Diagnosi energetica di impianto di illuminazione artificiale interna

Qualità dell'impianto e stima del consumo dell'energia elettrica utilizzata

Roberto Gerbo – EGE SECEM

La normativa nel definire la 'prestazione energetica di un edificio' tra i vari bisogni energetici dell'edificio ha incluso "… per il settore terziario, l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili. ….." **Quindi l'illuminazione costituisce un consumo energetico obbligatoriamente da valutare per il terziario nelle diagnosi energetiche (DE), nell'APE. Ma in generale tale consumo energetico è significativo e va valutato per ogni DE.**

NB. il metodo di analisi in esame non riguarda i livelli degli illuminamenti riscontrabili nel perimetro oggetto di Diagnosi energetica – Audit energetico (DE) e l'analisi del livello di abbagliamento nei locali (al proposito vedere norma UNI 12464-1).

UNI EN 15193-1 Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione - Parte 1: Specificazioni Modulo M9" del 2021– LENI (Ligthing Energy Numeric Indicator)

La norma è espressamente richiamata (nella versione vigente 2007) dal DM 26/6/2015 - Requisiti minimi APE, che la indica come riferimento normativo per la valutazione dei consumi energetici di impianti di illuminazione interna di un edificio.

La norma indica la metodologia per valutare la prestazione energetica degli impianti di illuminazione in edifici residenziali e non residenziali e per calcolare o misurare la quantità di energia richiesta o utilizzata per l'illuminazione negli edifici. Il metodo, che può essere applicato a edifici nuovi, esistenti o ristrutturati, fornisce anche una metodologia come misura dell'efficienza energetica degli impianti di illuminazione negli edifici. Nel seguito ci riferiamo al Metodo 1 e 2 del LENI validi anche edifici esistenti, privi di progettazione di dettaglio, in particolare per edifici interi.

Il LENI esprime il consumo specifico elettrico annuo per metro quadrato di un edificio/locale (espresso in kWh/mq*anno), tenendo conto di quanto tempo l'impianto di illuminazione viene utilizzato in ragione dell'impiego dello stesso, del contributo di illuminazione naturale e degli eventuali controlli manuali o automatici della illuminazione artificiale interna.

Si basa su:

consumo energia annuale $WT=W_L+W_P$ (kWh/anno)

dove, in un dato periodo t di riferimento, riferendosi a edificio intero o a singolo locale, risultano

- **W_L fabbisogno energetico necessario agli apparecchi di illuminazione,** cioè energia elettrica consumata per garantire l'illuminazione artificiale richiesta, stimabile con

W_L= { (Pn x Fc) × [(tD × Fo × FD) + (tN × Fo)]}/1 000 [kWh]

- **W_P fabbisogno di energia necessario per lo stand by** degli eventuali dispositivi di illuminazione di emergenza, nei periodi di non illuminazione in cui si fornisce energia per caricamento dell'illuminazione di emergenza, e dei relativi sistemi di controllo, cioè è l'energia parassita annuale consumata

L'indicatore numerico dell'energia di illuminazione per intero edificio/singolo locale (ossia l'EPI ai sensi della ISO 50001) si calcola con:

LENI = W_T/A [kWh/ (m2 × anno)]={F C x (Pn /1000) x F O [(t D x F D) + t N]} + W_P/A [kWh/m 2 x anno]

con
A= Superficie di pavimento del locale/intero edificio (in genere netta calpestabile)

Nel caso di grandi superfici (palazzi uffici grandi, supermercati, ecc.) o per valutazioni preliminari si può individuare su una area campione significativa la Pn/A (W/mq), per cui il metodo in esame consente una valutazione attendibile senza ricorrere al censimento puntuale degli apparecchi di illuminazione. Questo aspetto della norma è particolarmente utile per facilitare le analisi del merito nella DE

<u>Componenti di LENI</u>

- **Pn [W/m2] densità media di potenza riferita all'area**

L'Appendice D della norma fornisce indicazioni al riguardo

- **W_P/A = 2,5 -6**

Valori minimi

- 1 (kWh/m 2 x anno): valore di default di densità di energia per ricarica delle batterie degli apparecchi di illuminazione di emergenza
- 1,5 (kWh/m 2 x anno): valore di default di densità di energia per lo standby per i sistemi automatici

Valori usuali per sistemi esistenti datati 4-6 (kWh/m2 x anno).

- **F c [-] fattore di illuminamento costante**

Gli impianti di illuminazione nel tempo hanno decadimento **(vetustà, pulizia, ecc.)** che viene stimato attraverso il **Fattore di Manutenzione (MF).** Normalmente come tempo è considerato il periodo di un ciclo di manutenzione completo, con Fcc fattore di efficienza di controllo dell'illuminamento costante.

