

INGINERIA ILUMINATULUI

10

Editura MEDIAMIRA
Cluj-Napoca
2002



Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N



S.C. FILIALA DE DISTRIBUȚIE ȘI FURNIZARE A ENERGIEI ELECTRICE TRANSILVANIA NORD S.A.

Colegiul de Redacție

Dr. Florin POP, Profesor

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N

Gabriel RUGA, ing., Director

S.C. Filiala de Distribuție și Furnizare
Transilvania Nord S.A.

Dr. Dorin BEU, Conferențiar

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N

Comisia de Referenți

Cornel BIANCHI, Profesor Dr.

Universitatea Tehnică de Construcții București

David CARTER, Conferențiar Dr.

University of Liverpool

Luciano DI FRAIA, Profesor Dr.

Universita degli Studi "Federico II" Napoli

Liisa HALONEN, Profesor Dr.

Helsinki University of Technology

Florin POP, Profesor Dr.

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Ramon SAN MARTIN, Profesor Dr.

Universitat Politecnica de Catalunya

Tehnoredactare și traducere

Mihaela POP, ing.

Pentru manuscrise, informații
suplimentare și abonamente, cititorii se
pot adresa redacției la adresa:

Dr. Florin POP, Profesor

UTC-N – Universitatea Tehnică

Str. C. Daicoviciu Nr. 15

RO-3400 - Cluj-Napoca, România

Fax: (0264)192055

(internațional: +40.264.192055)

e-Mail: florin.pop@insta.utcluj.ro

Web: <http://bavaria.utcluj.ro/~lec>

Revista **INGINERIA ILUMINATULUI** este o publicație semestrială, editată de Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca prin Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N – Lighting Engineering Center LEC, S.C. Filiala de Distribuție și Furnizare Transilvania Nord S.A. și Editura MEDIAMIRA S.R.L. Cluj-Napoca.

INGINERIA ILUMINATULUI este o revistă de informație tehnică, dedicată educației continue în domeniul iluminatului.

Obiectivele revistei constau în prezentarea rezultatelor activității de cercetare științifică, popularizarea unor realizări profesionale, încurajarea și educarea specialiștilor din construcții, administrație publică, proiectare, învățământ, studenților și a altor utilizatori.

Revista nu inserează anunțuri publicitare sau comerciale.

Opiniile exprimate de autori, referenți și colaboratori sunt personale și nu sunt în mod necesar acelea ale redacției.

Autorii sunt responsabili de calitatea materialelor grafice din cuprinsul articolelor proprii – diagrame, desene, fotografii, reproduceri.

Costul unui număr este de 5 Euro, la care se adaugă taxa poștală (0,12 Euro – România, 0,95 Euro – Europa). Se utilizează cursul BNR în prima zi a lunii în care se efectuează plata.



Editura MEDIAMIRA Cluj-Napoca

C.P. 117, O.P. 1, Cluj

ISSN 1454-5837

Copyright

În conformitate cu dispozițiile legale în vigoare, această publicație nu poate fi reprodusă sau transmisă în nici o formă, electronică sau mecanică, incluzând fotocopiere, înregistrare, memorare pe un sistem informatic sau traducere, în întregime sau parțial, fără acordul scris al Universității Tehnice din Cluj-Napoca, Centrul de Ingineria Iluminatului și al Editurii MEDIAMIRA S.R.L. Cluj-Napoca, România.

INGINERIA ILUMINATULUI

Anul IV, Numărul 10 (Winter) - 2002

-
- 3 EDITORIAL *Florin POP*
-
- 5 EFFICIENCY IN PUBLIC LIGHTING *Fernando DECO*
-
- 17 FIȘE PENTRU CALCULUL RAPID *Paul DINCULESCU, George Gabriel BRATU*
al caracteristicilor fotometrice ale corpurilor de iluminat
-
- 23 PHOTOVOLTAIC LIGHTING SYSTEMS *Silvian FARA, Dumitru FINTA*
for rural isolated areas
-
- 31 PUBLIC LIGHTING DESIGN: ECONOMIC OPTIMIZATION *Luciano DI FRAIA*
an example
-
- 43 UTILIZAREA MODELĂRII REFLEXIEI MULTIPLE *Cătălin Daniel GĂLĂȚANU*
pentru măsurarea coeficientului de reflexie
-
- 49 ENERGY EFFICIENCY IN LIGHTING *Florin POP*
between regulations and reality
-
- 59 EUROPEAN UTILISATION FACTOR METHOD *Axel STOCKMAR*
-

Conferințe și Simpozioane

-
- 73 *International Conference ILUMINAT 2003 Cluj-Napoca*
First announcement and Call for papers
-

Informații

-
- 76 *CENTRUL DE INGINERIA ILUMINATULUI – UTC-N* *Florin POP*
Lighting Engineering Center – LEC
-
- 79 *UN INSTRUMENT DE EVALUARE RAPIDĂ ȘI SIMPLĂ* *Konstantinos PAPAMICHAEL*
a iluminatului natural și electric bazat pe o pagină WEB
-
- 82 *LIGHTING IN THE NEW WORLD – Current and upcoming research topics* *Cristian ȘUVĂGĂU*
-

INGINERIA ILUMINATULUI

Lighting Engineering

Vol. 4, No. 10 – Winter, December 2002 (printed in February 2003)

- 3 Editorial, *Florin POP*
- 5 Efficiency in public lighting, *Fernando DECO*
- 17 Calculation sheets for photometric characteristics of luminaires (Romanian), *Paul DINCULESCU, George G. BRATU*
- 23 Photovoltaic lighting systems for rural isolated area, *Silvian FARA, Dumitru FINTA*
- 31 Public lighting design: economic optimisations, an example, *Luciano DI FRAIA*
- 43 Using interreflection theory for the reflection measurements (Romanian), *Cătălin D. GĂLĂȚANU*
- 49 Energy efficiency in lighting – between regulations and reality, *Florin POP*
- 59 European utilisation factor method, *Axel STOCKMAR*

Conferences and symposiums

- 73 *The 2nd International Lighting Conference ILUMINAT 2003, Cluj-Napoca, May 8-9, 2003, First announcement*

Information

- 76 *Lighting Engineering Center – LEC – UTC-N (Romanian), Florin POP*
- 79 *A Quick and Easy Web-Based Assessment Tool for Day/Electric Lighting (translated to Romanian)*
Konstantinos PAPAMICHAEL
- 82 *Lighting in the new world - Current and upcoming research topics, Cristian ȘUVĂGĂU*



Dr. Florin POP, Profesor

Piața luminii se află și ea în continuă transformare în zilele noastre, atât de agitate și solicitante. În urmă cu puțini ani, programele de calcul luminotehnic pe dischete de 5,25" erau însoțite de manuale de utilizare groase cât o enciclopedie. Azi ni se oferă programe de evaluare luminotehnică și energetică a clădirilor bazate pe pagini web și surse accesibile pe internet. Revistele de iluminat își modifică formatul și modalitatea de prezentare, pentru a face față concurenței revistelor virtuale și continuei explozii informaționale. După 53 ani de existență, celebra *ILR – International Lighting Review* se transformă într-o *Ediție Anuală ILR*. Catalogele de produse, adevărate tomuri, complete și scumpe, sunt depășite într-un timp scurt datorită schimbării continue și rapide a gamei de produse care sunt trimise beneficiarilor direct de pe benzile de montaj ale producătorilor.

Integrarea Europeană modifică caracterul individual, fragmentat al desfășurării activităților de cercetare științifică, reunind universități, institute și centre de cercetare, laboratoare, societăți industriale, organisme publice în puternice Rețele Tematice multinaționale. La sfârșitul anului 2002 a fost lansată competiția în cadrul Programului Cadru 6, program de integrare europeană a cercetării științifice, dezvoltării și transferului de tehnologie. Strategia pentru o nouă politică în cercetarea europeană vizează crearea prin integrare a unei Aree de Cercetare Europene, a unei singure piețe de cercetare. Este vizată alocarea unui

buget de 405 M€ pentru activități de cercetare pe termen mediu și scurt, respectiv a aceleiași sume pentru activități de cercetare pe termen lung. Uniunea Europeană va deveni economia cea mai dinamică bazată pe cunoaștere, va promova dezvoltarea susținută și va îmbunătăți educația, formarea și inovarea.

