

Utilizarea modernă a luminii naturale integrate armonios cu cea electrică – o necesitate actuală

Modern use of natural light harmoniously integrated with the electric one – a current need

Cornel Bianchi¹, Ana-Maria Bianchi¹

¹Universitatea Tehnică de Construcții București – Facultatea de Ingineria Instalațiilor
București, sector 2, blv. Pache Protopopescu 66, Romania
e-mail: cornelbianchi@yahoo.com

Rezumat: Prezenta lucrare descrie structurile moderne spațiale sau compactizate privind transferul luminii naturale în clădiri moderne sau modernizate.

Cuvinte cheie: lumină naturală, economie, structură clasică, zonă vitrată

Abstract: This paper describes modern structures loom on the transfer of space or natural light in modern or modernized buildings.

Key-words: natural light, economy, classic structure, glass area

1. INTRODUCERE

Lumina naturală, extrem de variabilă, prezintă efecte pozitive și **conduce la economie de energie** cu condiția unei armonizări cu cea electrică, care trebuie să realizeze permanent compensarea variabilității printr-un sistem integrat dinamic, capabil să asigure mediul luminos interior confortabil, funcțional și estetic (Figura 1).

Desigur, acest proces se poate realiza printr-o procesare automată și sincronizare a celor două componente.

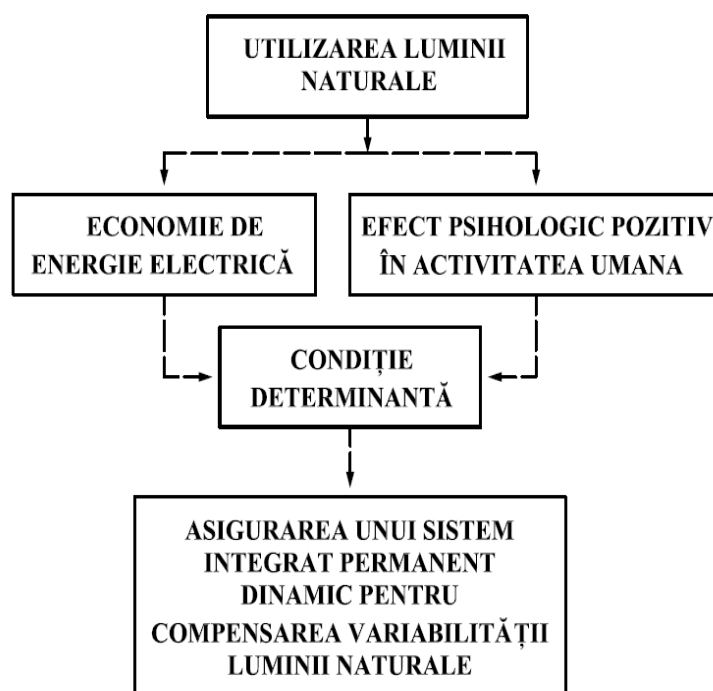


Figura 1. Efectele luminii naturale în iluminatul interior al clădirilor

2. TRANSFERUL LUMINII NATURALE ÎN INTERIORUL CLĂDIRILOR

În general accesul luminii naturale în clădire se poate realiza în mod clasic prin ferestre și suplimentar, într-un mod, relativ nou, prin structuri interioare moderne, de regulă centrale (atrium-uri) vitrate la partea superioară; acestea asigură transferul luminii naturale atât către zona centrală, cât și către încăperile adiacente, amplificând și echilibrând transferul prin ferestrele uzuale. De asemenea, sunt practicate mai rar și structuri centrale înguste de transfer al luminii către zonele adiacente prin oglinzi care dirijează și concentrează „jetul luminos”.

Structurile compacte sunt însă cele mai noi moduri de transfer al luminii (tuburile de lumină și tuburile solare), care pot fi aplicate eficient și relativ ușor, chiar și la clădiri vechi. În Figura 2 este dată clasificarea structurilor utilizate.

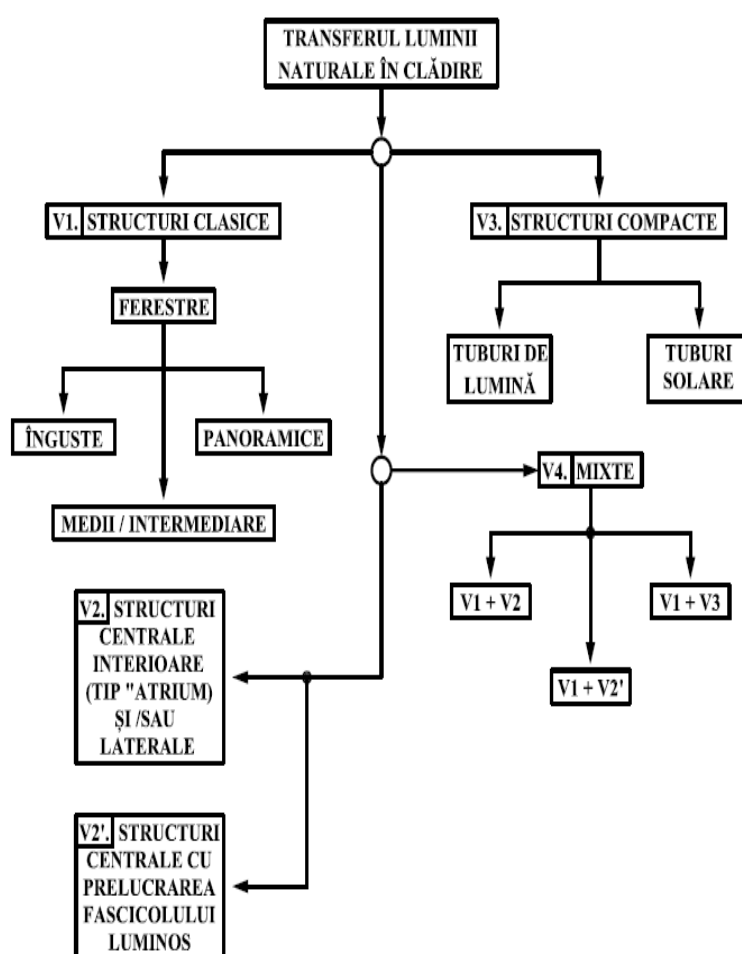


Figura 2. Structurile utilizate pentru transferul luminii naturale în interiorul clădirilor