<u>Metodo 1 e 2</u>

Fc =1- Fcc* (1-MF) /2

Nel caso Fcc non siano noto o non si attui tale controllo è accettabile formula derivata con Fcc=1:

Fc =(1+MF) /2 con MF valore compreso tra 0,6 e 1, vedi seguente tabella:

- **Ore di funzionamento t D e t N**

t D [h]: numero di ore di utilizzo dell'ambiente in presenza di luce naturale
t N [h]: numero di ore di utilizzo dell'ambiente in assenza di luce naturale
Valori usuali su base giorno completo si ricavano da tabella della norma, per varie destinazioni uso degli edifici. Per analisi più prossime a realtà si possono usare valori specifici dedotti sul campo.

- **Coefficiente Fo**

F_A [-]

In alcuni casi Fo dipende da **F_A che è la % del tempo in cui lo spazio non è occupato,** ossia il periodo assenza occupanti rispetto alle ore t_D e t_N. Edificio/singolo locale: occupati in modo permanente FA=0; quasi mai usati FA tende verso 1,0. Valore di FA è **determinabile per edificio o singolo locale da tabella specifica della norma.**

Fo [-]

Fattore che tiene conto dell'occupazione degli utenti in ambiente, fornisce una stima dell'efficienza energetica del sistema di controllo dell'illuminazione, **dipende da 2 fattori:**

– il tipo di sistema di controllo;

– il grado di assenza del locale o dell'edificio (vedere F_A sopra)

Metodo 1

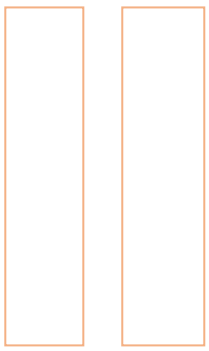
Fo=1 se l'illuminazione è accesa 'centralmente', oppure l'area illuminata da un gruppo di apparecchi accesi (manualmente o automaticamente) è maggiore di 30 m2 (escluse sale riunioni)

Fo < 1: nelle sale riunioni e negli altri casi calcolabile con specifiche relazioni indicate dalla norma in funzione di **F_A** e di **Foc**, in funzione del tipo di sistema di accensione/spegnimento

FO non può mai essere maggiore di 1,0 - F A, ***questo implica che F_{OC} dovrebbe essere almeno 0,80****, che corrisponde a "Manual On / Auto Off".*

Metodo 2

È molto utile per l'analisi di un intero edificio (usualmente FA=0 oppure 0,2), si possono usare valori della tabella:



Esempio: edificio a uffici (F_A=0,2) Fo= 1 – [(1 – Foc) x F_A / 0,2] con Foc=1-0,8 può variare teoricamente tra 1 e 0

Coefficiente FD [-]

Fattore che tiene conto della disponibilità di luce naturale in ambiente, esso può essere definito su base annuale e mensile. Non disponibilità luce naturale FD=1

Un approccio semplificato da sviluppare è articolato in più fasi e casistiche. **Riferendosi solo a facciate verticali e a struttura grezza dell'edificio intero è possibile adottare la classificazione del fattore di luce diurna "D" in 4 classi indicate da norma.**

Metodo 1 - CALCOLO ANALITICO

Valore medio annuo

$F_{D,n} = 1 – (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n})$

La norma consente una articolata valutazione di

- FD,S,n= fattore di apporto di luce diurna. In Italia ci si può riferire a latitudine variabile tra 35 e 45°, valore medio 40°, quindi Hdir /Hglob=0,5 e illuminamento medio interno (300 o 500 lux)
- FD,C,n = fattore di regolazione della luce artificiale dipendente dalla luce diurna che tiene conto del controllo dell'illuminazione elettrica dipendente dalla luce diurna**. Il fattore viene espresso in base a "D" e si può definire a livello annuale e mensile**

Valore medio mensile
I valori mensili del fattore FD,n possono essere ottenuti da quelli annuali con un coeff correttivo:
FD,n = 1- (FD,S,n x FD,C,n x v Month,h,i)

v Month,h,i per facciate verticali si ricava da tabella, in genere riferendosi a "Altri":

Quindi v Month,i è la chiave di distribuzione per la ripartizione mensile di FD,S,n.