În 7 februarie 2000 a fost lansat programul Green Light, program ce vizează reducerea drastică a energiei și costurilor în iluminat pentru clădiri nerezidențiale (Berutto, Conti, Bertoldi - *Ingineria Iluminatului* nr. 4). Este un program voluntar ce previne poluarea și vine în sprijinul consumatorilor de electricitate nerezidențiali (publici sau privați), urmărind creșterea eficienței energetice a iluminatului. Partenerul se angajează (voluntar) să îmbunătățească cel puțin 50% din spațiul deținut sau închiriat, sau să reducă consumul de energie total datorat iluminatului cu cel puțin 30%. Comisia Europeană nu asigură fonduri (prin definiție economiile plătesc îmbunătățirile) dar asigură suport sub forma resurselor de informații și recunoaștere publică. Programul GreenLight (apărut inițial în Statele Unite, în anul 1991) este una din noile inițiative ce încearcă să asigure o conexiune între business și eforturile societății. Dacă inițial s-au înscris 18 organizații din 14 țări, în iulie 2002 sunt în acțiune 67 de organizații.

Informații – www.eu-greenlight.org

Programul EnerBuild RTD vizează eficiența energetică a clădirilor în șase direcții principale: tehnologii solare, iluminat (natural, electric, hibrid), încălzire și răcire mecanice, aplicații fotovoltaice, componente (inclusiv elemente de vitrare) și proiectarea urbanistică și a clădirilor. Desfășurat în perioada 1999-2002 programul a reunit 57 colective. În prezent este extins până în 31 martie 2003 pentru realizarea unor activități de diseminare/ integrare a unui grup de 17 colective de cercetare din 8 țări nou asociate sau candidate la asociere.

Lighting market, as well, is in a continuous transformation in present days, so agitated and difficult. Few years ago, lighting computer programs on 5,25" diskettes were presented accompanied by users guides as large as an encyclopaedia. Today, are offered web-based tools for luminous and energetic evaluation of buildings. A wealth of information sources is available on Internet. Lighting journals change their formatting and presentation standards in order to accommodate to the competition of virtual journals and the continuous informational explosion. After 53 years of existence, the most well known *ILR – International Lighting Review* is transformed into an *ILR Annual Edition*. Products catalogues, real tomes, complete and expensive, are outdated in short time due to the fast and continuous change of the products range . These products are now sent to end-users directly from the manufacturing lines.

European Integration changes the individual, fragmented character of scientific research activities. This effort gets together universities, research institutes and centers, laboratories, industrial companies, public institutions. Strong multinational Thematic Networks are thus created. The Sixth Framework Programme – FP6 – has been launched on end of 2002 as a program for European integration of scientific research, technology development and transfer. The strategy towards a new policy in European research aims at the creation through integration of a European Research Area, a unique research market. The target is a budgetary allocation of € 405 millions for short and medium term research activities, and the same amount for long-term research activities. The European Union will become the most dynamic knowledge-based economy, will promote sustainable development and improve education, training and innovation.

The GreenLight program has been launched on 7 February 2000. This program aims at drastic reduction of energy consumption and costs in lighting for non-residential buildings (Berutto, Conti, Bertoldi - *Ingenieria Iluminatului* no. 4, IEECB 2002 Proceedings). It is an on-going initiative of the European Commission whereby voluntary organisations commit to adopting energy-efficient lighting measures when these are profitable and maintain or improve lighting quality. The Partner commits itself to upgrade at least 50% of the spaces owned or on long term leases, or alternatively reduce the total lighting electricity consumption by at least 30%. While the European Commission does not provide actual funds for the lighting upgrades (by definition, the savings pay the upgrades), it provides support to the Partners in the form of information resources and public recognition. The GreenLight program, originally appeared in the United States in 1991, is one of many new initiatives trying to link business to the efforts of society. If, originally, 18 organisations of 14 countries joined the program, in July 2002 67 organisations are active.

Information – www.eu-greenlight.org

The EnerBuild RTD program aims at the buildings energy efficiency in six main areas: solar technologies, lighting (natural, electric, hybrid), mechanic heating and cooling, photovoltaic applications, building components (including glazing) and urban and building design. Developed during 1999-2002, the program has been joined by 57 groups. It is now extended until 31 March 2003 in order to develop some dissemination/integration activities for a group of 17 research groups from 8 newly associated or candidate countries.

EFFICIENCY IN PUBLIC LIGHTING

Fernando DECO

Municipalidad de Rosario - Argentina

The public illumination constitutes a type of very particular illumination that depends in great measure of a political decision that should correspond with the technical conditions and with the requirements of the users.

We know very well that the public illumination does not only complete the mission of providing light to the street and roadway, but rather it influences in great measure, in the sensation of security, the main reason of the applications of the neighbors.

For that exposed, to achieve an efficient public illumination, it is necessary to think of efficient facilities and an efficiency in the maintenance, since this type of illumination is projected for several years of use.

In Rosario, from 1990 we began to outline the efficient illumination, with a slogan that now is very popular: More light with smaller consumption.

One has conscience of the technical norms, luminaires and lamps to use, but a topic not very considered and that it is essential for all efficient administration of the public illumination and therefore, of the public money, it is the maintenance.

The maintenance is very important as it was said, but it is not to make an inadequate maintenance that implies a high cost, but a studied maintenance that it achieves the appropriate conservation of the services with the minimum investment, trying to not only achieve the energy efficiency, but also the civic satisfaction that is the objective of the public illumination.

As the maintenance it is made and their control is the topic that we will approach in this event that we consider it achieves an efficiency in the public illumination, so much energy as in civic satisfaction, checked for but of 10 years of continuous implementation.

1 Introduction

We can begin to establish the importance that has the maintenance in the public illumination, an illumination with particular characteristics inside the Lighting.

- ✓ The maintenance, like in all installation, it is of fundamental importance so that the original conditions of an installation stay in the course of the time, respecting the design parameters and levels recommended by the effective norms in this respect. In relation to the public illumination, this point is of fundamental importance, since the installation is projected for several years of use and it doesn't stop a short time of operation.
- ✓ The maintenance of a system of illumination non single sandal the substitution of electrical components and lamps when these they fail, but rather it is more extensive since it should contemplate different situations, for the means where they are installed that they force to adopt diverse measures in the course of the years, in order to guarantee the permanency of the original conditions it but precise possible.
- ✓ In this type of facilities, intervenes diverse aspects that are not inherent to the own installation, as being the one hoisted, real state constructions, etc. that they generally imply an alteration of the facilities, implying the modification of the original disposition of the installation.

A good maintenance system will be able to have quality of the service and the civic, very important satisfaction since they are the addressees of the service. For this end, it is necessary to guarantee the following points permanently:

- ✓ To maintain the level of illumination recommended in the necessary place;
- ✓ To control the schedules of ignition and out of the facilities;
- ✓ To have a reception service and demands attention that it allows a quick answer to the applications of repairs;

- ✓ To control the levels of illuminance of not causing nuisances to the environment and the users;
- ✓ To prevent the deterioration of control cabinets and columns, paying special attention to the systems of electric security;
- ✓ To control the factor of power, in way of assuring an energy consumption under good conditions of operation, without generating overcharges in the billing.

