

CLĂDIRE INOVATIVĂ DE BIROURI ILUMINAT, PRODUCTIVITATE ȘI ENERGIE

Jorma LEHTOVAARA, Viorel L. GLIGOR, Liisa HALONEN

Helsinki University of Technology – Lighting Laboratory

În decembrie 2000 a fost inaugurată la Helsinki University of Technology o nouă clădire demonstrativă destinată cercetărilor în domeniul iluminatului “Valotalo” (Casa luminii). Au fost aplicate cele mai noi tehnologii experimentale pentru integrarea iluminatului artificial și natural pentru a valida eficiența energetică și acceptanța oamenilor. În fațada din sud au fost integrate panouri fotovoltaice de putere de maximum 7 kW. Pe acoperișul clădirii a fost montat un sistem de încălzire solară de 30 m² pentru a produce apă caldă menajeră. De asemenea, pe acoperiș este construită o încăpere pentru evaluarea iluminatului natural. În interiorul clădirii, fiecare încăpere a Laboratorului de Iluminat are un sistem de control diferit: două tipuri de sistem de control LON și noul sistem de control cu protocol DALI. Ferestrele sudice de la etajul III au jaluzele orizontale dotate cu motor în partea inferioară și panouri tăiate cu laser în partea superioară a cadrului ferestrei. În prezent se studiază performanțele tehnologiei instalate. Sunt strânse date despre disponibilitatea energiei, este măsurată și analizată luminanța și chestionați utilizatorii. În birouri este măsurată orbirea iar distribuția luminanței este analizată în diferite anotimpuri și perioade ale zilei utilizând un sistem digital de analiză fotometrică.

“Casa luminii”

Noua aripă a Departamentului de Inginerie Electrică și Comunicații, inaugurată în decembrie 2000 la Universitatea de Tehnologie din Helsinki, a fost proiectată pentru a crea un mediu optim pentru cercetarea în domeniul iluminatului. Numele clădirii este “Valotalo” – “Casa Luminii”. Obiectivul este de a aplica cele mai noi tehnologii experimentale pentru integrarea iluminatului artificial și natural, pentru a valida eficiența energetică și acceptanța oamenilor.

Clădirea este structurată pe patru etaje. La parter și la primul etaj este un net café, respectiv biblioteca departamentului. La al doilea și al treilea etaj sunt încăperile Laboratorului de Iluminat și sălile de clasă. Panourile termo-solare și o încăpere experimentală cu pereți de sticlă, care este un dispozitiv de cercetare a luminii naturale, sunt plasate pe acoperișul terasă al clădirii. Panourile fotovoltaice sunt integrate arhitectural și estetic în fațada sudică a clădirii. Panourile sunt utilizate și ca elemente

de umbrire. Ferestrele cu orientare sudică de la etajul al treilea au jaluzele orizontale dotate cu motor în partea inferioară și panouri tăiate cu laser în partea superioară a cadrului ferestrei. Scopul acestor panouri este de a elimina orbirea directă de la iluminatul natural și de a redirecționa lumina soarelui spre tavan și mai adânc în încăpere. În acest mod lumina care ajunge pe tavan este împrăștiată în încăpere. Toate încăperile Laboratorului de Iluminat au integrate diferite sisteme de control.

Energia solară

Sistem Termal Solar

Sistemul de încălzire solară montat pe acoperișul “Casei Luminii” are ca scop preparamentul apei calde menajere. Consumul de apă caldă este mare datorită prezenței cafeteriei departamentului. Aria totală a colectorului de înaltă temperatură acoperit cu sticlă este de 30 m² și puterea medie estimată este 13 kW. Energia termică produsă este înmagazinată într-un rezervor de apă caldă de 2400 litri și distribuit în instalația interioară de apă caldă.

