

EVALUAREA EFICIENȚEI ENERGETICE ȘI PERCEPEREA CALITĂȚII ILUMINATULUI UTILIZÂND INDICATORII LENI ȘI ELI

Autori: Natalia HAREA, st.gr. UAT-121
dr., conf.univ, Constantin CODREANU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Evaluarea calității iluminatului se efectuează prin indicatorul ELI (Ergonomic Lighting Indicator), iar a eficienței iluminatului prin indicatorul LENI (Lighting Energy Numeric Indicator).

Cuvinte cheie: indicatorii ELI, LENI de evaluare a instalației de iluminat.

Indicatorul LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) reflectă eficiența energetică al instalației de iluminat și indică necesitatea de dirijare eficientă cu iluminatul. Cerința obligatorie constă în utilizarea iluminatului natural și detectarea prezenței. Dirijarea cu iluminatul asigură ajustarea iluminatului la cerințele utilizatorului. Calitatea iluminatului, care include în sine multiple aspecte, reprezintă mai mult decât un indicator. De aceea, graficul sub formă de păianjen – este un instrument destul de util pentru reprezentarea celor cinci criterii de bază. El permite specialiștilor de a echilibra eficiența energetică și calitatea iluminatului. Ca rezultat, consumul de energie electrică de către sistemul de iluminat poate descrește, iar calitatea invers – poate crește.

Estimarea consumului de energie electrică se efectuează cu ajutorul indicatorului (Lighting Energy Numeric Indicator) – exprimat în kWh/m² per an, care reflectă consumul anual de energie electrică necesar pentru funcționarea sistemului de iluminat în corespundere cu specificațiile clădirii. Deoarece există indicator, devine logic de a stabili și criteriile de consum al energiei electrice, ceea ce este reflectat în standardul EN-15193 „Energy requirements for Lighting”, care descrie cerințele referitoare la alimentarea cu energie electrică a sistemelor de iluminat.

Cerințele oamenilor către calitatea iluminatului sunt și mai mari. Aceste cerințe sunt determinate de indicatorul de calitate al iluminatului - ELI (Ergonomic Lighting Indicator). Acest indicator este introdus pentru aceea ca să avem posibilitatea evidenței concomitente a mai multor aspecte referitoare la calitatea iluminatului. În standardele susnumite exista referente reciproce.

Indicatorul LENI deja este aprobat în standard. ELI va intra în ghiduri pentru iluminat. În viitor el poate deveni un instrument obișnuit de estimare a calității iluminatului. Între ELI și LENI trebuie găsit un echilibru optim.

LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) – parametru de eficiență energetică a instalației de iluminat.

Conform directivei EC 2002/91/EC «Energetica clădirilor » (Energy performance of buildings) cerința obligatorie constă în existența certificatului energetic, care va reflecta consumul general al clădirii și care va include în sine energia necesară pentru sistemele de încălzire, de climatizare a aerului, de alimentare cu apă, ventilare, iluminat, precum și a sistemelor de dirijare. Metoda de calcul pentru sistemele de iluminat este expusă în standardul EN 15193-1 „Lighting energy estimation”).

Acest standard ține cont de diverse aspecte al consumului de energie:

- a) sarcina conectată: toate corpurile de iluminat;
- b) utilizarea în timpul zilei: dirijarea cu iluminatul și reglarea sarcinii în timpul zilei;
- c) utilizarea pe timp de noapte: dirijarea cu sarcina;
- d) utilizarea iluminatului permanent: dirijarea cu iluminatul primar (verificarea tehnică);
- e) regimul de așteptare: puterea parazită în punctele de reper a sistemului de iluminat;
- f) iluminatul algoritmic și stabilirea scenei de iluminat respective în scopul reducerii consumului de energie electrică.

Puterea totală utilizată pentru iluminat pe parcursul anului, în :

$$W_{light} = W_L + W_P \quad (1)$$

Indicatorul LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) a fost introdus pentru a calcula consumul anual de energie electrică de către sistemul de iluminat per metru pătrat de suprafață, care este necesar pentru efectuarea funcțiilor de iluminat în corespundere cu specificațiile clădirii, în kWh (m²·an):

$$LENI = \frac{W_{light}}{A} \quad (2)$$

Evident, că asupra consumului de energie electrică de către sistemul de iluminat, poate influența tare utilizarea dirijării.