To take the established premises ahead, it is necessary to carry out a careful study of the maintenance system that assures their continuity and don't be interrupted by a bad evaluation of the resources or because these resources are derived for other ends. Here it is necessary mention that an installation of illumination public has an expectation of long life that we can estimate again in but of 25 years, reason why the resolution that is adopted with relationship to its maintenance, should be careful and evaluated since in that magnitude of time that should last in order to guarantee the initial conditions of the project, if it was not completed this way, the installation would be every time but obsolete in detriment of the public money with which the installation was made and you project its maintenance.

2 Objectives and methodologies of maintenance

As previous objectives to keep in mind, before determining the methodology of the maintenance that will be adopted, it is necessary to evaluate the following points:

- ✓ To carry out a report of the existent facilities, what will allow to know with which it is counted in that and that necessities lack to satisfy.
- ✓ To program, on the base of the previous information, the substitution of the obsolete lamps for inefficient and to predict a factor of loss of the luminous flow in way of studying massive replacements of lamps, when ending up the same ones to not satisfying the required light levels.
- ✓ To study the budget to assign to the maintenance and the methodology with which it will be taken ahead.
- ✓ To respect the norms and/or sheets that regulate the service.

With regard to the form of taking the system of maintenance of the public illumination ahead, we can mention three realization forms: work executed by the personnel of a municipal dependence, work carried out by private companies or an intermediate situation where a sector will be in charge of a private company and another sector in charge of the municipal personnel.

These forms make reference to those who will make the maintenance works, but it should be in undoubtedly the power controller should be in hands of the municipality who will guarantee the service of illumination public, but there of as this he is carried out.

One can say that to control and to plan the way maintenance of achieving quality in the service, we should execute three fundamental objectives: to have itemized knowledge of the facilities with which it is counted, to determine the program and reach of the maintenance and to adopt a control structure that can guarantee the operation of the service under good conditions. We will pass to deepen these three topics with more detail

2.1 Knowledge of the facilities

It is to carry out a sweeping of the system of illumination of the way municipality of detecting the existent facilities, their components and state. It is important to overturn these data to an on-line system that allows later on to make diverse consultations on the facilities with multiple selective approaches that will allow to program substitution tasks or remodeling. This report will also allow to detect the places of lack of the service and if one knows perfectly to the system that one has, it will be much easier to evaluate the cost of the same one.

If this whole work is overturned to a computer system they will be able to be, among other, with the following advantages: to clear any doubt with relationship to the existent thing, to evaluate costs, to evaluate massive changes in certain components, to have quick information and modernized about the service, to identify in way univocal each point of light that allows later on to be able to be coupled to a

system of demand pursuit and power to detect reiterated demand, historical, statistical data.

To carry out this inventory type needs of a political decision of back, since it is a work that takes a certain time, with relationship to the size of the municipality; and it will be had a facility of personal with appropriate technical training and computer personnel that it can develop the necessary programs that are requested, since it is a development peculiar of the information.

By way of example we can mention that the work of report of Rosario's city that was carried out in 1992, demanded a year of work to five recognition gangs and a similar period to carry out the support software. In that year, the city had something but of 56.000 points of light, at the moment bill with but of 76.000 points of light, perfectly identified and for each one of them they register 41 different data, being able to carry out consultations for anyone of them or its combinations, for what the quantity of listings and information that can be achieved are very wide.

But this work, fundamental pillar, is not carried out alone with the personnel, but rather it will be necessary to determine that elements to raise, the way of identification of the points of light and the report methodology, for that which it will be necessary to design in a precise way the schedules, since will be of an enormous and expensive work to have not sweep the city for some fact again kept in mind in the beginning.

The report methodologies should be outlined in streets, avenues with central stonemasons, parks, squares, bridges, boards, columns and other elements that cannot give place to identification confusions, reason why the methodology that is applied will be able to guide the technicians to a single identification form without giving place to doubts and that they are not verified duplication of codes. We will return later on this topic. Once these data are possessed it will be necessary to determine the form of taking the maintenance work ahead, according to one of three form before mentioned. Here it is necessary to notice that anyone is the adopted methodology, the work previous of inventory, it is of supreme utility.

2.2 Adopted methodology of maintenance in the city of Rosario

What has been adopted in Rosario's city is that the maintenance service is licensed to particular companies, for that which the maintenance service was planned contemplating four situations: preventive maintenance, maintenance for demand, maintenance for program and placement of new services.

He understands each other for preventive maintenance to the recondition, substitution for I finish of useful life, and necessary repairs that turn out to make, to conserve the facilities under good conditions of operation.

For maintenance for demand understands each other to the group of verifications, repairs and/or immediate substitutions that are necessary to make in the facilities to assure the correct operation of the same ones.

First floor the mentioned denominations would cover all the necessary works so that the illumination service is under normal operation conditions, embracing, among other functions, the following ones:

- ✓ Conservation and maintenance of all the nets characteristic of the service, starting from the point of taking of energy until the boards;
- ✓ Conservation and maintenance of the luminaires;
- ✓ Reinstatement of lamps;
- ✓ Conservation, cleaning and maintenance of all the command elements, protection and setting to earth;
- ✓ Control of the ignition and out of the circuits;
- ✓ Conservation, maintenance, repair and/or reinstatement of any component element of the installation;
- ✓ Transfer, retirement and/or modification of the facilities;
- ✓ Repair and/or immediate retirement of damaged facilities that present latent danger for the community;
- ✓ Problems in the electric power supply.

He understands each other for maintenance for program to the group of periodic works that they can be carried out. That is to say actions that they are not bound directly with the ignition of the lamps, and for such a reason, it is not necessary that they are carried out when some of them he takes place, but concentrating

them for different approaches, be already periodic, annual, monthly tasks, seasonal; or, tasks subject to the assigned budget, and that consequently they can be carried out in the most convenient period.

Here we can mention, for example, to carry out the cleaning of luminaires in the time of the year where they diminish the presence of insects, cleaning of columns far from event that we know will constitute a sticker of posters in columns, for different campaigns. Understands the following tasks:

- ✓ Cleaning of luminaires;
- ✓ Cleaning of columns;
- ✓ Colored of columns;
- ✓ Colored of control cabinet;
- ✓ Recondition of devices.

He understands each other for placement of new services the works that are carried out of amplification or it improves of the installation of illumination public. This concept one keeps in mind to be able to execute in a quick way before neighbors' applications, of small works that can be carried out with the same personnel affected to the maintenance.

He mounts assigned to this item it should not overcome 20%, of the one assigned to the maintenance, so that he doesn't become a means of work distorting conceptually the maintenance methodology.

With this item they can settle, without affecting the maintenance tasks, new services and to give answer this way to the applications of the users, of the following elements that belong to facilities of illumination public:

- ✓ Placement of posts and steel columns;
- ✓ Installation of services;
- ✓ Placement of elevations, staples and taut;
- ✓ Installation of airlines or underground;
- ✓ Placement of control cabinet;
- ✓ Replacement of lamps of mercury for lamps of sodium.

2.3 Entity of control

For the control of the maintenance it is convenient to have qualified personnel, forming a body, either a Department, an Address, a Section, inside the municipal outline. Also, it is convenient, depending on the characteristics of the municipality that the personnel covers the 24 hours of the 365 days

of the year in different functions, in way of being able to give a quick answer before inconveniences in the service.

3 Experience in the city of Rosario

Next we will pass to develop the experience that is taken in Rosario's city, having a continuity of the methodology for but of 10 serial years.

Before passing to explain in detail the control system adopted for the public illumination, it is convenient to observe some data of the service of public illumination, in way of understanding the great importance that should confront the control of the maintenance better.

In the Table 1 certain values of the service of illumination public of the city can be observed, discriminated against in articles of relevance.

Table 1 Data of the service of illumination public in Rosario's city

Type of lamp	Quantity
Incandescent	2051
Incandescent halogen	45
Mercury	18134
Mercury halogen	2132
Sodium discharge pressure	53272
Fluorescent	914
Total of installed lamp	76548
Installed in transverse	46245
Installed in columns	30303
Total of columns	20468

4 System of control of the maintenance in the city of Rosario

The service of control of the maintenance of the public illumination in Rosario's city, is in charge of the Direction of Inspection of the Maintenance, clerk of the General Direction of Illumination Public. The Direction has the structure that is shown in the figure 1.