Tendința actuală pentru clădirile destinate activităților umane (muncă intelectuală, fizică sau mixtă) este utilizarea variantei V2 și V2', care, pe de altă parte, elimină și dezavantajul birourilor adânci cu structuri clasice, care necesitau un sistem de iluminat electric interior, suplimentar și permanent: PSALI – Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interior, prezentat în Figura 3. **Se transformă astfel zona centrală “neagră” într-o zonă de acces a luminii naturale.**

Accesul luminii naturale în clădire poate fi realizat atât prin sistemul clasic de ferestre cu lumină prelucrată și controlată sau/și prin intermediul structurilor interioare centrale, care oferă posibilitatea transferului luminii naturale prin zonele vitrate laterale către încăperile adiacente.

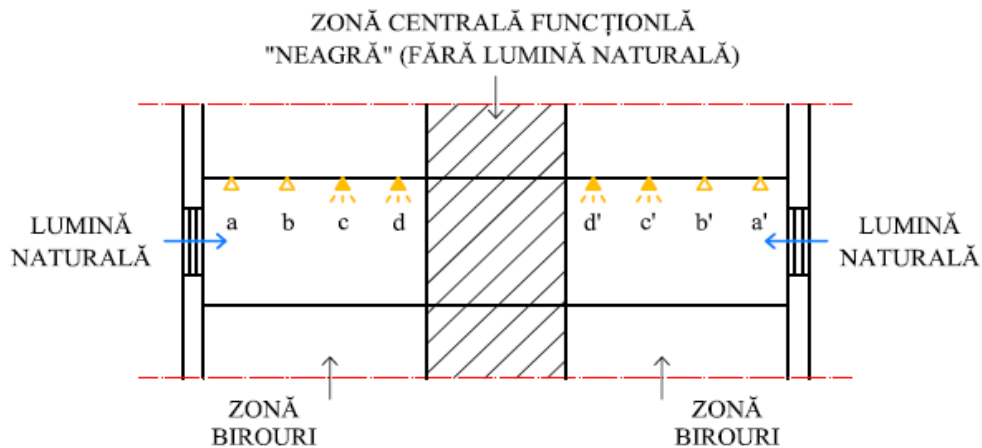


Figura 3. Secțiune printr-o clădire cu "structură clasică" cu birouri adânci, echipate cu PSALI (practic c, d și c', d' funcționează permanent pentru asigurarea echilibrului distribuției iluminărilor)

3. SISTEME DE TRANSFER INTEGRATE CU FERESTRE ȘI PLAFOANE / ZONE DE PLAFON

Sistemul de transfer al luminii naturale prin ferestre nu este practic decât o deschidere în structura clădirii. Fereastra este și astăzi sursa predominantă de lumină naturală. Datorită distribuției neuniforme de iluminări / luminațe în adâncimea încăperii, un sistem vertical de iluminat natural nu este o sursă corespunzătoare de lumină în prezent: la o adâncime a încăperii de 2,5-3 din înălțimea sa, nivelul iluminării ajunge la aproximativ 1/10 față de cel de lângă fereastră. Echilibrul se poate realiza prin:

- a) sistem automat electric;
- b) parțial, prin prelucrarea luminii naturale receptate de la ferestre, descrise în cele ce urmează;
- c) acces suplimentar de lumină naturală din zona centrală de tip atrium sau cu acces prelucrat al luminii naturale;
- d) structurile compacte descrise ulterior;

Prelucrarea luminii naturale prin ferestre clasice și plafoane, a devenit în ultima perioadă o preocupare care s-a transformat în soluții bune / foarte bune, brevetate în Elveția, Italia și Germania. În Figurile 4 și 5 sunt prezentate două soluții care realizează o uniformitate foarte bună în cazul accesului unilateral.

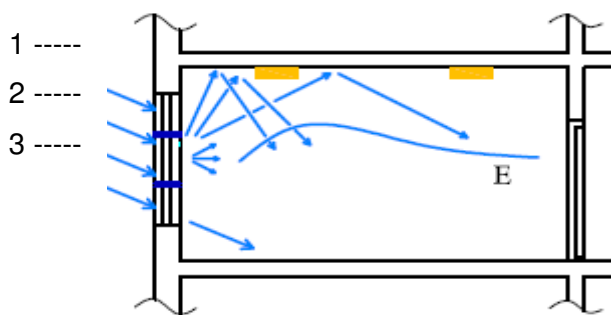


Figura 4. Acces protejat, dirijat și prelucrat controlat al luminii naturale cu ecran cu trei zone: 1-microoglină superioară care dirijează lumina naturală către plafon; 2-material difuzant în zona medie; 3-acces direct în zona inferioară. Se obține astfel: $E_{\max} \sim E_m$ și $E_{\min} \sim E_m$.