În standard este utilizată o expresie de bază pentru măsurarea și calculul consumului anual de energie la iluminatul clădirii $W_{L,t}$, în kWh:

$$W_{L,t} = \Sigma \{ (P_n \cdot F_c) \cdot [(t_D \cdot F_0 \cdot F_D) + (t_N \cdot F_0)] \} / 10^3 \quad (3)$$

În afară de aceasta, în calculul consumului de energie intră și puterea parazitată pentru estimarea pierderilor în regim de așteptare, precum și puterea necesară pentru iluminatul de siguranță, în kWh:

$$W_{P,t} = \Sigma \{ \{ P_{PC} \cdot [t_y - (t_D + t_N)] \} + (P_{EM} + t_{EM}) \} / 10^3 \quad (4)$$

unde: W_L – energia consumată, pentru crearea fluxului luminos util, W_P - energia parazitată, utilizată în regim de pierderi în așteptare și la încărcarea acumulatorilor corpurilor de iluminat de siguranță, P_n - este puterea nominală la iluminat în zona estimată; F_c - factorul de iluminat permanent; t_p - durata de utilizare a puterii parazitare; t_D - durata de utilizare pe parcursul zilei; F_D - factorul de iluminat natural; F_0 - factorul de încărcare; P_{PC} - puterea parazitată în zonă (cu semnificația pierderilor în regimul de așteptare); t_y - durata anuală standard (8760 ore); P_{EM} - puterea instalată pentru încărcarea corpurilor de iluminat de avarie în zona dată; t_{EM} - durata de încărcare a sistemului de iluminat de avarie.

ELI (Ergonomic lighting indicator) – indicator de calitate al iluminatului

Indicatorul ELI utilizează cinci criterii de bază pentru descrierea calității generale a instalației de iluminat. Ele sunt corelate cu cele mai importante aspecte de percepere a iluminatului de către om. Mai jos sunt enumerate cinci criterii de estimare a calității iluminatului:

- caracteristicile vizuale (Visual Performance);
- caracteristicile de perspectivă, vizualizarea scenei de lumină (Vista);
- confortul vizual (Visual Comfort);
- vitalitatea (Vitality);
- posibilitățile de a influența iluminatul (Empowerment).

Caracteristicile vizuale (Visual Performance) determină, va fi oare soluția selectată referitor la iluminat convenabilă pentru efectuarea sarcinii vizuale. La caracteristicile vizuale se referă următoarele:

- nivelul de iluminare;
- indicele de redare a culorilor;
- lipsa umbrelor stringente;
- contrastul de tranziție (rendering-ul);
- orbirea de disconfort.

Caracteristicile de perspectivă, vizualizarea scenei de lumină (Vista) determină primele impresii vizuale. La ele se referă grupa de subcriterii:

- concepția arhitecturală, psihică;
- orientarea;
- structura de percepție;
- materialul;
- clasa de protecție.

Confortul vizual (Visual Comfort) determină ergonomia interacțiunii dintre soluția referitor la iluminat și utilizatorii spațiului. Odaia trebuie iluminată uniform cu o luminozitate corespunzătoare. La acest criteriu se referă o grupă de subcriterii:

- distribuția luminii;
- plasticitatea, modelarea;
- lipsa reflexiilor și orbirilor;
- uniformitatea iluminării în apropierea zonelor sarcinilor vizuale;
- siguranța;
- combinația iluminatului artificial cu cel natural;
- utilizarea balasturilor electronice.

Vitalitatea (Vitality) determină influența pozitivă a iluminatului asupra bunăstării omului, atât fiziologic cât și biologic. La acest criteriu se referă următoarele subcriterii:

- bunăstarea;
- ritmul circadian;
- lumina naturală;
- evitarea pericolului mediului înconjurător;
- evitarea radiației termice;
- influența câmpurilor electromagnetice.

Posibilitatea de a influența iluminatul (Empowerment) – determină nivelul personal de iluminare, controlul și flexibilitatea soluției de iluminat. Senzori și sistemele de dirijare permit utilizatorului de a regla iluminatul în corespundere cu necesitățile lui. La acest criteriu se referă grupa de subcriterii:

- influenței personale prin intermediul reducerii intensității luminoase și a comutației;
- alegerea scenelor de lumină;
- detectarea prezenței;
- lumina zilei în funcție de controlul fluxului;
- flexibilitatea;
- confidențialitatea.

