso il concetto di "ammittenza", descritta all'interno della norma UNI EN ISO 13786:2008 come: "quantità complessa definita come l'ampiezza complessa della densità di flusso termico attraverso la superficie del componente adiacente alla zona  $m$ , diviso per l'ampiezza complessa della temperatura nella zona  $n$ . Il flusso termico è definito positivo quando è diretto verso la superficie del componente". Nel caso in cui la zona  $m$  sia l'ambiente esterno e la zona  $n$  sia l'ambiente interno dell'edificio, l'ammittenza prende il nome di trasmittanza termica periodica  $Y_{IE}$  (periodic thermal transmittance) dove il pedice "IE" sta per "interno-esterno". In altre parole la trasmittanza termica periodica mette in relazione la variazione del flusso termico sulla superficie esterna del componente edilizio con la conseguente variazione di temperatura sul lato interno dello stesso. Si capisce pertanto che, dal punto di vista estivo, il comportamento di una parete sarà tanto migliore quanto minore è la sua trasmittanza termica periodica. Proseguiamo dando una descrizione degli altri parametri rilevanti introdotti. Lo "sfasamento" ( $S$ ), espresso in ore, dell'onda termica  $\phi$  (time shift) "è il ritardo temporale tra il massimo

<sup>1</sup> (rubricata "Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo"); quest'ultima definisce metodi per il calcolo del comportamento termico in regime dinamico di componenti edilizi completi. Inoltre, specifica quali siano le informazioni sul componente edilizio necessarie per il calcolo. Nelle sue appendici sono forniti metodi semplificati per la stima delle capacità termiche, informazioni per informatizzare il metodo di calcolo, un esempio di calcolo per un componente edilizio.



del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno". In generale si assume come causa la variazione di temperatura superficiale sul lato esterno del componente edilizio e come effetto la conseguente variazione sul lato interno.

Lo sfasamento rappresenta quindi il tempo, misurato in ore, che intercorre tra il picco di temperatura sul lato esterno e quello sul lato interno. Pertanto, è possibile semplificare affermando che, più un materiale ha inerzia termica e maggiore sarà lo sfasamento. Più calore specifico offre un materiale e maggiore è lo sfasamento. Più il materiale riesce ad assorbire energia termica e più sarà capace di cederla con lentezza. Maggiore è lo sfasamento, più tempo impiegherà l'energia termica a passare all'interno dell'edificio! A questo proposito la verità passa attraverso i numeri (ad esempio: uno sfasamento di 24 ore è maggiore di uno di 10 ore; maggiore è lo sfasamento e meglio è!). Ormai, tutti sappiamo che le dispersioni termiche in inverno possono essere contenute con materiali differenti indifferentemente (ad esempio: lana di roccia, fibre di legno, etc.) ma come accennato, il problema di cui ci occupiamo è il surriscaldamento estivo e la continua necessità di ricorrere all'accensione degli impianti di raffrescamento. Nelle condizioni climatiche estive abbiamo bisogno fondamentalmente di due attenzioni: protezione dal caldo proveniente dall'esterno, aumentando il ritardo con cui il passaggio di energia termica trasferita attraverso la struttura del particolare sistema costruttivo con cui è realizzato il nostro involucro edilizio; protezione dal veloce surriscaldamento interno aumentando, pertanto, la capacità del sistema costruttivo di accumulare energia dal lato interno. A titolo puramente indicativo, pensate che 40 cm di lana di roccia offrono appena 14 ore di sfasamento contro le 25 ore della fibra di legno con 38 cm di spessore.