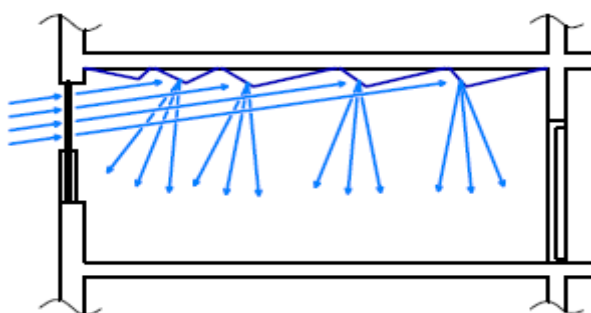


Figura 5. Acces prelucrat controlat al iluminării naturale cu ecran refractant superior și plafon reliefat; se obține o uniformizare foarte bună a iluminării transversale și un echilibru bun al luminanțelor.

Aportul luminii naturale prin plafon sau prin zone ale plafonului, atunci când această soluție este posibilă, sau în variante mixte (plafon și ferestre) cu prelucrare și control corect sunt soluții benefice pentru reducerea consumului de energie în clădire.

4. STRUCTURI CENTRALE ȘI LATERALE MODERNE PENTRU TRANSFERUL LUMINII NATURALE ÎN CLĂDIRI MEDII ȘI MARI

Structurile centrale de transfer al luminii naturale s-au realizat și se realizează în prezent în trei-patru moduri, descrise în continuare și prezentate în Figura 6.

- Prin zonă centrală relativ îngustă și cu transmisie a luminii naturale prin fascicule concentrate și dirijate prin oglinzi de la un captator exterior, orientabil automat către sursa solară sau cu mai multe captatoare fixe pentru diverse poziții ale incidenței solare.
- Prin zonă centrală medie ca dimensiuni de tip atrium (curte interioră), dacă clădirea nu are multe / foarte multe niveluri, fără prelucrare specială a luminii naturale.
- Prin zonă centrală mare ca dimensiuni (de tip atrium mare) când sunt multe / foarte multe niveluri, fără prelucrare specială a luminii naturale.
- Prin zonă centrală mare, cumulat și cu o zonă laterală vitrată (rar două) la multe / foarte multe niveluri și de asemenea fără prelucrare specială a luminii naturale.
- Prin zone laterale la clădiri mari sau parțiale pe anumite zone de interes.

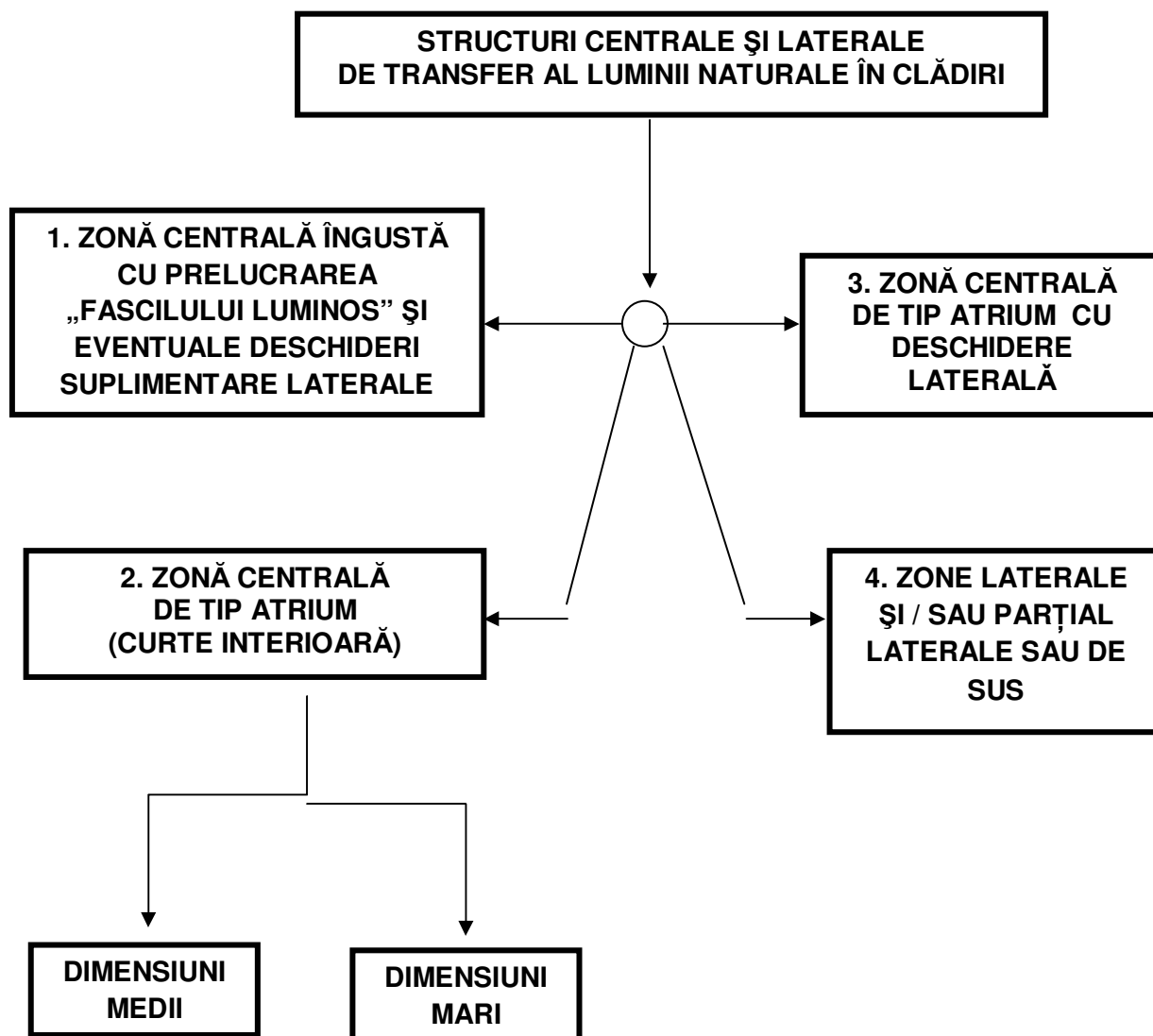


Figura 6. Moduri actuale de transfer al luminii naturale în interiorul clădirilor

În Figura 7 poate fi urmărită o structură de tip 1 la o clădire modernă realizată la Zoug-Elveția (ILR – PHILIPS Lighting) destinată birourilor administrative, aceasta utilizează o structură centrală octogonală, echipată pe acoperiș cu un sistem de captare, deschisă prin vitrare nesimetrică (funcție de orientare în timpul desfășurării activității) pe ultimele trei niveluri.