The function that completes each section will be seen next.

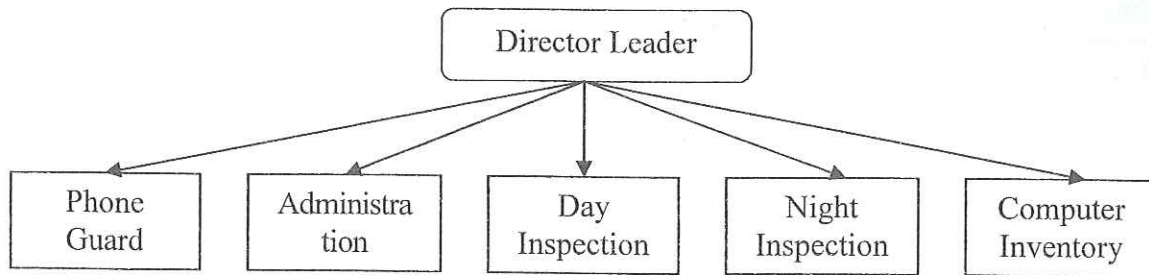


Figure 1 Flowchart of the Direction of Inspection of the Maintenance

4.1 Phone guard

This service is since of fundamental importance for the community it allows a schedule of attention the 24 hours of the day during the 365 days of the year, not being seen off by any circumstance.

The importance of this section resides in having a control and a careful attention with the demand that the neighbors formulate, so that the same one, it can be carried out in short operative time and derive in an answer inside the established terms of repair, in way of achieving the citizen's satisfaction.

To achieve this objective it is had a system of personalized phone attention and a developed software of control. The methodology of the reception of the I claim and its transfer to the concessionaire company is the following one:

- ✓ Reception of the I claim and I enter from the same one to the on-line system.
- ✓ The system identifies the area that corresponds, it places the number of I claim and it stores the information in the area of corresponding attention.
- ✓ Each certain interval of time the demand is derived, for modem or line point to point, to the respective centers of the concessionaires, without intervention of the operators.
- ✓ At the 24 hours, the concessionaire should respond the same road modem or line point to point and in printed listing.
- ✓ He claims it is filed for their reiteration detection if it happened an accusation again on the same one again.

4.2 Administrative area

The administrative area is the one in charge of carrying out the whole contact step with the concessionaires and the decisions takings. This

section is very important since in her they are carried out all the steps of the service and he stays the historical information of all that related in the course of validity of the concession contracts.

Their functions but important they are the following ones:

- ✓ Emission of the Orders of Service to the respective concessionaires
- ✓ Reception of the Notes of Order that they present the different concessionaires
- ✓ Attention of personal demand
- ✓ Control and answer of dossier and notes
- ✓ Technical Studies of re-potentiality of services
- ✓ Statistical Data of the operation of the service
- ✓ Control and pursuit of the reiterated demands
- ✓ Technical Studies of redistribution of circuits
- ✓ Technical Studies of the inconveniences for low tension in control cabinets

4.3 Day inspection

This section has a highly qualified group of people that they are those in charge of controlling the facilities when the same ones are not in service, that is to say during the course of the day. These inspections facilitate the detection of a great quantity of flaws and also, the possibility of inspection of the environment in the face of requirements of studies of feasibility of improvement of tension or redistribution of circuits, since you can raise in an efficient way the sector in study and possibly to make tests.

The functions but important that the inspectors of this shift carry out, they are the following ones:

- ✓ Control of the factor of power of the facilities
- ✓ Setting measurements to earth of the metallic elements of the installation.

- ✓ Inspection of the general state of the command cabinet and columns.
- ✓ Inspection of the applications presented by the neighbors, in relation to modifications in the facilities for work works.
- ✓ Swept of sectors of the city for detection of possible anomalies.
- ✓ Control of cleaning and painting of the columns and control cabinet.

4.4 Night inspection

This section has personnel's group that completes its functions in schedule nocturne, that is to say when the public illumination is lit. Their work consists on traveling the way city of controlling that the illumination is under normal conditions of operation, as main task, inside others that are enumerated next:

- ✓ Detection of out lamps
- ✓ Control of cleaning of luminaires
- ✓ Control of the schedule of ignition of the illumination
- ✓ Control of the levels of illumination
- ✓ Evaluation of the interference of the one hoisted
- ✓ Verification of sectors that present problems of low tension
- ✓ Verification of repairs.

The novelties about the service that they are detected can be communicated to the watch directly if the same ones have a character of urgency, or the following day, happened for you order from service to the different concessionaires for their repair in the established terms.

4.5 Computer section and inventory

This section is the one in charge of carrying out the whole software that is required for the administration of the department and of the address. Mainly he takes charge of taking modernized the base data of the physical inventory of the facilities and of the system of demands attention. It is of fundamental importance for the control of the service that the inventory is modernized, the same as to have a quick answer in terms of software development before requirements of the department or of the address.

Their main functions are the following ones:

- ✓ Maintenance of the database
- ✓ Development of new consultations on the database

- ✓ Development of new software
- ✓ Code of control cabinets and columns
- ✓ Report of the new facilities
- ✓ Integration of the database to a system GIS
- ✓ Obtaining of statistical data.

As we mention previously, the physical inventory of the facilities is a fundamental tool for the system, reason why we will dedicate him a small one remote.

5 Physical inventory of the facilities of public illumination

The physical inventory of the facilities constitutes an on-line database where characteristic of the facilities and non parameters of the service are registered. That is to say, it not consists of data that should be observed personally, appraisable.

On each point of light they register 41 installation data, being able to carry out the consultations but varied that are needed, what is in an enormous possibility of information.

In the figure 2, one of the 5 generic screens is shown that one obtains from a consultation to the inventory, for their understanding we will detail what they mean each one of the columns that are visualized, having present that alone we will mention those that visualize in the figure 2 that it is alone 1 of 5 screens. The meaning of the columns is the following one:

- ✓ Column 1 with having headed T: here he registers if the illumination service is prepared in traverse system (I center of roadway) or in columns. In the figure 2 the letter C, indicates that the detailed services are mounted in columns.
- ✓ Column 2 with having headed Z: it indicates the maintenance area that corresponds the service. Rosario's city is divided for the maintenance of illumination public in 7 areas. In the figure 2 are observed that the detailed services correspond to the area 1 and in consequence it is known that concessionaire is the responsible for its maintenance.
- ✓ Column 3 with having headed STREET: here the name of the street is listed where the service is installed.
- ✓ Column 4 with having headed ALT.: it shows the block height that it corresponds to the position where the service is

installed. With this fact and the previous one has perfectly located the service.

- ✓ Column 5 with having headed CARACT.: it indicates where the service is installed, that is to say if it is in a central stonemason, a street intersection, it illuminates a property.
- ✓ Column 6 with having headed L: it indicates the quantity of lamps that they exist in that location, that is to say in the case shown in the figure 2, there are columns with two devices and therefore it possesses two lamps that point of light.
- ✓ Columns 7, 8 and 9 with having headed DF.: here they are indicated, for the case of traverse, where they are the retentions of the same one, that is to say, if they are in columns, posts, staples have more than enough masonry, elevations.
- ✓ Column 10 with having headed ELEV.: it indicates if the striped service possesses an elevation. With this term an iron device is indicated that is placed when the height of

the column, post or masonry doesn't reach the necessary height for the service and it constitutes a supplement to achieve the height that establishes the technical calculation.

