

# Alcuni indici per la valutazione dei sistemi di controllo per l'illuminazione

---

*Marina Bonomolo, PhD al Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici (DEIM) dell'Università degli Studi di Palermo; Marco Beccali, professore ordinario del Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici (DEIM) dell'Università degli Studi di Palermo; Valerio Lo Brano, professore associato del Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici (DEIM) dell'Università degli Studi di Palermo; Gaetano Zizzo, Ricercatore al Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici (DEIM) dell'Università degli Studi di Palermo*

Gli edifici *smart* hanno visto negli ultimi anni una sempre più ampia diffusione. Per questo motivo ricercatori, progettisti e tecnici, hanno posto una crescente attenzione sull'utilizzo di sistemi di controllo automatici per l'illuminazione. Questa tipologia di sistemi gioca, infatti, un ruolo chiave nel raggiungimento di significativi riduzioni dei consumi elettrici e dei benefici legati all'utilizzo della luce naturale (ad esempio il comfort visivo degli occupanti, il benessere e la produttività). È prassi comune, durante la fase progettuale, correlare il risparmio energetico con la disponibilità della luce diurna, poiché risulta un obiettivo rilevante per progettisti e architetti.

Alcuni studi hanno cercato di comprendere come valutare i risparmi energetici raggiungibili installando un sistema di controllo dell'illuminazione che lavori tenendo conto del contributo della luce naturale. Molti di questi hanno confrontato i consumi energetici con e senza i sistemi di controllo, altri utilizzando un software di simulazione, altri effettuando dei test e dei monitoraggi e altri ancora hanno sviluppato algoritmi o effettuato una combinazione delle precedenti metodologie. In alcuni studi sono stati definiti alcuni indici per sintetizzare quest'informazione, considerando il contesto climatico e luminoso.

La normativa europea EN 15193 descrive un metodo per la stima del consumo di energia elettrica per l'illuminazione attraverso un indice chiamato "LENI" (Lighting Energy Numeric Indicator). Quest'ultimo indica il consumo annuale al m<sup>2</sup> di energia per l'illuminazione artificiale in un edificio includendo nel calcolo diversi parametri come la potenza totale installata per l'illuminazione, il tempo di utilizzo annuale, la disponibilità di luce diurna per la zona analizzata, il tipo di sensore di luce diurna utilizzato dal sistema di controllo e il sistema di ombreggiamento installato.

La nuova normativa prEN 15193-1:2015 ha introdotto un nuovo metodo per la valutazione dei requisiti energetici per l'illuminazione. Un modo per esprimere la prestazione energetica di un impianto di illuminazione esistente può basarsi sulla stima del "fattore di spesa" definito come il rapporto tra l'energia utilizzata per l'illuminazione (calcolata o misurata) e il fabbisogno energetico di riferimento. Se da un lato l'applicazione di questo metodo permette una veloce analisi dei flussi energetici in un impianto di illuminazione, le stime operate sono legate a calcoli convenzionali, ottenuti combinando diversi fattori precalcolati riguardanti, ad

esempio, il fabbisogno di luce artificiale nell'area desiderata e l'efficienza della sorgente luminosa.