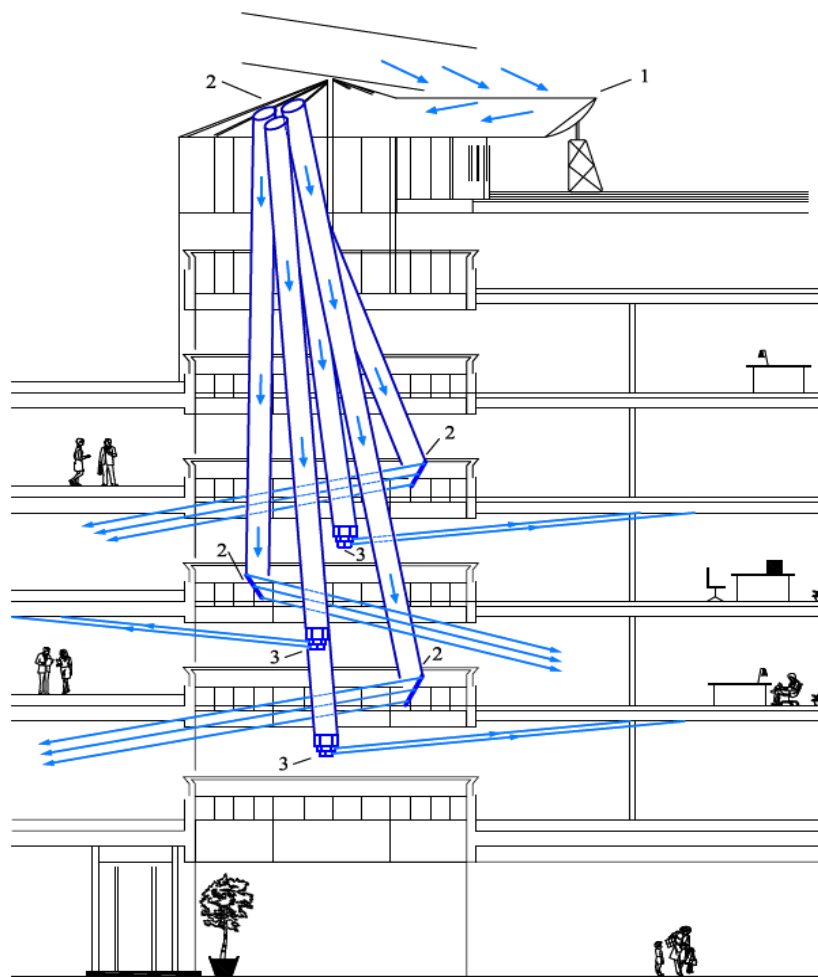


Figura 7. Secțiune prin clădirea cu zonă centrală îngustă iluminată natural, cu prelucrarea fasciculelor de lumină

Sistemul de captare este dotat și cu heliostat cu oglindă (1), care urmărește radiația solară și o transmite prin reflexie la o serie de oglinzi (2) și prisme (3) care transmit lumina în zonele de interes din interiorul spațiilor de circulație și birouri. Practic în afara avantajelor enumerate, zona centrală de circulație și utilitară, care trebuie iluminată permanent electric, devine o zonă iluminată natural.

De menționat că utilizarea prismelor (3) conduce la dispersia luminii, fiind un element decorativ, la care se poate renunța.

O astfel de soluție este recomandată pentru clădirile înguste la care nu este realizată o deschidere centrală / laterală pentru accesul luminii naturale.

În Figura 8 se poate urmări o structură modernă realizată de PHILIPS LIGHTING cu aport de lumină prin zona centrală, dar și laterală, la o clădire mare / foarte mare destinată birourilor.

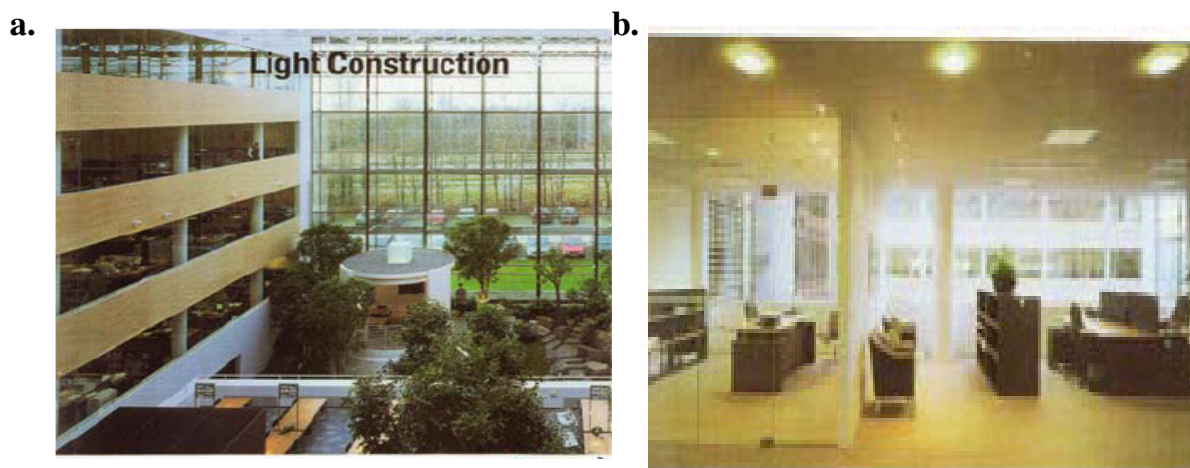


Figura 8. Clădire cu aport mare / foarte mare de lumină de sus și lateral:
a - vedere globală; b - vedere birou

Structurile și exemplele prezentate pun în evidență modul benefic de utilizare eficientă și confortabilă a luminii naturale în clădirile moderne, care conduc la o creștere substanțială a confortului vizual și la o scădere importantă a energiei consumate pentru iluminatul electric.