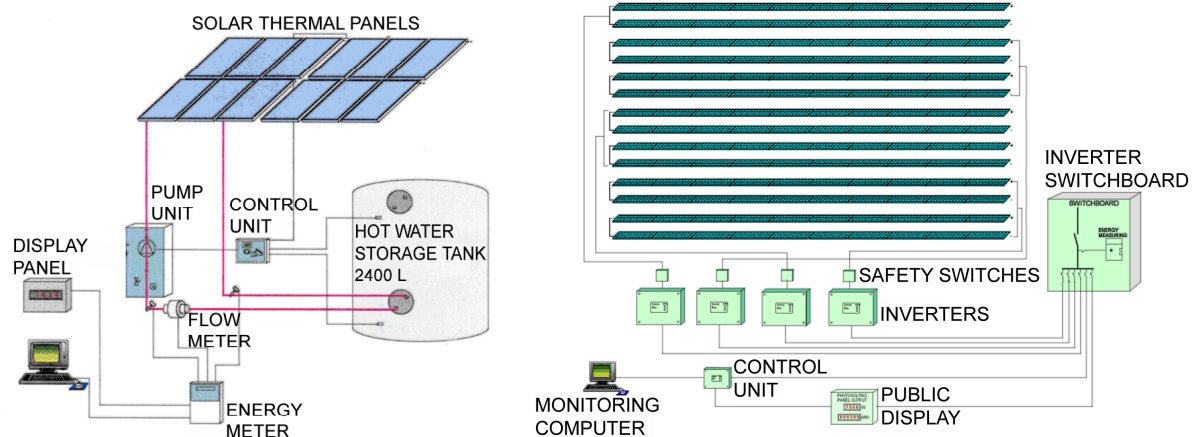


Figura 1 Instalația de energie solară a sistemului termo-solar (a) și panourile fotovoltaice (b)

După 12.548 de ore de supraveghere, sistemul de încălzire solară a produs o cantitate totală de energie de 15.868 MWh pentru un volum de 3885,34 m³ apă caldă. Puterea maxim înregistrată de sistem a fost de $P_{\max}=18,6$ kW pentru un debit de 0,94 m³/h și o temperatură de 48 °C.

Panouri Fotovoltaice

Pe suprafața fațadei sudice a clădirii s-a montat un sistem de panouri fotovoltaice între parter și etajul III. Sistemul de panouri servește și ca element de umbră. Puterea maximă a panourilor este de 7 kW. Rețeaua fotovoltaică conține 140 de module de înaltă eficiență din silicon policristalin a câte 50 W fiecare. Aria totală a panourilor este 60 m². Modulele sunt proiectate să reziste condițiilor vitrege și continuă să funcționeze eficient. Curentul continuu produs de panouri este convertit în curent alternativ de patru invertore cu o eficiență de 96% în condiții optime (eficiența este 94% deja la 0,25 P_{ACnom}) și furnizată sistemului de distribuție. Invertoarele transmit date prin conductoare utilizând comunicarea prin linia principală, ceea ce face ca datele fiecărei componente să fie accesibile în aproape orice punct al clădirii. Parametrii achiziționați pentru diagnoză și control sunt: (1) PV - tensiune și curent; (2) tensiunea rețelei și frecvența; (3) curentul și puterea furnizată; (4)

ore totale de operare; (5) energia total acumulată [kWh]; și (6) starea sistemului. Unitățile de control conectate la linia AC colectează datele furnizate de invertoare și apoi o procesează, vizualizează și transmit în funcție de cerințele utilizatorului. Unitatea de control este un sistem central de achiziții de date și diagnoză pentru până la 50 de invertoare, ceea ce permite un sistem flexibil de conducere cu control de la distanță a componentelor și transmiterea datelor relevante ale sistemului la PC.

Cantitatea de energie electrică economisită într-un an de sistemul PV a fost de 4 421 kWh. Cantitatea redusă de energie economisită (~12 kWh zilnic) se datorează prafului provenit de la un șantier din apropiere. O nouă aripă a fost construită în ultimul an la departamentul din apropiere de "Casa Luminii" iar praful a afectat performanțele panourilor.

"Cubul de sticlă"

"Cubul de sticlă" este localizat pe acoperișul clădirii. Aria totală a cubului este 4x4 m și înălțimea este 2,7 m. Pereții (orientați în direcțiile cardinale) constau din elemente de 1 m lățime din sticlă. Elementele pereților și ai tavanului nu sunt duble. Cubul este dotat cu draperii pentru întuneric și jaluzele orizontale. Dimensiunile și orientarea ferestrelor pot fi la alegere.