- ✓ Column 11 with having headed M.TRA.: it indicates the material that constitutes the traverse one, that is to say if the same one this subject with wire, steel cable.
- ✓ Column 12 with having headed ACO.: it indicates the electric feeding that arrives to a luminaire in traverse disposition.
- ✓ Column 13 with having headed TEN.: for the case of traverse, it indicates if the same one possesses tensile.
- ✓ Column 14 with having headed BUL.: for the case of traverse, it indicates if the same one possesses the screw system with buttonhole.
- ✓ Column 15 with having headed ABRA.: for the case of traverse, it indicates if the same one possesses band.

CONSULTA DESE CONTINUA																	
T	Z	CALLE				ALT.	CARACT.	L	DF	DF	DF	ELEV	M. TRA	ACO	TEN	BUL	ABRA
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1011	C4	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1011	C3	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1016	C2	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1016	C1	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1032	C2	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1032	C1	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1045	C4	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1045	C3	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1058	C2	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1058	C1	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1071	C4	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1071	C3	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1084	C2	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1084	C1	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1096	C3	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1097	CALLE	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1100	C2	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1100	C1	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1115	C4	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1115	C3	2	-	-	-	0	-	-	0	0	0
C	1	BU	GRAL	RONDEAU	JOSE	1128	C2	1	-	-	-	0	-	-	0	0	0

Figure 2 First screen (of 5) of the software of physical inventory of the facilities of Illumination Public, developed by the Direction of Inspection of the Maintenance of the General Direction of Illumination Public of Rosario's city.

6 Conclusions of the adopted methodology

After having presented the maintenance system that has adopted Rosario's city to preserve the facilities of illumination public, we can conclude the work expressing the steps that should be respected for a similar methodology:

- ✓ To establish the data from the installation to be raised.
- ✓ To diagram the report form, methodology and code.
- ✓ To carry out the necessary software for the prosecution of the information.
- ✓ To evaluate the cost of the service according to the obtained data.
- ✓ To guarantee the necessary budget to take the methodology ahead.
- ✓ To carry out the necessary sheets for the call to bid, in the event of deciding the maintenance licensed, or, to establish the internal rules for the execution of the tasks.
- ✓ To form the control team that will take charge of the pursuit and execution of that settled down.

Eng. Fernando DECO

Specialist on Visual Environment and Efficient Lighting.
Director – Dir. Fiscalización del Mantenimiento
Dirección General de Alumbrado Público
Municipalidad de Rosario - Argentina
fdco@yahoo.com / fdco0@rosario.gov.ar



Received at 25.12.2002, reviewed at 10.01.2003

References:

Professor Luciano Di FRAIA
Professor Ramon SAN MARTIN

EFICIENȚA ÎN ILUMINATUL PUBLIC

Iluminatul public reprezintă un tip foarte particular de iluminat, care depinde în mare măsură de decizia politică ce trebuie să

corespundă condițiilor tehnice și cerințelor utilizatorilor. Se știe foarte bine că iluminatul public nu numai că îndeplinește funcția de a furniza lumină străzilor și drumurilor, dar influențează în mare măsură sentimentul de siguranță, principalul motiv pentru utilizarea sa în cartiere. Pentru a obține un iluminat public eficient, este necesar să se aibă în vedere facilități eficiente și o întreținere eficientă, deoarece acest tip de iluminat este proiectat pentru o utilizare îndelungată.

În Rosario, eficientizarea iluminatului a început din 1990 cu sloganul care acum este foarte popular: "Mai multă lumină cu un consum mai redus". Se conștientizează normele tehnice, corpurile de iluminat și lămpile ce trebuie folosite, însă nu se acordă suficientă importanță întreținerii, cu toate că este esențială pentru administrarea eficientă a iluminatului public și a banilor publici.

Întreținerea este foarte importantă. Obiectivul unui iluminat public constă în introducerea unui sistem de întreținere analizat, care să asigure serviciile de întreținere cu minimum de investiție, încercând nu numai obținerea eficienței energetice dar și satisfacția civică.

Asigurarea întreținerii și controlul acesteia sunt subiectele analizate în această lucrare, prin care se asigură un iluminat public eficient cu consum energetic care să satisfacă utilizatorii, verificat în 10 ani de aplicare continuă.

1 Introducere

Se poate începe cu stabilirea importanței pe care o are întreținerea în iluminatul public, un iluminat cu caracteristici particulare.

- ✓ Întreținerea, la fel ca la orice instalație, este de o importanță fundamentală pentru păstrarea condițiilor inițiale ale instalației de-a lungul timpului, respectând parametrii de proiectare și nivelurile de iluminat recomandate de normele în vigoare. În iluminatul public, acest aspect este de o importanță fundamentală, deoarece instalația este proiectată pentru o utilizare îndelungată și nu se oprește nici chiar un scurt timp din funcționare.
- ✓ Întreținerea sistemului de iluminare nu se referă numai la înlocuirea componentelor electrice și a lămpilor atunci când acestea se deteriorează, ci este mult mai extinsă deoarece

pot apărea diferite situații care să conducă la luarea celor mai diverse măsuri în cursul timpului, care să garanteze păstrarea condițiilor inițiale cât mai corect cu putință.

- ✓ În acest tip de serviciu intervin diverse aspecte care nu sunt specifice instalației, cum ar fi punerea în operă, starea reală a construcției, care de obicei implică o alterare a serviciilor, o modificare a dispunerii inițiale a instalației.

Un bun sistem de întreținere va fi capabil să ofere calitate în exploatare și satisfacție utilizatorilor, aspect important pentru că lor le este adresat acest serviciu. Pentru aceste rezultate, este necesar să se mențină permanent următoarele aspecte:

- ✓ Menținerea nivelului recomandat de iluminare pentru spațiul respectiv
- ✓ Controlarea programelor de aprindere și stingere
- ✓ Asigurarea unui serviciu care să facă față cu promptitudine solicitărilor de reparații
- ✓ Controlarea nivelurilor de iluminare pentru a nu dăuna mediului și utilizatorilor
- ✓ Prevenirea deteriorării tablourilor de control și stâlpilor, acordând o atenție specială sistemelor de securitate electrică
- ✓ Menținerea sub control a factorului de putere, prin asigurarea consumului de energie în bune condiții, fără a genera costuri suplimentare

Pentru a realiza premisele stabilite, este necesară studierea aprofundată a sistemului de întreținere care asigură continuitatea chiar și în cazul în care resursele nu au fost corect evaluate sau în cazul în care resursele provin de la alte destinații inițiale. Aici este necesar să se menționeze că o instalație de iluminat public are o durată de viață de 25 de ani, motiv pentru care decizia luată cu privire la întreținerea sa trebuie atent evaluată pentru ca să garanteze condițiile inițiale ale proiectului. În caz contrar, instalația se uzează prematur în detrimentul bugetului public destinat instalației, cu ajutorul căruia s-a realizat această instalație și căreia i s-a proiectat întreținerea.

2 Obiectivele și metodologiile de întreținere

Înainte de a stabili metodologia de întreținere care urmează să fie adoptată, trebuie evaluate următoarele aspecte:

✓Elaborarea unui raport al facilităților existente care permite cunoașterea necesităților și lipsurilor ce trebuiesc satisfăcute

✓Programarea pe baza informațiilor anterioare, a înlocuirii lămpilor uzate și evaluarea unui factor de pierdere de flux luminos, pe baza căruia să se analizeze înlocuirea grupată a lămpilor în momentul în care nu mai sunt asigurate nivelurile de iluminare cerute

✓Studierea bugetului destinat întreținerii și metodologiei cu care va fi realizată

✓Respectarea normelor și/sau documentelor care reglementează serviciul.

În ce privește modalitatea de realizare a sistemului de întreținere pentru iluminatul public, se pot menționa trei modalități: lucrări executate de personalul municipalității de care aparține, lucrări executate de societăți private și situația intermediară în care o societate privată se ocupă de un sector, iar personalul municipalității se ocupă de alt sector.