5. NOUA GENERAȚIE DE STRUCTURI COMPACTIZATE PENTRU SISTEMELE DE ILUMINAT INTEGRATE AFERENTE CLĂDIRILOR MODERNE

Chiar dacă **tubul de lumină** a fost inventat în 1881, el a devenit operațional în deceniul al IX-lea al secolului trecut datorită profesorului Whidhead (U.K) și companiei 3M care a dezvoltat și fabricat produsul echipat pentru lumina electrică exclusiv cu surse de înaltă calitate PHILIPS LIGHTING.

O altă variantă dezvoltată recent în Anglia este **tubul solar** care realizează diferit transferul luminii, dar la dimensiuni mult mai mari și care, în mod fericit, se poate integra și cu o ventilare naturală pentru anumite spații, care pot obține astfel o funcție suplimentară.

În continuare sunt tratate cele două structuri menționate și prezente în Figura 9, care pot avea alimentare monovalentă (o singură sursă de lumină) sau bivalentă (două surse de lumină: naturală și electrică). Menționăm că propunerea funcționării bivalente a tubului solar, cu sursă de lumină electrică înglobată pentru seară / noapte, este o idee originală a autorilor acestei lucrări* .

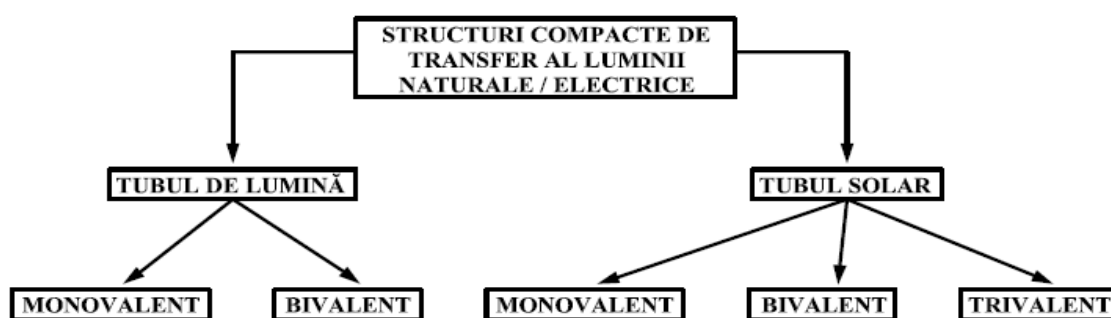


Figura 9. Structuri compacte de transfer al luminii naturale

5.1. Transferul luminii naturale în interiorul clădirilor prin tuburi de lumină

Tubul de lumină reprezintă o sursă secundară care transmite lumina naturală sau electrică de la sursă într-o anumită zonă / încăpere, prin mai multe moduri descrise mai departe.

Radiația luminoasă se transmite în interiorul tubului pe baza reflexiei interne totale, produse prin structura filmului optic de 0,5 mm grosime (SOLF – Scotch Optical Lighting Film) realizat din acril sau policarbonat transparent. Suprafața filmului are o structură prismatică, necesară reflexiei totale. Filmul optic este acoperit de un tub de protecție de 25 mm diametru, ce se montează perfect pe acesta.

Structurile utilizate pentru transferul luminii pot realiza această operație în mai multe moduri:

- a) la capăt (în general cu prelucrare și dirijare);
- b) pe parcursul tubului – parțial (punctual, liniar limitat) sau pe toată lungimea tubului (pentru efecte decorative sau ghidare / dirijare) ;
- c) prin suprafețe de prelucrare de tipul panourilor emiseive de regulă dreptunghiulare.

În partea internă a tubului, varianta (a) este cea mai utilizată pentru lumina naturală.

Principiul sistemului monovalent de transfer al luminii naturale într-o clădire este prezentat în Figura 10, în care se poate urmări o schiță a unei clădiri în care lumina naturală este captată prin heliostatul 1 și se transferă din coloanele 2 și 3, la fiecare nivel prin tuburile 6 și 7 în zona centrală și prin 4, 5 în zona de activitate. Astfel se satisfac, printr-un sistem mult mai comprimat fizic, cerințele de completare eficiente și economice ale nivelului de iluminare cerut de diverse încăperi ale clădiri, pentru o uniformitate corespunzătoare asigurării echilibrului mediului luminos, capabil să îmbunătățească confortul vizual necesar și să reducă consumul de energie electrică, prin întreruperea totală sau parțială a iluminatului electric ziua.

*/ Se pare că ideea a apărut ulterior și pe plan mondial

Sistemul de captare a luminii naturale reprezintă unitatea funcțională de cea mai mare importanță din punctul de vedere al cantității de lumină naturală receptată. Cu ajutorul unei lentile Fresnel, heliostatul este astfel construit încât să urmărească în mod eficient poziția soarelui pe cer, printr-o simplă rotație în jurul axului vertical, dat fiind faptul că unghiul de captare al lentilei permite focalizarea luminii solare pentru orice unghi de înălțime solar, specific latitudinii locului unde se realizează montarea acestui sistem. Lumina focalizată este apoi reflectată de către o oglindă spre coloana verticală de transport, cât mai aproape de axul vertical al acesteia. Oglinda are o formă specială care permite și captarea luminii difuze a cerului.