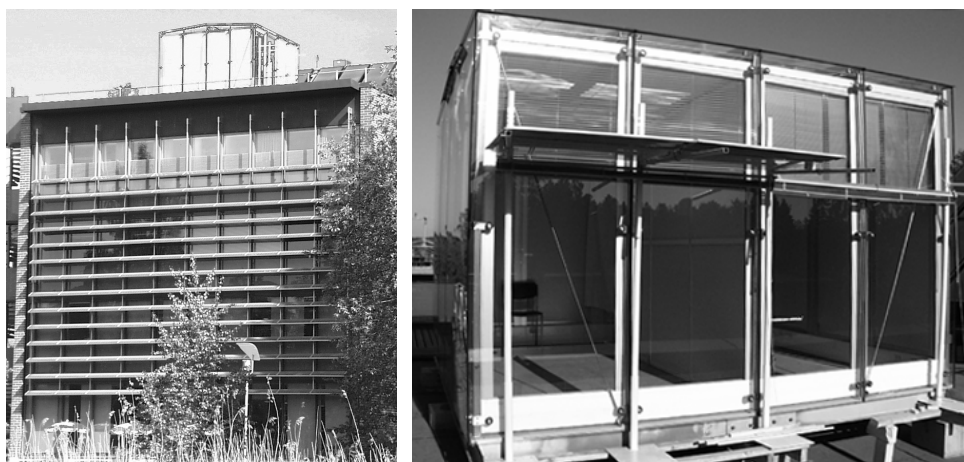


Figura 2 Fațada sudică a “Casei Luminii” și “Cubul de Sticlă” montat pe acoperiș

Pentru măsurări în interiorul încăperii cubul este echipat cu un sistem cu 10 canale de achiziții de date. Datele referitoare la lumina naturală sunt strânse cu un senzor orizontal și patru verticali de pe acoperișul de lângă cubul de sticlă.

Proiectul de cercetare ‘The Productive Office 2005’ include studii de laborator în direcția iluminatului artificial și natural. Vor fi studiate caracteristicile vizuale ale monitoarelor, cantitatea și calitatea parametrilor iluminării locurilor de muncă moderne și efectul orbirii produse de iluminatul natural asupra productivității. Testele de productivitate și performanță vizuală cu observatori vor fi realizate în cubul de sticlă. Rezultatele studiilor de laborator vor fi legate de dezvoltarea modelului de productivitate. Proiectul este parte a Programului de Tehnologie a Clădirilor Sănătoase al Tekes, Agenția de Tehnologie Națională. Scopul programului este de a îmbunătăți ciclul de viață curent al clădirilor și să extindă durata de serviciu.

Controlul iluminatului

În “Casa Luminii” sistemele de control al iluminatului diferă de la o încăpere la alta: sunt două sisteme de control LON (sisteme LON și Helvar-Mimo LON) și noul sistem Digidim Helvar, bazat pe protocolul DALI. Sistemul LON are doar control manual al iluminatului.

Sistemul Mimo LON are un control cu iluminare constantă cu un fotosenzor, întreruptor rotativ și senzor de ocupare. Sistemul DALI constă dintr-un panou montat pe perete cu 4 scene pre-programate, controlul ocupării și iluminare constantă cu multi-senzor și telecomandă IR.

Teste de performanță cu sistemul cu iluminare constantă

Obiectivul testului a fost de a măsura performanța sistemului de control funcție de lumina naturală Helvar-Mimo LON și să stabilească economia de energie realizată de sistem. Testul sistemului de control a fost realizat timp de o săptămână în mai 2001, zilnic de la 8 am la 5 pm.

Încăperea test era un birou cu dimensiunile de 4,8x3x3 m situat la etajul III. Fereastra verticală dublu-vitrată era orientată spre vest. Jaluzele verticale erau deschise pe durata testului.

Instrumente de măsură

Încăperea a fost echipată cu trei fotosenzori orizontali (senzor față lângă fereastră, senzor mijloc în mijlocul încăperii și senzor spate opus ferestrei) la înălțimea planului de lucru. Localizarea foto-senzorilor a fost aleasă în acord cu protocolul de monitorizare IEA. Foto-celule exterioare - orizontală și verticală orientată spre vest - au fost poziționate pe

acoperișul clădirii. Citirea foto-senzorilor și a tensiunii semnalului de control al balastului era înregistrată la fiecare minut.

Economia de energie

Puterea consumată de aparatele de iluminat, pentru evaluarea economiei de energie, a fost calculată din înregistrările valorilor semnalului de control și al măsurătorilor efectuate cu o sferă integratoare. În sfera integratoare a fost măsurat fluxul luminos și puterea consumată pe tot domeniul semnalului de control (0...10 V).