Tuttavia, le prestazioni reali dei sistemi di controllo automatico dell'edificio (BACS, *Building Automation Control Systems*) e dei sistemi di controllo della luce diurna (DLCS, *Daylight-Linked Control Systems*) sono spesso lontane da quelle idealmente raggiungibili. I sistemi BAC in commercio vengono installati nelle residenze o in piccoli uffici affinché gestiscano diversi servizi, includendo spesso anche il controllo dell'illuminazione e quindi agendo come DLCS. La configurazione hardware e software, così come uno scorretto utilizzo, può portare a non raggiungere gli obiettivi prefissati e pertanto il sistema potrebbe non lavorare come previsto. Inoltre, è risaputo che i potenziali risparmi energetici sono specificatamente collegati alla variabilità della luce ambientale. Una valutazione della loro efficienza è necessaria e non è quasi mai effettuata accuratamente. I sistemi di controllo per l'illuminazione artificiale sono spesso installati con non sufficiente precisione, non accuratamente calibrati o utilizzati in modo non corretto, a volte risultando troppo complessi per chi li installa e li utilizza. Tutto ciò è causa di possibili riduzioni dei risparmi energetici e di fastidi per gli utenti. Questo pone in evidenza la necessità di una adeguata guida per la loro installazione, utilizzo e funzionamento. Per questa ragione, sono stati condotti recenti studi riguardo l'ottimizzazione di questi sistemi. Ad esempio, poiché i valori di illuminamento medi di riferimento indicati dalla normativa potrebbero non risultare garantiti dall'impianto non opportunamente realizzato, è emerso come sia importante fare attenzione al posizionamento dei fotosensori durante la fase progettuale e definire dei coefficienti che consentano di interpretare i valori di illuminamento e di consumo reali nell'ambiente considerato.

Si è cercato quindi di definire un insieme di indici che permette di effettuare una valutazione dell'efficienza di un sistema di controllo per l'illuminazione, sia in termini di consumo energetico e sia di requisiti ambientali interni. Gli indici sono stati calcolati utilizzando misure effettuate in un ambiente reale in cui è stato implementato un sistema di controllo valutando differenti usi, tempi di funzionamento, strategie di controllo e condizioni luminose. In particolare, questi indici tengono conto degli eccessi o delle mancanze di illuminamento nel tempo, utilizzando come valore di riferimento l'illuminamento sul piano di lavoro che il sistema di illuminazione dovrebbe garantire e il rispettivo consumo energetico.

Il primo indice (ERI, *Energy Ratio of Illuminance*) considera il consumo specifico rispetto al fabbisogno misurato di luce artificiale (ALD, *Artificial Light Demand*); questo indice dipende dall'efficienza complessiva delle lampade, degli apparecchi luminosi, del sistema elettrico e di quello di controllo. Può essere confrontato con un valore di riferimento, che può essere calcolato a partire dalla misura diretta del consumo specifico caratteristico del sistema. Altri due indici, OAR (*Over-illuminance Avoidance Ratio*) e UAR (*Under-illuminance Avoidance Ratio*), permettono invece di fornire informazioni sul mantenimento del valore richiesto di illuminamento nella specifica area.

I valori degli indici sono stati calcolati in giorni aventi uguali o simili condizioni di funzionamento, e confrontati, in modo da ottenere una rappresentazione delle prestazioni del sistema in diverse condizioni ambientali e quindi di disponibilità di luce naturale. Inoltre la

consistenza di ogni indice e delle relazioni tra di essi è stata verificata per grandi quantitativi di dati.

In generale, è risultato che a bassi valori di ERI corrispondono bassi valori di UAR (elevata frequenza di illuminazione insufficiente) e ad elevati valori di OAR (frequenza ridotta di eccessi di illuminazione). Questo rileva la capacità degli indici di evidenziare situazioni in cui un basso consumo energetico è dovuto all'inabilità del sistema di raggiungere il valore minimo di illuminamento e di rare situazioni di sovra-illuminamento. Analogamente, è stato osservato che alti valori di ERI sono associati a bassi valori di OAR (frequente sovrailluminamento), mentre bassi valori di ERI corrispondono a valori molto variabili di UAR (sottoilluminamento).

La relazione tra ALD e il consumo elettrico indica una certa proporzionalità, poiché il sistema di controllo non sempre lavora come previsto nei casi ideali (ovvero con UAR e OAR uguali a 1). È risultato anche che i maggiori valori di ALD corrispondono alla minore possibilità di avere problemi di abbagliamento e quindi alti valori di OAR.

In generale questi indici possono essere utili per la valutazione reale delle prestazioni del sistema, in termini di minimo consumo raggiungibile pur soddisfacendo i requisiti ambientali visivi.