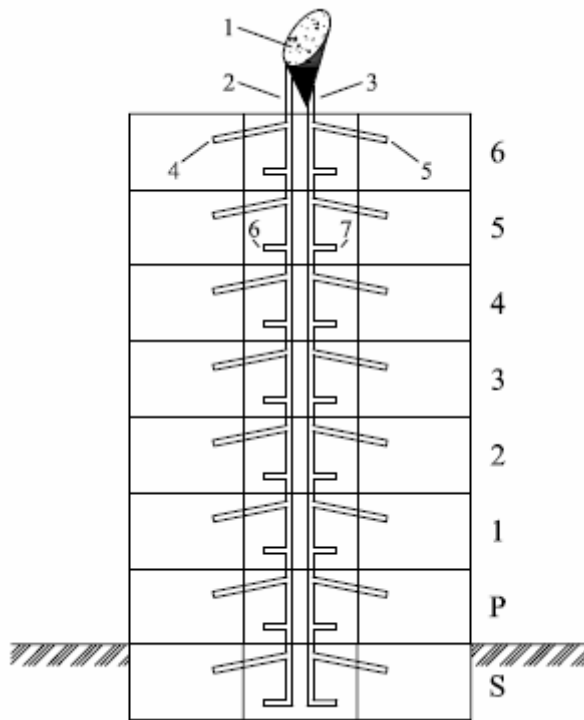


Figura 10. Principiul transferului luminii naturale în interiorul clădirilor cu ajutorul tuburilor de lumină prin zona funcțională (zona scărilor, spații utilitare), printr-o structură monovalentă:

- 1-captatorul;
- 2,3-coloane verticale de transfer;
- 4,5-tuburi laterale de transfer către încăperile de lucru
- 6,7-tuburi laterale de transfer către zona funcțională a clădirii

În Figura 11 se poate urmări o clasificare a sistemelor de iluminat integrate bivalente cu tuburi de lumină pe baza unei idei originale de integrare [11], prin utilizarea sistemelor de lumină naturală și electrică amplasate diametral opus, acționând astfel:

- când nivelul emisiei sursei naturale scade, intră în funcțiune sursa electrică cu flux reglabil și cu rolul de menținere a nivelului de iluminare ;
- când nivelul emisiei naturale a scăzut la zero (seară / noapte), sursa electrică va asigura nivelul de iluminare necesar.

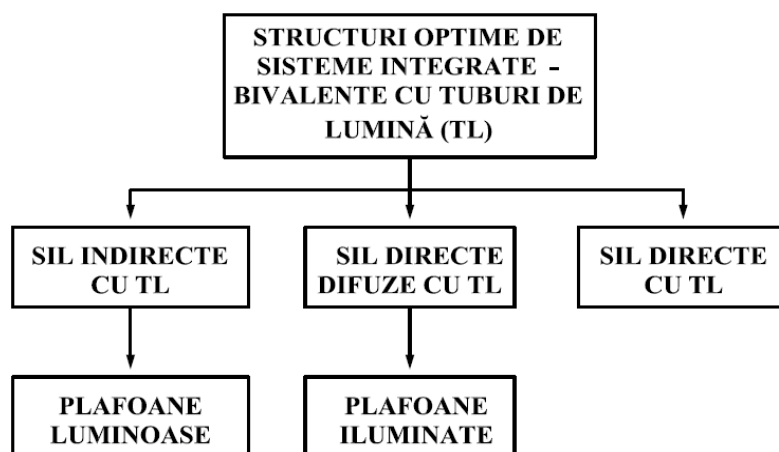


Figura 11. Structuri bivalente cu tuburi de lumină destinate iluminatului natural și electric pentru clădiri

Ca surse de lumină electrice pot fi utilizate cele mai eficiente dintre acestea, cum sunt de exemplu lămpile cu descărcări de vapori în mercur la înaltă presiune și cu adaosuri de halogenuri metalice – MH Philips, alese la o temperatură de culoare neutră/ neutru cald / neutru rece, în funcție de destinația încăperii și de perioada de lucru și de proporția de acces al luminii naturale prin ferestre. Astfel, se pot utiliza următoarele surse:

- MHN-TD – neutru ($T_c=4200$ K) cu redare bună către foarte bună a culorilor ($R_a=85$) și eficacitate luminoasă de 70 lm/W;
- MHW-TD – cald ($T_c=3000$ K) cu redare bună ($R_a=75$) și eficacitate luminoasă 75 lm/W și/sau CDM cu caracteristici similare.

În 1998-1999 autorii au propus sistemul bivalent integrat indirect descris mai departe, soluție excelentă pentru interioarele destinate exclusiv activității la calculatoare personale, prin evitarea reflexiei de voal și menținerea permanentă a mediului luminos confortabil. De asemenea sistemul poate fi utilizat pentru alte încăperi care necesită acest tip de iluminat (de exemplu muzee ș.a.). În Figura 12 este prezentată schema sistemului original propus.