Economia de energie a fost calculată pentru intervalul de timp între 8 a.m. și 5 p.m. Puterea de referință a fost puterea maximă a sistemului de iluminat pe perioada nopții.

Iluminările înregistrate și energia consumată calculată într-o zi acoperită parțial (19 Mai 2001) sunt prezentate în Figura 3. Datele referitoare la lumina naturală sunt prezentate în Figura 4. Energia economisită pentru această zi a fost de 61%. Pe timpul testului economia de energie zilnică a fost între 49...63% cu o valoare medie de 58%

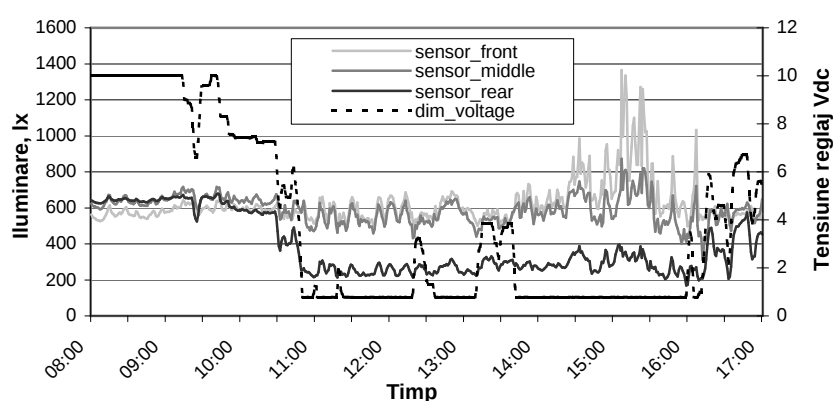


Figura 3 Performanța unui sistem de lumină constantă într-o zi semi-acoperită

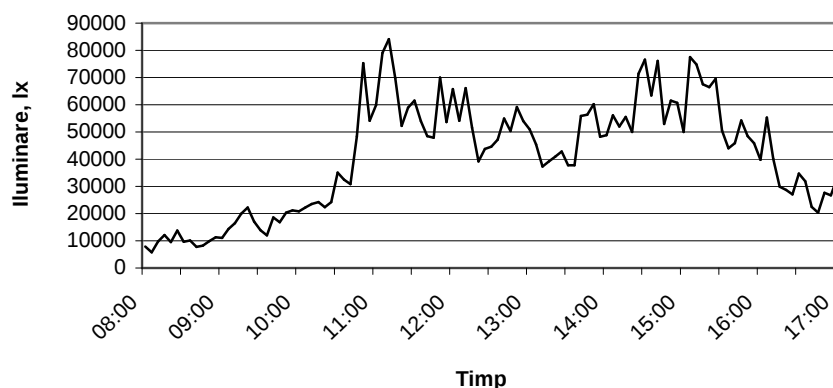


Figura 4 Iluminarea orizontală exterioară

Panouri tăiate cu laser

La etajul III, ferestrele orientate spre sud de la două birouri și de la un hol pentru pauze de cafea sunt echipate cu jaluzele motorizate și panouri tăiate cu laser. Jaluzelele ocupă jumătatea inferioară a ferestrei și sunt

controlate de utilizatori. Panourile tăiate cu laser ocupă interiorul părții superioare a cadrului ferestrei. Sunt patru tipuri de panouri: (1) panouri fixe – tăiate normal; (2) panouri cu rotire pe mijloc – tăiate normal; (3) panouri cu rotire pe laterală – tăiate normal și (4) panouri fixe – tăiate la 10°. Raportul tăieturilor pentru toate panourile este $D/W=4/6=0,66$, unde

D este distanța dintre tăieturi și W este adâncimea tăieturii (grosimea panoului).

Panourile fixe cu tăietură normală se comportă după cum urmează:

- vara aproape toată lumina soarelui este admisă și direcționată spre tavan;
- aproape jumătate din lumina echinoxului este direcționată spre tavan;
- lumina iernii trece fără deflexie sau cu deflexii minore;
- lumina difuză de la cerul acoperit este puternic direcționată spre tavan;

- pentru panourile fixe cu tăietura laser cu înclinare de 10° lumina de la înălțimi mari este direcționată mai adânc în încăpere.

Orientarea panourilor mobile tăiate cu laser pot fi ajustate continuu pentru a obține o penetrare optimă a luminii soarelui în încăpere.