Metodo 2 – VALUTAZIONE SINTETICA
Si basa su fattore F D,S,SNA di disponibilità luce diurna; per facciate verticali:

Fattore di disponibilità della luce diurna per le facciate verticali

D [%]	0,13	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0	18,0
$F_{D,S,SNA}$	0,12	0,36	0,50	0,64	0,66	0,75	0,81	0,88	0,91	0,91

e valgono le seguenti relazioni:

- Esposizione sud, con schermatura o protezione antiabbagliamento
  $F_{D,S} = 0,65\ F_{D,S,SNA} + 0,07$
- Esposizione sud, senza schermatura o protezione antiabbagliamento, oppure per esposizione est, ovest e nord
  $F_{D,S} = 0,65\ F_{D,S,SNA} + 0,25$

Quindi **si calcola FD = 1 – 0,52 $F_{D,S}$**

Si evidenzia che in prima approssimazione i valori di FDS e quindi quelli di FD per fattore di penetrazione Basso e Medio sono abbastanza prossimi a quelli calcolati con Metodo 1, in tali casi è più semplice applicare il metodo 2.

Valori mensili di LENI*A(mq) definiscono la stima dell'energia elettrica consumata per illuminazione interna, tale valore dedotto dai consumi mensili totali dell'edificio (contatore rete/bolletta elettrica) individuano i consumi residui (es. nel terziario con caldaia a gas: utilizzatori uffici -tipo macchine ufficio, ecc.- e climatizzazione) facilitando nella DE il calcolo dei vari tipi di consumo per tipo di utilizzatore.

- **Fattori si spesa - benchmark di LENI**

La prestazione energetica di un dato impianto di illuminazione secondo la norma può essere indicata mediante **il "fattore di spesa", dove a un maggiore fattore di spesa corrisponde un impianto di illuminazione meno efficiente,** definito da:

eL=Wus/Wnd

dove

- W us è l'energia utilizzata per l'illuminazione (calcolata o misurata);

- W nd è l'energia necessaria per illuminazione di riferimento, ossia di benchmark

Il valore di eL si può esprimere come prodotto di vari sottofattori calcolabili secondo le indicazioni della norma. Rappresenta anche la valutazione della qualità energetica dell'impianto installato rispetto al benchmark: eL >significa che l'impianto esistente va efficientato.

Esempio di INPUT/OUTPUT ottenibile dal calcolo di LENI per edificio intero con SW di BD SERVIZI GREEN

Denominazione edificio oggetto: _____
Indirizzo del sito: _____
Perimetro oggetto di analisi (denominazione uffici, locali, ecc.): _____

Parametri e valori caratteristici
Destinazione di uso del perimetro: _____
A = Superficie utile illuminata (valore in m^2): _____
$\mathbf{P_n}$ = Potenza installata nominale **(W)**: _____
oppure TABELLA IN CASO DI CENSIMENTO DI DETTAGLIO

TABELLA DI DETTAGLIO

DESCRIZIONE APPARECCHI ESISTENTI		Potenza unitaria singola lampada apparecchio (W)- senza alimentatore e ausiliari (RANGE valore <1000)	Numero lampade per apparecchio (RANGE valore <10)	Numero apparecchi nel perimetro considerato (RANGE valore <1000)	Potenza Totale con ausiliari (W)
Apparecchi da 18W	FLUO	18	1	10	207
Apparecchi da 36W	FLUO	36	2	123	10184
Apparecchi da 18W	FLUOCOMP	18	2	14	580
Apparecchi da 17W	FLUOCOMP	17	2	15	587
Apparecchi da 28W	FLUOCOMP	26	2	10	598
Apparecchi da 60W	FLUOCOMP	60	1	3	207
Altro	LED				0
TOTALE					12363
Superficie illuminata (mq) netta interna					1.038
Potenza media installata (W/mq)					11,91

$\mathbf{P_n/A}$ (W/mq): 11,91

STIMA ENERGIA ELETTRICA ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE - LENI Norma UNI EN 15193/21