La stratigrafia deve essere verificata attraverso i risultati delle simulazioni di calcolo e poi corretta con ulteriori o migliori strati preferendo sempre un materiale con elevato valore di capacità termica specifica (J/kgK). Attenzione, dunque, al lato interno di una casa (in particolare poi quelle con sistemi costruttivi in legno) che soffre spesso della mancanza di massa, specialmente se è rifinita internamente con economici spessori di intonaci in gesso o lastre in cartongesso. Altro parametro utilissimo: il "fattore di attenuazione" ( $f_a$ ) (*decrement factor*) definito anche questo dalla norma UNI EN ISO 13786 in particolare: "fattore di attenuazione o fattore di decremento è il rapporto tra il modulo della trasmittanza dinamica e la trasmittanza in condizioni stazionarie". Il fattore di attenuazione rappresenta la diminuzione d'ampiezza che subisce un'onda termica nel passare attraverso l'elemento costruttivo in esame. Essendo il rapporto tra due grandezze ( $YIE$  ed  $U$ ) entrambe misurate in  $W/m^2K$ , il fattore di attenuazione è un numero adimensionale. Per comprendere meglio l'utilità di tali parametri è utile riportare nella seguente tabella le grandezze che ne influenzano il comportamento in inverno e in estate.

	Trasmittanza termica stazionaria $U$	Trasmittanza termica periodica $Y_{ie}$ Fattore di attenuazione $f_a$ Sfasamento dell'onda termica $\phi$
Grandezze dei materiali che ne influenzano il comportamento	Spessore $s$ Conducibilità $\lambda$	Spessore $s$ Conducibilità $\lambda$ Calore specifico $c$ Densità $\rho$

Si noti come il comportamento estivo sia dipendente anche dal calore specifico ( $c$ ), dalla densità del sistema ( $\rho$ ), ovvero dalla sua capacità termica ( $C$ ) oltre che dalle note grandezze quali lo spessore ( $s$ ) e la conducibilità ( $\lambda$ ).

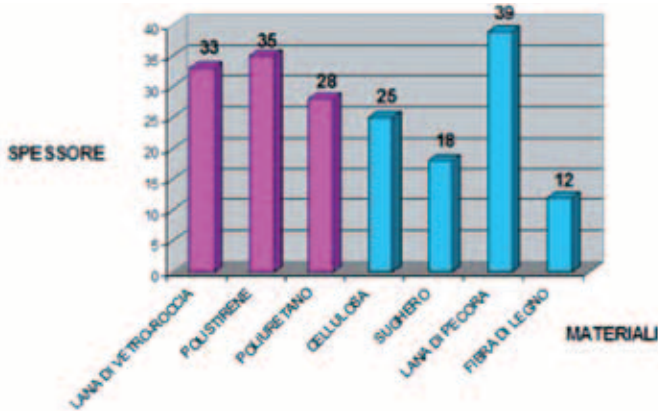
Di seguito, a titolo puramente indicativo, si riporta un utile confronto tra l'andamento, per alcuni materiali, degli spessori utili a garantire uno sfasamento di almeno 8 ore in estate e gli spessori utili a garantire una trasmittanza unitaria di almeno 0,4 W/mK in inverno. Tale metodologia, opportunamente adattata, può essere utilizzata ogni qualvolta ci si trovi a prendere velocemente una decisione per ottimizzare a livello progettuale i requisiti prestazionali complessivi dell'involucro edilizio.

MATERIALE	INVERNO			ESTATE		
	cond. term. $\lambda$ W/mK	spessore $S_{10,4}$ cm	fase $\phi$ ore	cap. term. $C$ kJ/kg	densità $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	spessore $S_{9h}$ cm
Lana di vetro/roccia	0,045	10	1,5	900	55	33
PS (polistirene)	0,035	8	0,9	1400	25	35
PBR (poliuretano)	0,030	7	1,1	1400	35	28
Flocchi di cellulosa	0,045	10	2,6	1800	50	25
Pann. sughero esp.	0,045	10	4,6	1600	120	18
Granuli di sughero	0,050	12	3,3	1600	60	26
Lana di pecora	0,040	9	0,9	1300	25	39
Lana di legno min.	0,090	21	17,2	1900	600	10
<b>PANN. FIBRA DI LEGNO</b>	<b>0,040</b>	<b>9</b>	<b>6,2</b>	<b>2400</b>	<b>150</b>	<b>12</b>