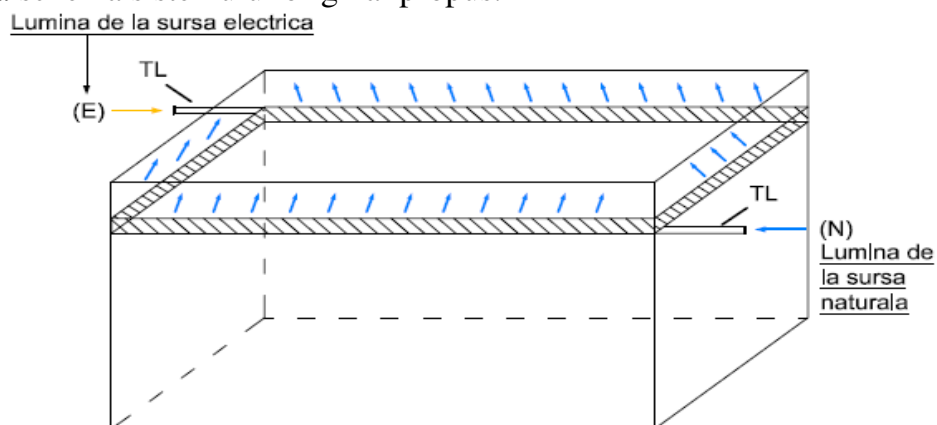


Figura 12. Schema unui sistem integrat bivalent indirect cu tuburi de lumină, TL

De asemenea, se poate realiza un sistem de iluminat direct-difuz cu tuburi de lumină bivalente, sub forma unui plafon luminos. și în acest caz se poate prevedea o dublă alimentare cu lumină: de la sursa naturală (N) și de la sursă electrică (E).

5.2. Transferul luminii naturale în clădiri prin tubul solar

O variantă nouă a tubului de lumină a fost realizată și promovată în Anglia, țară în care există o preocupare deosebită pentru utilizarea luminii naturale atât în interiorul clădirilor noi, cât și a celor vechi reabilitate.

Structura noilor tuburi de lumină solară este diferită de cea a tuburilor de lumină, în primul rând prin dimensiuni și anume:

- diametre mult mai mari (~10-20 ori față de tuburile clasice prezentate);
- lungimi mult mai mici, fiind concepute în general pentru transferul luminii la clădiri de înălțime mică.

Din punctul de vedere al funcționalității tipurile utilizate pot fi :

- monovalente, prin transfer exclusiv al luminii natural solare în interiorul clădirii;
- bivalente funcțional, prin transferul luminii naturale solare sau prin aparate de iluminat echipate și cu sursă de lumină electrică;
- bivalente, prin transferul exclusiv de lumină naturală solară și un sistem de ventilare naturală controlat ;
- trivalente, două componente de iluminat (solar și electric) și o componentă cu sistem de ventilare naturală controlat.

În Figura 13 se poate urmări structura unui tub solar monovalent de transfer al luminii în interior cu o structură rectilinie.

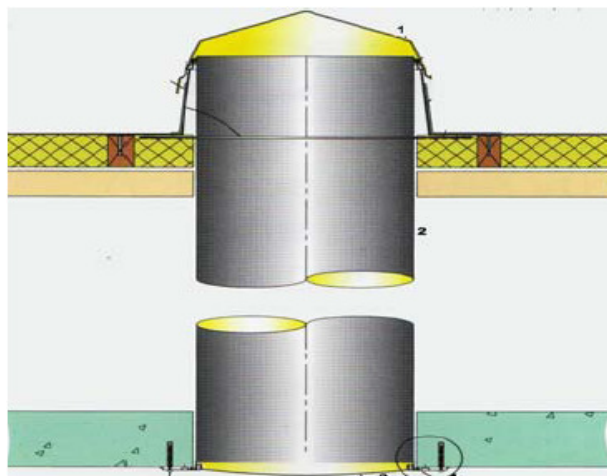


Figura 13. Tub solar monovalent rectiliniu:

- 1 - capac transparent din policarbonat cu protecție la radiații UV; 2 - tubul din aluminiu superargintat;
3 - panou circular difuzant; 4 - prindere sigură de structura plafonului.

Trebuie menționat că tuburile solare descrise nu sunt similare cu tuburile de lumină prezentate inițial, ele având o **structură total diferită** pentru transferul luminii directe, pe porțiuni scurte, realizate cu tuburi din aluminiu supra-argintat în interior, în așa fel încât pierderile să fie cât mai reduse.

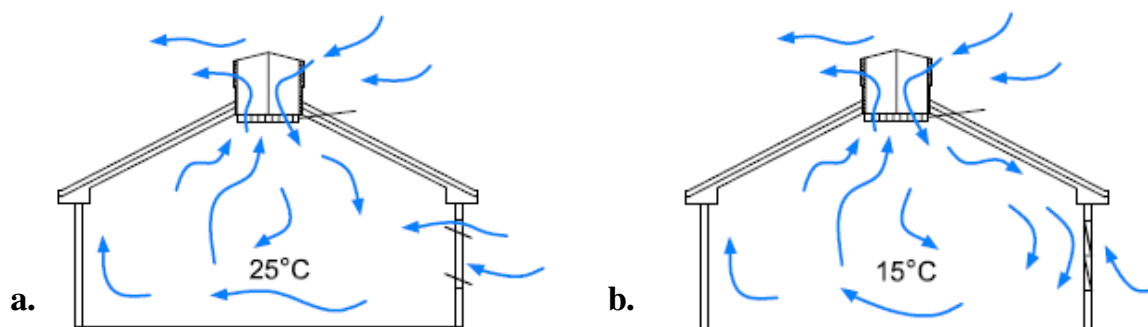
În Figura 14 se poate urmări un sistem bivalent realizat în Anglia cu două componente diferite, dar structurate și coordonate în ansamblu:

- transferul luminii naturale / solare în clădire;
- ventilarea naturală de zi / noapte controlată.

Cele două sunt realizate cu un sistem integrat de transfer lumină și aer, compactizat și controlat.

În Figura 15 este reprezentată structura tubului solar bivalent utilizat în exemplul din Figura 14.