Aceste modalități se referă la cine se va ocupa de serviciul de întreținere, dar controlul energiei ar trebui să fie în mâinile municipalității care va asigura iluminarea publică.

Se poate spune că la planificarea și controlul întreținerii pentru obținerea unui serviciu de calitate, trebuie îndeplinite trei obiective principale: să se cunoască în detaliu facilitățile care sunt enumerate, să se stabilească programul și raza de acțiune a întreținerii și să se adopte o structură de control care să garanteze că serviciul este prestat în condiții bune. În continuare se vor aprofunda aceste trei subiecte.

2.1 Cunoașterea facilităților

Pentru realizarea curățirii sistemului de iluminat, se apreciază facilitățile existente, componentele și starea lor. Este importantă furnizarea acestor date on-line care să permită consultarea ulterioară a informațiilor cu abordări multiple și selective care permit programarea sarcinilor de înlocuire sau remodelare. Acest raport va permite, de asemenea, detectarea locurilor în care lipsește serviciul de iluminat public, iar pentru cineva care cunoaște sistemul, va fi mai ușor să evalueze costurile de întreținere.

Dacă această activitate este realizată într-un sistem de date computerizat, se vor obține următoarele avantaje: rezolvarea unor neclarități referitoare la unele aspecte concrete, evaluarea costurilor, evaluarea modificărilor majore la anumite componente, informații rapide și actualizate asupra serviciului, identificarea fiecărui punct de lumină, ceea ce permite cuplarea ulterioară la un sistem on-line de urmărire a consumului de energie și de cunoaștere a datelor statistice și de evoluție a sistemului.

Realizarea acestui tip de inventar este determinată de o decizie politică, pentru că necesită timp în funcție de dimensiunile orașului și este nevoie de personal cu pregătire tehnică adecvată și de operatori pe calculator care să elaboreze programe specifice informațiilor cerute.

De exemplu, se poate menționa că munca pentru elaborarea raportului despre orașul Rosario care a fost realizat în 1992, a durat un an și a fost făcută de cinci echipe de specialiști. În acel an orașul avea aproximativ 56.000 de puncte de lumină, iar acum sunt proiectate 76.000 de puncte de lumină, identificate perfect și pentru fiecare s-au înregistrat 41 informații diferite, oferind posibilitatea pentru oricine de a consulta datele sau combinațiile lor și obținerea cu ușurință a oricărei informații.

Dar această activitate, cerință fundamentală, nu este realizată doar prin munca personalului, este necesară determinarea elementelor care asigură creșterea eficienței, modul de identificare a punctelor de lumină și metodologia adoptată, fapt pentru care este necesară stabilirea precisă a sarcinilor, deoarece este o muncă enormă și costisitoare pentru oraș, având în vedere motivele enunțate la început.

Metodologiile raportului trebuie să cuprindă străzi, bulevarde, parcuri, piețe publice, poduri, stâlpi și alte elemente astfel încât să nu aibă loc confuzii de identificare, motiv pentru care metodologia aplicată trebuie să aibă capacitatea să îndrume personalul tehnic spre o identificare sigură, fără dubii, astfel încât să nu fie necesare verificări ale codului. Vom reveni mai târziu la acest subiect. După ce aceste date sunt procesate, este necesară stabilirea modalității de întreținere, una din cele trei menționate

anterior. Este necesar să se menționeze că indiferent care metodologie este adoptată, lucrarea anterioară de inventariere este de o maximă utilitate.

2.2 Metodologia de întreținere adoptată în orașul Rosario

Serviciul de întreținere în orașul Rosario este concesionat firmelor private pentru următoarele patru situații: întreținere preventivă, întreținere la cerere, întreținere după un program și realizare de servicii noi.

Prin întreținerea preventivă se înțelege recondiționarea, înlocuirea în vederea derulării unei vieți bune și reparațiile ce trebuie efectuate pentru păstrarea facilităților în condiții bune de funcționare.

Întreținerea la cerere se referă la verificări, reparații și/sau înlocuiri imediate, care să asigure funcționarea corectă.

În primul rând, aceste acțiuni vor trebui să acopere toate lucrările necesare astfel încât serviciul de iluminat să fie în condiții normale de operare, dintre care se menționează:

- ✓ Conservarea și întreținerea parametrilor rețelei de alimentare, de la punctul de preluare a energiei până la tablouri;
- ✓ Conservarea și întreținerea corpurilor de iluminat;
- ✓ Reinstalarea lămpilor;
- ✓ Conservarea, curățarea și întreținerea tuturor elementelor de comandă, protecția și legarea la pământ
- ✓ Controlul aprinderii și stingerii pe circuite
- ✓ Conservarea, întreținerea, reparația și/sau reinstalarea oricărui element component al instalației
- ✓ Transferul, retragerea și/sau modificarea serviciilor
- ✓ Repararea și/sau retragerea imediată a facilităților deteriorate, care prezintă un pericol latent pentru comunitate;
- ✓ Probleme cu furnizarea energiei electrice.

Întreținerea programată cuprinde lucrări periodice care trebuie făcute în grup. Acestea sunt acțiuni care nu au o legătură directă cu aprinderea lămpilor și pentru acest motiv nu reprezintă lucrări individuale, ce au loc la un moment sau altul; este necesară o abordare diferită a problemei, cu referire la lucrări periodice, anuale, lunare, în funcție de sezon sau în funcție de bugetul alocat și, în consecință, care se pot realiza în perioada cea mai convenabilă: lucrări de curățire a corpurilor

de iluminat în timpul anului care s-au murdărit datorită prezenței insectelor, curățarea stâlpilor despre care știm că constituie suporturi pentru postere în diverse campanii. Se menționează următoarele etape:

- ✓ Curățirea corpurilor de iluminat
- ✓ Curățirea stâlpilor
- ✓ Vopsirea stâlpilor
- ✓ Vopsirea tablourilor de control
- ✓ Recondiționarea dispozitivelor

Realizarea de servicii noi are menirea de a amplifica sau îmbunătăți instalațiile de iluminat public. Acest concept este avut în vedere pentru posibilitatea realizării rapide, cu minimul de efort a unor lucrări mici, cu același personal afectat sistemului de întreținere.

Această componentă nu ar trebui să depășească 20% din acțiunile destinate întreținerii, pentru a nu afecta conceptual metodologia de întreținere.

Serviciile noi oferite utilizatorilor în domeniul iluminatului public sunt:

- ✓ Amplasarea posturilor și stâlpilor de oțel
- ✓ Instalarea serviciilor
- ✓ Amplasarea suporturilor, consolelor și accesoriilor
- ✓ Instalarea liniilor aeriene sau subterane
- ✓ Amplasarea tablourilor de control
- ✓ Înlocuirea lămpilor cu mercur cu lămpi cu sodiu.

2.3 Corpul de control

Pentru controlul întreținerii e nevoie de personal calificat, care să alcătuiască un grup, un departament, un birou (adresă) sau un sector în cadrul serviciilor municipale. În funcție de caracteristicile municipiului, personalul trebuie să lucreze 24 ore din 365 de zile pe an în diferite situații și să poate răspunde prompt la solicitările care apar.

3 Experiența din orașul Rosario

În continuare este prezentată experiența acumulată de orașul Rosario în dezvoltarea metodologiei de-a lungul a 10 ani. Înainte de a explica în detaliu sistemul de control ales pentru iluminatul public, se supune atenției anumite date ale serviciului de iluminat public pentru a înțelege importanța deosebită pe care o are controlul întreținerii.

În tabelul 1 sunt prezentate câteva caracteristici relevante ale iluminatului public al orașului.

4 Sistemul de control al întreținerii în orașul Rosario

Serviciul de control al întreținerii iluminatului public în orașul Rosario este asigurat de către Direcția de Inspecție a Întreținerii din cadrul Direcției Generale a Iluminatului Public. Structura Direcției este prezentată în figura 1.