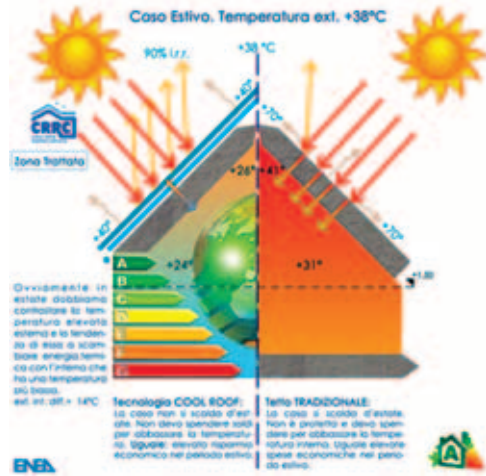
Muratura in pietra	1,8	(420)	-	840	2200	42
Mattone pieno	0,7	(160)	-	840	1700	30
Mattone porizzato	0,2	(46)	-	840	800	24
Calcestruzzo c.l.s.	2,3	(530)	-	900	2400	46
Gasbeton	0,19	(44)	-	1100	600	24
<b>LEGNO ABETE STRAT.</b>	<b>0,13</b>	<b>(30)</b>	<b>26,6</b>	<b>2400</b>	<b>500</b>	<b>15</b>

$S_{10,4}$  = spessore utile in K (trasmissione unitaria) di 0,4 W/m K  
 $S_{9h}$  = spessore utile in  $\phi$  (spostamento di fase temp.) di 8 ore



Proseguiamo la descrizione dei parametri oggetto di verifiche obbligatorie da parte dei progettisti introducendo la "riflettanza" come: il rapporto tra l'intensità della radiazione solare globalmente riflessa e quella della radiazione incidente su una superficie espresso in forma di parametro adimensionale, in modo analogo, nella scala [0-1] o nella scala [0-100].

In estate è esperienza comune che la prolungata esposizione alla radiazione solare dei materiali e l'elevata intensità di temperatura hanno come effetto l'innalzamento, anche di diversi gradi, dei supporti esposti al sole di qualsiasi tipologia (verticale, orizzontale, inclinata) fino in alcuni casi (cfr. guaina bituminosa) a sfiorare temperature prossime ai 100°C. È del tutto evidente che, in tali periodi, l'involucro di una struttura edilizia raggiunga facilmente i 65°C superficialmente, e di



conseguenza trasferisca parte di questa energia all'interno facendone aumentare la temperatura. Provocatoriamente: chi si sognerebbe mai di accendere l'impianto di riscaldamento d'estate in una giornata di sole? Eppure l'elemento parete del nostro involucro, e ancor di più l'elemento costruttivo tetto si trasformano in vere e proprie piastre radianti. Molti, purtroppo, ignorano che è possibile abbattere grazie alla riflessione massima del 92% degli infrarossi (IRR) che colpiscono l'immobile durante l'insolazione diurna, fino ad un massimo del 50% del carico termico insistente sull'immobile. Questo produce, come illustrato in precedenza, una serie di effetti positivi legati sia al benessere di vita interno, sia al risparmio energetico, ma ancor più rilevante è l'abbattimento dello stress dei materiali che ne genera un aumento della loro durabilità nel tempo. Immaginate sempre le guaine esposte al sole oppure una muratura in laterizi sempre esposta alle radiazioni solari. La pitturazione con materiali ad alta riflettanza dell'involucro esterno o della copertura, può far diminuire la temperatura all'interno dell'immobile anche di 12°C rispetto a uno stesso immobile non trattato. Superficialmente, all'esterno, la temperatura si abbatte anche di 40°C. A tale riguardo tali interventi sono classificati sistemi passivi per il raffrescamento degli ambienti interni e grazie ai loro costi contenuti, sono adatti agli operatori del settore che desiderano offrire una diversa tecnologia al committente.

\*Geometra – Ingegnere Civile Edile

Bibliografia  
 - Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici".  
 - Direttiva Europea 2010/31/UE "Sulla prestazione energetica nell'edilizia".