Sistemele bivalente (utilizate pe aceeași structură a luminii naturale / solare și a luminii electrice), precum și cele **trivalente** (lumină naturală / solară, lumină electrică și ventilare naturală controlată) sunt idei originale ale autorilor acestei lucrări, dar care la ora actuală au apărut și pe plan mondial în varianta cu cele două surse de lumină.



Mod de operare în zi de vară:

Ferestre deschise ($t \approx 20^\circ\text{C}$)

Mod de operare noaptea

(vara, primăvara, toamna):

Ferestre închise ($t > 5^\circ\text{C}$)

Figura 14. Sistem bivalent realizat la o clădire funcțională:

a - schema modului de operare a ventilării, ziua de vară;

b - idem noaptea (vară, primăvară, toamnă)

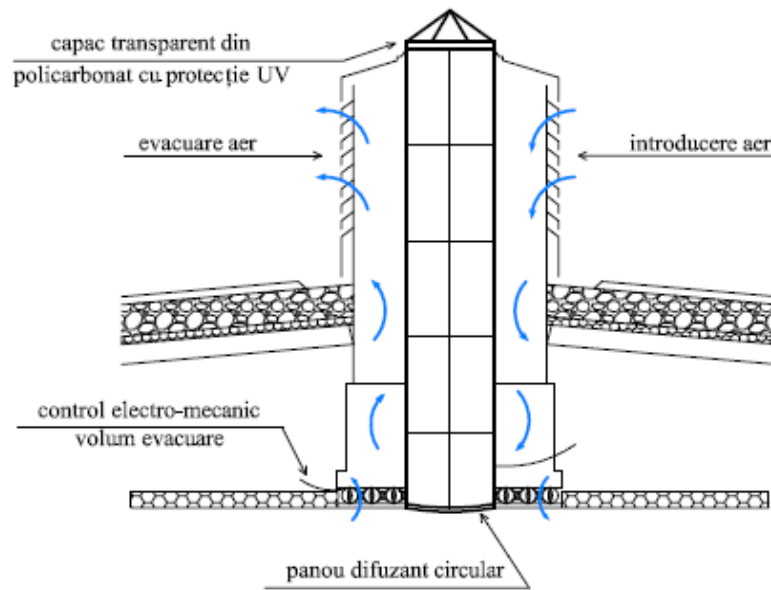


Figura 15. Structura și modul de montare al tubului solar bivalent (transfer lumină naturală și ventilare naturală)

Trebuie subliniat faptul că structurile compacte, spre deosebire de cele spațiale pot fi aplicate și la clădiri existente cu lucrări relativ reduse, fiind o cale simplă de mărire a confortului și de reducere a consumului de energie electrică.

Tuburile de lumină, datorită diametrelor reduse se pot implementa și la clădiri noi sau existente de tipul blocurilor cu multe niveluri, fără să necesite lucrări complicate și de investiții mari.

Tuburile solare se pretează în special la eficientizarea iluminatului integrat pentru clădirile noi cu puține niveluri, inclusiv locuințe ș.a, dar pot fi implementate rapid și eficient și la clădiri existente inclusiv locuințe individuale, vile ș.a. cu puține niveluri.

6. CONCLUZII

Lucrarea de față a prezentat aspecte privind eficiența energetică a iluminatului și calitatea sa în clădirile moderne analizând ultimele sisteme și structuri pentru transferul luminii naturale și a integrării permanente a luminii naturale și electrice capabile să asigure un mediu luminos confortabil, indiferent de oră și de vreme, cu un consum electro-energetic mult mai scăzut decât la soluțiile clasice uzuale.

Sperăm ca în viitorul apropiat să fie introduse și în România sistemele moderne integrate într-o structură inteligentă, în așa fel încât în fiecare clădire, indiferent de destinația sa, să se obțină un confort maxim permanent și constant ca parametrii ai mediului luminos, cu un consum energetic minim, pe baza aspectelor determinante prezentate în această lucrare.

Bibliografie

1. *BIANCHI, C.*, “Luminotehnică”, Editura Tehnică, 1990.
2. *BIANCHI, C.*, “Concepția modernă a sistemelor de iluminat interior”, Ediția a VIII-a a Conferinței “Eficiență, confort, conservarea energiei și protecția mediului”, București, 28-30 noiembrie 2001
3. IEA – Daylight in Buildings, International Energy Agency, Berkeley, California, 2000
4. PHILIPS – Lighting Manual, Ediția 15, 1993, Eindhoven, Olanda
5. PHILIPS – Colecția International Lighting Revue, 2001-2005
6. PHILIPS – Cataloage aparataj 2000-2005
7. Revue Internationale de l’Eclairage, PHILIPS LIGHTING nr. 4/1993
8. Revue de l’Eclairage LUX, nr. 183/1995, Paris, Franța
9. *BIANCHI, C., TICLEANU, C., BIANCHI, ANA-MARIA*, “Utilizarea luminii naturale în clădiri – componentă determinantă pentru mediul luminos interior și pentru eficiența energetică a clădirilor”, simpozion Sinaia 2006.
10. 3M – Sollution for the New Millenium, 1999
11. *BIANCHI, C., DOBRE, O.*, “Idei originale de integrare a iluminatului artificial și natural în conexiunea cu sistemul energetic clădire”, Light & Lighting 2000, București, România
12. *Whitehead, L.A., NODWELL, R.A., CURZON, F.L.*, “New Efficient Light Guide for Interior Illumination”, Applied Optics, no. 215, 1982
13. MONOGRAUGHT – Sunpipe in Comercial Buildings, Halifax House, Buckinghamshire
14. MONOGRAUGHT – Sunpipes – Energy Free Lighting, Halifax House, Buckinghamshire
15. MONOGRAUGHT – Suncatcher – Natural Ventilation and Natural Daylight Systems, Halifax House, Buckinghamshire