Aceste criterii sunt estimate conform scalei de la 1 (insuficient) până la 5 (excellent). Descrierea generală a acestor cinci criterii este dată în fig. 1, c. Fiecare diviziune a scalei include câteva subcriterii. Ele sunt necesare pentru analiza sigură și reproductibilă.

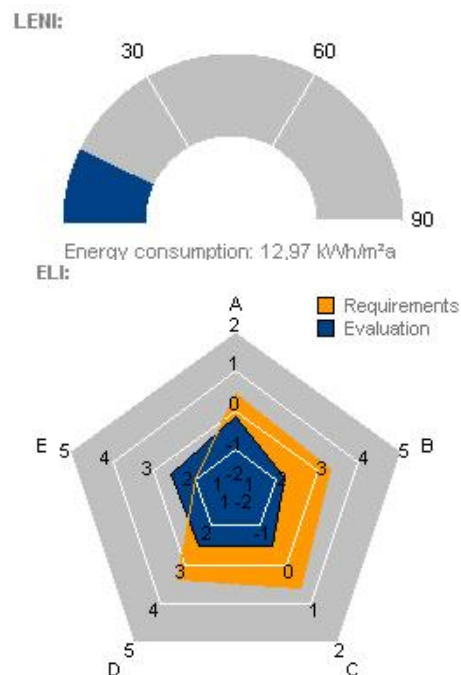
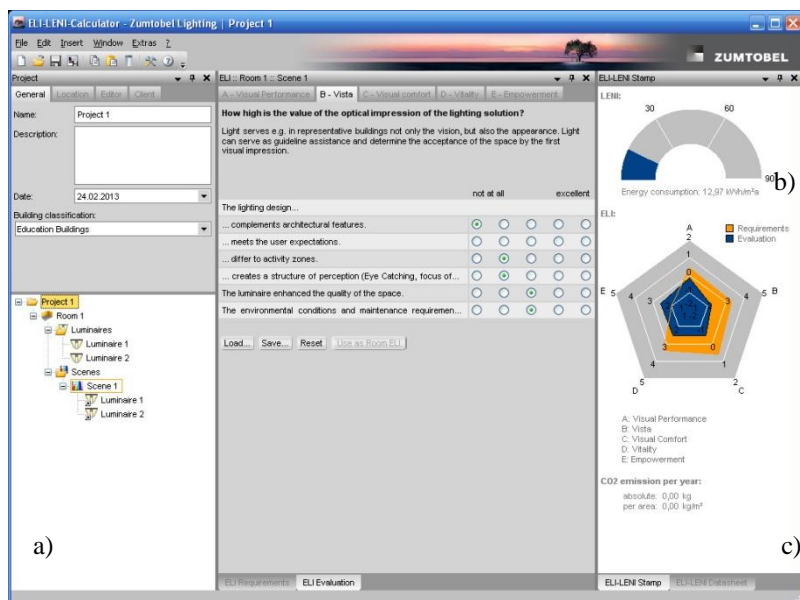


Fig. 1 Fereastra programului LENI-ELI (a) și diagrama indicatorului LENI care reflectă eficiența energetică a instalației (b) și graficul de tip păianjen (c) pentru indicatorul ELI care reflectă calitatea iluminatului

Această metodă este utilizată pentru comunicația între oameni pe durata execuției proiectului în domeniul iluminatului artificial (de exemplu, colaborarea dintre beneficiar și proiectant). Mai întâi sunt discutate cernitele către sistemul de iluminat. Apoi se elaborează proiectul sau se efectuează montarea sistemului de iluminat. Și în sfârșit, se poate estima soluția aleasă.

Pentru toate etapele se pot utiliza foi de interogare speciale (chek-listing), în care în afară de cele cinci criterii sunt indicate 38 criterii suplimentare.