4.1 Telefonul de gardă

Acest serviciu este de o importanță fundamentală pentru comunitate, de aceea programul său nu este întrerupt în nici o circumstanță. Importanța lui constă în controlul și atenția deosebită acordată populației și rezolvarea problemelor care apar într-un timp operativ, scurt pentru a obține satisfacția cetățenilor. Pentru atingerea acestui obiectiv sunt necesare un sistem de telefonie personalizată și elaborarea unui software de control.

Metodologia recepționării apelului telefonic și transferul lui la compania concesionară este următoarea:

- ✓ Recepționarea apelului și introducerea lui în sistemul on-line
- ✓ Sistemul identifică zona care corespunde apelului, afișează numărul de telefon și stochează informația
- ✓ Solicitarea este apoi transmisă prin modem sau fax centrelor concesionare fără intervenția operatorilor
- ✓ În interval de 24 de ore, concesionarul trebuie să răspundă prin același mijloc de comunicare: modem sau fax
- ✓ În cazul în care apare un inconvenient în timpul transmisiei, solicitarea este retransmisă concesionarului.

4.2. Biroul administrativ

Biroul administrativ are sarcina de rezolvare a tuturor etapelor de contact cu concesionarii și de a lua decizii. Această secțiune este foarte importantă deoarece ea cuprinde toate etapele serviciului și toate informațiile istorice acumulate în perioada de validitatea contractelor de concesionare.

Funcțiile mai importante sunt:

- ✓ Emiterea comenzilor către concesionari
- ✓ Recepția documentelor de la diferiți concesionari
- ✓ Atenția acordată solicitărilor personale

- ✓ Controlul și răspunsul la notificări
- ✓ Evaluarea tehnică a re-potențializării serviciilor
- ✓ Date statistice cu privire la serviciu
- ✓ Controlul și urmărirea solicitărilor repetate
- ✓ Studii tehnice privind posibilităților de redistribuire a circuitelor
- ✓ Studii tehnice privind deranjamente de scădere a tensiunii în tablourile de control.

4.3 Inspecția zilnică

Această secție este alcătuită dintr-un grup de oameni cu o înaltă calificare, care se ocupă cu verificarea sistemului atunci când acesta nu se află în funcțiune, adică în timpul zilei. Aceste inspecții facilitează detectarea majorității defectelor și inspectarea mediului ambiant, în vederea unor studii de fezabilitate pentru îmbunătățirea tensiunii sau redistribuirea circuitelor, deoarece astfel eficiența sistemului poate crește în sectoarele studiate și se pot efectua teste.

Sarcinile mai importante ale inspectorilor sunt următoarele:

- ✓ Controlarea factorului de putere al facilităților
- ✓ Măsurări față de pământ a elementelor metalice ale instalației
- ✓ Verificarea stării generale a tablourilor de comandă și stâlpilor
- ✓ Verificarea solicitărilor înaintate de vecini cu privire la lucrările de modificarea serviciilor
- ✓ Inspectarea sectoarelor orașului pentru detectarea eventualelor anomalii
- ✓ Verificarea curățeniei și vopsirii stâlpilor și tablourilor de control.

4.4 Inspecția de noapte

Această secție este alcătuită din personal specializat, care verifică sistemul în timpul funcționării lui, adică noaptea. Ocupația lor constă în parcurgerea drumurilor pentru a constata dacă iluminatul public se desfășoară în condiții normale și principalele lor sarcini sunt enumerate mai jos:

- ✓ Detectarea lămpilor arse
- ✓ Verificarea curățeniei corpurilor de iluminat
- ✓ Verificarea programului de aprindere a iluminatului
- ✓ Controlul nivelurilor de iluminat
- ✓ Evaluarea interferenței unui nivel ridicat
- ✓ Verificarea sectoarelor care prezintă probleme de tensiune scăzută
- ✓ Verificarea reparațiilor efectuate.

Informațiile obținute pot fi comunicate direct schimbului de noapte, dacă au caracter de urgență, sau transmise în ziua următoare diferiților concesionari, care se vor ocupa de reparații în termenii stabiliți.

4.5. Secția de calculatoare și de inventariere

Această secție este responsabilă de toate programele informatice necesare administrării departamentului. Principala atribuție a acestei secții este actualizarea bazei de date cu inventarul fizic al sistemului de iluminat și a sistemului de recepționare a cererilor. Modernizarea inventarului este de o importanță fundamentală pentru controlul serviciului și de asemenea și a softului necesar pentru soluționarea rapidă a cererilor adresate departamentului.

Principalele atribuții sunt următoarele:

- ✓ Întreținerea bazei de date
- ✓ Dezvoltarea unor noi modalități de consultare a bazei de date
- ✓ Dezvoltarea unui software nou
- ✓ Codificarea tablourilor de comandă și stâlpilor
- ✓ Raport privind noi facilități
- ✓ Integrarea bazei de date în sistemul GIS
- ✓ Obținerea datelor statistice

Așa cum s-a menționat anterior, inventarul fizic al sistemului este o unealtă fundamentală pentru sistem, motiv pentru care în continuare vom vorbi despre acesta.

5 Inventarul fizic al serviciului de iluminat public

Inventarul fizic al serviciilor reprezintă o bază de date on-line în care sunt înregistrate caracteristicile acestora și non-parametrii serviciului, adică date care nu trebuie observate și evaluate personal. Pentru fiecare punct de lumină sunt înregistrate 41 date de instalare, care pot fi consultate modificate ulterior, după necesități, ceea ce constituie o posibilitate enormă de informare.

În figura 2 sunt prezentate 5 ecrane generice pe care cineva și le poate crea prin consultarea inventarului.

6 Concluzii

Se prezintă pașii de urmat pentru aplicarea unei metodologii similare

FIȘE PENTRU CALCULUL RAPID AL CARACTERISTICILOR FOTOMETRICE ALE CORPURILOR DE ILUMINAT

Paul DINCULESCU *, George Gabriel BRATU **

* Universitatea POLITEHNICA București, ** SITECO România

Rezumat

Fișele propuse se folosesc atunci când datele fotometrice furnizate uzual de către fiecare producător de corpuri de iluminat sunt limitate sau când pot fi utilizate diferite corpuri de iluminat. Utilizatorul poate astfel completa informația respectivă, chiar în faza de proiectare, calculând datele care lipsesc. Fișele, bazate pe un program EXCEL, permit să se calculeze rapid indicatorii de distribuție ai corpului de iluminat, curba zonală a fluxului luminos, raportul direct și factorii de utilizare, pentru orice corp de iluminat, pentru orice valori ale factorilor de reflexie ai suprafețelor și pentru orice valoare a indicelui instalației. Fișele pot fi folosite și de către producătorul de corpuri de iluminat, pentru a prezenta rezultatele măsurătorilor într-o formă convenabilă pentru utilizator. Datele minimale necesare sunt curbele sau tabelele care dau distribuția intensității luminoase.

1 Principii de calcul

Modelul de calcul simplificat folosit uzual pentru determinarea fluxurilor luminoase pe suprafețele unei instalații de iluminat interior [1] constă într-un paralelipiped dreptunghic delimitat de trei suprafețe de calcul: două suprafețe orizontale – tavanul S_1 și planul util S_4 (caracterizate prin dimensiunile a și b și prin factorii de reflexie r_1 respectiv r_4) și o suprafață verticală S_3 – pereții (considerați ca o singură suprafață, cu înălțimea h și cu factorul de reflexie r_3).

Geometria instalației este exprimată, de regulă, sintetic, prin indicele instalației:

$$K = \frac{ab}{h(a+b)} \quad (1)$$

Factorul de reflexie al pereților neomogeni este evaluat ca un factor de reflexie mediu

ponderat al suprafețelor componente (cu proprietăți și suprafețe reflectante diferite):

$$r_3 = \sum_j r_j p_j / 100 \quad (2)$$

p_j reprezentând procentul din aria totală al ariei cu factorul de reflexie r_j .