	Legenda celle	INPUT	Calcolo	
PARAMETRI PER CALCOLO LENI		**Intero edificio**	**Singolo locale**	**NOTE A SUPPORTO**
Pn	Potenza installata (W/mq)	**11,91**		Valore di input o calcolato da Foglio "LENI input base"
Tipo di analisi	B=intero edificio; R= singoilo locale	**B**		
Destinazione uso perimetro	U=uffici;S=scuole;O=ospedali;H=hotel;R=ristoranti;CS=Centri sportivi;EC=edifici commerciali;EI=edifici industriali	**U**		
t_D	Ore di accensione diurna (max 3000)	**2250,00**		Valore proposto modificabile
t_N	Ore di accensione notturna - non diurna (max 5000)	**250,00**		Valore proposto modificabile
MF	Fattore sovradimensionamento impianto (variabile da 0,8 a 1) per effetto degrado e	**0,90**		
FC	Calcolo in base a MF	**0,95**		
accensione/spegnimento in edificio o singolo locale	SI/NO	**NO**		
F_A	Tipologia locali e periodo non utilizzo	**0,70**	**0,20**	Per singolo locale scegliere da tabella specifica
Foc senza sensore	Fattore senza rilevamento automatico presenza occupanti (CTE)	**1,00**		Per singolo locale scegliere da tabella a fianco
Foc con sensore	Fattore con rilevamento automatico presenza occupanti (CTE)	**0,90**		
Fo singolo locale	Calcolo in base a FA e Foc			1 Foc
Fo intero edificio	Valori caratteristici medi		**0,95**	Per singolo locale scegliere da tabella a fianco
Fo	Valore per calcolo intero edificio o singolo locale	**0,95**		
Sistema di controllo i luce naturale	M=manuale;A=automatico	**M**		
latitdine sito	Riportare latitudine sito oppure scegliere NORD=46;CENTRO =40;SUD=36 indicare valore più prossimo N/C/S	**45,00**	**N**	
Livello penetrazione luce naturale	Nullo <2%; Basso=B=2-4%;Medio=M =4-6%;Alto=A=>6%	**A**		Se Nullo indicare "N" e poi forzare dopo FD=1
Esposizione pareti	S=SUD; SUD+EST/OVEST/NORD=SEON; EST/OVEST/NORD=EON	**SEON**		
FD,Sn = 0,65 FD,S,SNA + 0,07 opp 0,25	Fattore disponibilità luce naturale - **FINESTRE VERTICALI**	**0,687**		
FD,C n	Fattore rfegolazione luce naturale - **FINESTRE VERTICALI**	0,520		LENI Metodo 2 non lo quantifica, si ottiene per differenza da FD e FDS
F_D=1-0,52*$F_{D,S}$ equivale a FD,n = 1 – (FD,S,n*FD,C,n)	NB Se non ci sono vetrate (luce naturale inesistente) forzare FD =1	**0,643**		
Val mensile F_D=1-(FD*$_{cDS}$)	Il valore mensile vs il valore medio annuo è calcolato attraverso coeff cDS (vedi sotto)	**Vedere risultati riga 45**		
Tipo lampada	FLUO; FLUOCOMP; LED	**FLUO**		
Densità lumen/W		**0,014**		Valore di input o calcolato da Foglio "LENI input
Fattore di spesa illuminamento costante- eLC		**1,00**	**1,00**	
Fattore di spesa occupazione- eLO		**3,17**	**1,19**	
Fattore efficienza luminosa FL	FL led =0,86; Fl fluo=0,9	**0,90**	**0,90**	
Fattore di spesa tipo Impianto- eLES	(W/lumen)	**1,98**	**1,98**	
Fattore di spesa comando illum da luce esterna- eLES	Con AD=75% A e AND=25%*A	**1,47**	**1,47**	
Fattore di spesa complessivo			**3,46**	Non calcolato per singolo locale

Tipo di accensione	VALORE LENI	
M	W_L (kWh/mq*anno) = (Pn X Fc X Fo X (tD X FD + tN)) / 1000	18,234
Presenza sensore	W_P (kWh/mq*anno) = (P_{Pc} X (ty-to)+P_{em} X tem)/1000	4,00
NO	LENI (kWh/mq*anno) = W_L+W_P	22,234

A fronte di una potenza installata di 11,91 (W/mq) il consumo energetico annuo è di LENI=22,234 kWh/mq*anno.

Valori mensili di LENI

		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno
VALORI MENSILI DI LENI	WL - (kWh/mq*mese) - base	1,63	1,54	1,48	1,43	1,40	1,40
	WL - (kWh/mq*mese) - Fd condizionato	1,63	1,54	1,48	1,43	1,40	1,40
	Wp-(kWh/mq*mese)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	LENI-(kWh/mq*mese)	1,96	1,87	1,81	1,77	1,74	1,73
	Consumi elettrici di zona (kWh/mese)	2036	1946	1879	1834	1804	1797

	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	Totale
WL - (kWh/mq*mese) - base	1,41	1,44	1,49	1,56	1,66	1,76	*18,20*
WL - (kWh/mq*mese) - Fd condizionato	1,41	1,44	1,49	1,56	1,66	1,76	*18,20*
Wp-(kWh/mq*mese)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	4,00
LENI-(kWh/mq*mese)	1,74	1,77	1,82	1,90	1,99	2,10	22,20
Consumi elettrici di zona (kWh/mese)	1812	1842	1894	1969	2066	2178	23055

Valore di riferimento – BENCHMARK

Il fattore di spesa >>1 evidenzia una prestazione energetica non ottimale e migliorabile a livello di efficienza energetica.