Cerințele la proiect pot fi ușor comparate cu soluția estimată (fig. 1, b): regiunea orange – cerințele către proiect, regiunea albastră – estimarea soluției). Puterea și slăbiciunea diverselor soluții referitoare la sistemul de iluminat sunt clar vizibile. Când apare necesitatea de a efectua o analiză compusă, deseori se pot obține grafice de tip păianjen, ca cel prezentat în fig. 1, c. Ele pot fi ușor analizate, ceea ce reprezintă avantajul principal la utilizarea lor pentru comunicarea dintre beneficiar, care de obicei nu este specialist în domeniu și proiectant, care este specialist cu cunoștințe profunde în aspectele multiple ale iluminatului. Indicatorul ELI

este rezultatul primelor cercetări în acest domeniu; el a fost elaborat în colaborare cu profesorul Christoph Schierz din Institutul de tehnologii din Elveția.

Cercetarea empirică: obiectivitatea, fiabilitatea și corectitudinea check-listing-ului ELI.

În cercetarea empirică check-listing-ul a fost minuțios examinat prin intermediul analizei sarcinilor și criteriilor testului tradițional. Au fost efectuate două serii de experimente.

În prima serie au fost verificate bazele pentru metoda check-listing-ului. În baza documentației de proiect 22 de participanți au răspuns la întrebările ELI mai întâi referitor la cerințele de proiect, iar apoi referitor la estimarea soluției. Rezultatele au fost cercetate cu ajutorul analizei sarcinilor și criteriului de îndeplinire a testului ce se referă la obiectivitate, fiabilitate și veridicitate. În afară de aceasta au fost analizate unele probleme ce țin de scalare, măsurare și automatizare.

În seria secundă a fost testată anexa ce se referă la procesul de estimare. A fost necesar de a concretiza problemele care pot apărea în decursul procesului tehnologic de creare a sistemului. De aceea a fost modelat, studiat și analizat întreg procesul de lucru asupra proiectului. Această serie experimentală a fost efectuată de către doi proiectanți. Ei trebuiau să obțină de la beneficiar cerințele de proiectare. Apoi, ei trebuiau să propună și să estimeze împreună cu beneficiarul calitatea iluminatului. Proiectul se referă la iluminatul unui oficiu real existent.

Utilizarea practică a indicatorilor ELI-LENI

Pentru estimarea indicatorilor ELI-LENI a soluțiilor propuse a fost utilizat calculatorul ELI-ENI (fig. 1, a). În fig. 2 sunt prezentate patru soluții pentru sistemul de iluminat, care au fost utilizate pentru cercetări de lungă durată a caracteristicilor iluminatului în baza datelor empirice.

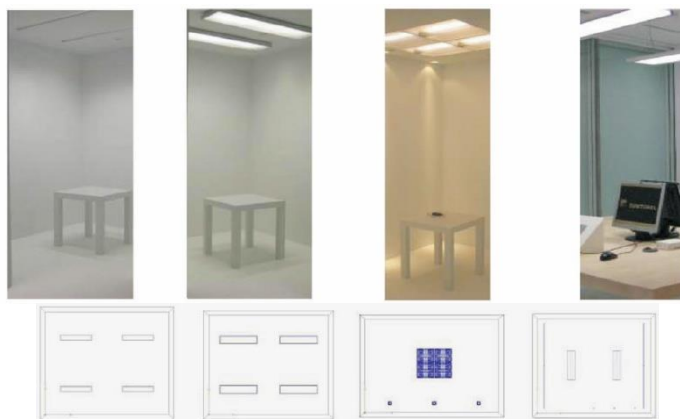


Fig. 2 Pentru cercetări de lungă durată în scopul confirmării rezultatelor empirice au fost realizate patru soluții de iluminat pentru situații tipice în oficiu

Concluzii:

Analiza a demonstrat că metoda de estimare poate fi calificată ca obiectivă și veridică. Precizia ei poate fi majorată prin perfecționarea subiectelor care se referă la diverse aplicații.

A doua serie de teste au fost efectuate în condiții de laborator. Rezultatele testelor au demonstrat că estimarea conceptului sistemului de iluminat poate fi un lucru de rutină zilnic al proiectantului. Check-listing-ul pentru estimarea calității iluminatului este aprobat în calitate de un instrument util. Pentru a îmbunătăți precizia indicatorului ELI, sarcina și estimările trebuie să fie adaptate la diverse aplicații de iluminat.

Bibliografie

1. *ELI-LENI Calculator Version 3.2.1.0.* <http://www.zumtobel.com/humanenergybalance> [Accesat 11 Noiembrie 2013]
2. *EN-15193 „Energy requirements for Lighting”*, <http://www.en-standard.eu/> [Accesat 11 Noiembrie 2013]