Scopul panourilor tăiate cu laser este de a elimina orbirea directă produsă de soare și de a redirecționa lumina soarelui spre tavan și spre partea opusă ferestrei. Acest lucru a fost obținut, dar în anumite situații panourile însele devin noi surse de orbire, după cum se observă în Figura 5-b pentru panouri ajustabile (fereastra din mijloc).

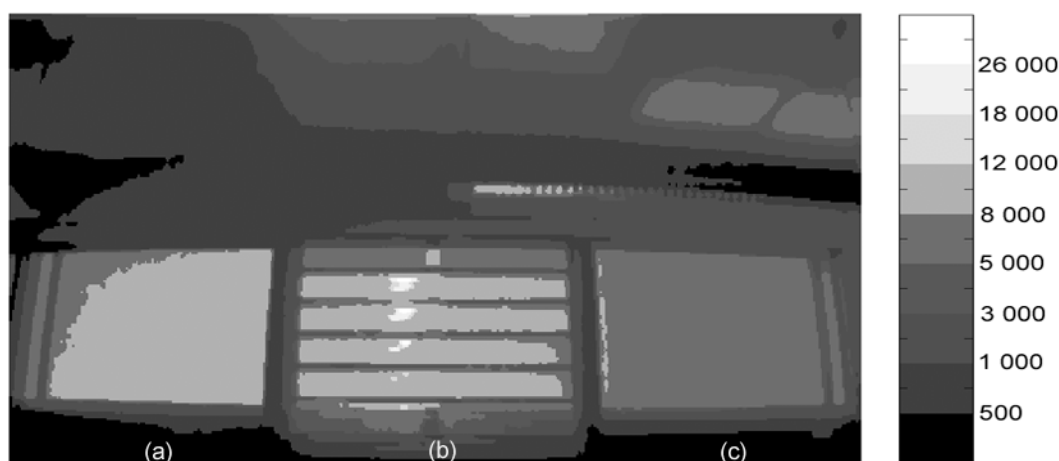


Figura 5 Fereastră fără panouri (a), cu panouri ajustabile (b) și panouri fixe – tăiate normal (c)
Luminanțe [cd/m^2] și distribuția luminanțelor într-o zi senină la amiază

Concluzii

Cantitatea de energie solară obținută este de așteptat să crească după adoptarea programului de curățire și întreținere. Totuși, din motive arhitecturale, nu este posibilă obținerea pantei optime pentru panourile PV, astfel încât puterea sistemului este întotdeauna mai mică decât cea nominală.

Economiile de energie cu sistemul de lumină constantă sunt mari chiar în Finlanda între Martie și Octombrie. Aceasta necesită totuși rezolvarea problemelor cauzate de orbirea provocată de lumina naturală cu un sistem avansat de jaluzele pentru redirecționarea luminii naturale. Cu jaluzelele controlate

manual este necesară o intervenție frecventă a ocupanților pentru a economisi semnificativ energie. Controlul digital al luminii dă noi posibilități pentru a face și salva scenarii de iluminat pre-programate. Senzorul de ocupare este o unealtă utilă și ieftină pentru economia de energie pentru iluminat din clădirile de birouri cu condiția ca plasarea lui să fie proiectată cu atenție pentru a garanta acțiunea dorită.

Panourile verticale tăiate cu laser (cu unghi fixa sau cu o înclinare de 10°) funcționează bine la altitudini solare mari, dar cu rotirea lor este posibilă îmbunătățirea penetrării luminii naturale și controlul orbirii în orice anotimp.

După un an de utilizare, clădirea demonstrativă “Casa Luminii” a atins unul din

scopurile sale: de a oferi studenților și cercetătorilor din domeniul iluminatului de la Universitatea de Tehnologie din Helsinki un mediu optim pentru o mai bună înțelegere, experiență și descoperirea unor noi sensuri ale luminii. Investigațiile prezente și viitoare dezvoltate aici stabilesc căi proprii pentru integrarea noilor tehnologii în clădirile obișnuite, pentru a ajuta oamenii să se simtă și să lucreze bine în medii îmbunătățite.

Primită 16 Iunie 2003

Lucrarea a fost prezentată la Conferința EPIC 2002 AIVC, 23-26 Octombrie 2002, Lyon, Franța

Traducere Dr. Dorin BEU