În cazul corpurilor de iluminat suspendate la o distanță h' față de tavanul real, modelul de calcul presupune un tavan echivalent, la distanța h față de planul util [2], caracterizat din punct de vedere geometric prin indicele cavității tavan-friză:

$$K_c = \frac{ab}{h'(a+b)} \quad (3)$$

și din punct de vedere luminotehnic prin factorul de reflexie:

$$r_1' = \frac{K_c (K_c r_1 + 2r_2)}{(K_c + 2)^2 - 2(K_c r_1 + 2r_2)} \quad (4)$$

dependent de factorii de reflexie ai suprafețelor respective și de geometria cavității.

La baza acestor calcule stau caracteristicile luminotehnice intrinsece ale fiecărui corp de iluminat, atât prin distribuția intensității luminoase în diverse plane meridionale (exprimată prin curbele denumite, uzual, curbe fotometrice), cât și prin distribuția zonală a fluxului luminos (exprimată prin curbele de distribuție zonale sau, sintetic, prin indicatorii de distribuție zonali N_1, N_2, N_3, N_4, N_5 , definiți pentru 4 zone caracteristice în emisfera inferioară [1]). Curbele de distribuție a intensității luminoase se indică uzual în două plane (de regulă, planele de simetrie).

Conform reglementărilor în vigoare ale CIE, determinarea curbei zonale și a indicatorilor de distribuție zonali se bazează pe:

- asimilarea corpului de iluminat cu o sursă punctiformă simetrică, (caracterizată printr-o

curbă fotometrică reprezentând media curbelor în cele două plane considerate);

- calculul fluxurilor luminoase emise de corpul de iluminat în $k = 1, 2, \dots, 18$ zone coaxiale cu axa optică, cuprinse între zone conice caracterizate printr-o diferență a unghiurilor plane la vârf de 10° , și considerarea intensității luminoase I_k corespunzătoare unghiului plan mediu α_k .

Fluxul zonal cumulat pentru o zonă conică constituită din n zone de tipul menționat este:

$$\phi_{zn} = \phi_{n-10^\circ} = 1,095 \sum_{k=1}^n I_{(2k-1) \cdot 5^\circ} \sin[(2k-1) \cdot 5^\circ]. \quad (7)$$

Împărțirea emisferei inferioare în patru zone conice caracteristice, cu unghiurile la vârf respectiv $41,4^\circ, 60^\circ, 75,5^\circ, 90^\circ$ și considerarea la limită a spațiului din jurul corpului ca o zonă cu unghiul la vârf 180° , permite definirea indicatorilor de distribuție a fluxului luminos al corpului de iluminat:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{\phi_{z1}}{\phi_{z4}} ; & N_2 &= \frac{\phi_{z2}}{\phi_{z4}} ; & N_3 &= \frac{\phi_{z3}}{\phi_{z4}} ; \\ N_4 &= \frac{\phi_{z4}}{\phi_{z5}} ; & N_5 &= \frac{\phi_{z5}}{1000} . \end{aligned} \quad (8)$$

La cele de mai sus se adaugă aportul global al corpurilor de iluminat în instalație, exprimat prin:

- *raportul direct*, definit ca raportul între fluxul luminos ϕ_{04} primit de planul util direct de la corpurile de iluminat și fluxul luminos ϕ_{\cup} emis de acestea în emisfera inferioară:

$$R_d = \frac{\phi_{04}}{\phi_{\cup}} ; \quad (5)$$

- *factorii de utilizare* pentru fiecare din suprafețele de referință ale modelului de calcul, definiți ca raportul între fluxul total ϕ_j (direct și primit prin reflexie de la celelalte suprafețe) pe suprafața considerată și fluxul luminos total ϕ_{\cup} al celor N_i lămpi din instalație (fiecare având fluxul luminos ϕ_i); în particular, pentru planul util:

$$u_4 = \frac{\phi_4}{N_i \phi_i} . \quad (6)$$

Atât raportul direct, cât și factorii de utilizare, pentru un corp de iluminat dat, depind, evident, de numărul de corpuri de

iluminat și de geometria instalației (a, b, h sau, respectiv, K). Așa cum rezultă din calcule, se pot considera acceptabile valorile corespunzătoare unei amplasări de referință CIE (cu un număr minimal de corpuri de iluminat) într-o încăpere standard (caracterizată prin $b/a \approx 1,6$) [1].

Calculul raportului direct și al factorului de utilizare (în particular, pentru planul util), pentru diverse combinații ale factorilor de reflexie ai suprafețelor de referință din modelul de calcul considerat poate fi efectuat printr-o metodologie simplă, bazată pe recomandările Comisiei Internaționale de Iluminat [3].

Raportul direct al instalației este:

$$R_d = M_1 N_1 + M_2 N_2 + M_3 N_3 + M_4 , \quad (9)$$

unde $M_1 \dots M_4$ sunt multiplicatorii geometrici medii pentru amplasarea de referință a corpurilor de iluminat în încăperea standard, care depind, în ultimă instanță, de indicele instalației K .

Factorul de utilizare pentru planul util se calculează cu expresia:

$$u_4 = \{F_{31} + [F_{32} - F_{31} + (F_{33} - F_{32}) R_d] N_4\} N_5 , \quad (10)$$

în care factorii F_{ij} se exprimă în funcție de indicele instalației și de factorii de reflexie ai suprafețelor [4].

O fișă cuprinzând aceste caracteristici pentru fiecare corp de iluminat prezintă interes atât pentru producător (pentru a furniza utilizatorului cât mai multe informații asupra produsului) cât și pentru utilizator (reprezentând punctul de plecare în calculul instalației dorite). Fișa ar trebui să fie, de regulă, furnizată integral de către producătorul de corpuri de iluminat. Obligația minimală a acestuia fiind cea de a furniza curbele de distribuție a intensității luminoase în diverse plane meridionale, pe baza încercărilor efectuate în laboratoarele proprii, utilizatorul trebuie să cunoască modul în care poate determina prin calcul restul informației necesare, pentru diverse situații concrete, conferindu-i avantajul posibilității aplicării metodologiei respective pentru orice corp de iluminat.

2 Întocmirea unei fișe

Este exemplificată numai referirea la planul util.

Un dosar de calcul EXCEL poate conține, de exemplu, trei foi de calcul corespunzând următoarelor situații:

1. Se dau numai curbele fotometrice și se determină indicatorii N , curba zonală, factorii de utilizare pentru valorile discrete uzuale ale factorilor r și K , precum și R_d ; Mărimile u_d și R_d pot fi obținute și pentru valori diferite ale factorilor r și K (fig. 1).

2. Se dau numai curbele fotometrice și se determină numai indicatorii N și curba zonală (fig. 2).

3. Se dau indicatorii de distribuție și se calculează u_d și R_d pentru valorile concrete din instalație ale factorilor r și K (fig. 3).

Foile 2 și 3 sunt obținute prin copierea foii 1 și "ascunderea" liniilor care nu prezintă interes.

Relațiile de calcul pentru indicatorii N , raportul direct R_d și factorul de utilizare u_d , împreună cu valorile multiplicatorilor geometrice pentru instalația de referință, sunt incluse în program.

Fișele de calcul pot fi folosite atât de către producătorul de corpuri de iluminat, cât și de către utilizator.

Coloanele și liniile care nu prezintă interes pentru utilizarea fișelor au fost "ascunse".

3 Utilizarea foilor de calcul

Casetele cu fond închis sunt casete pentru datele care vor fi introduse. Casetele cu fond normal sunt casete în care apar rezultatele calculului.

A. În cazul producătorului corpului de iluminat se folosește, de regulă, foaia 1 (fig. 1).

a. Se introduce în caseta 1 tipul de corp de iluminat;

b. Se introduc în caseta 2 curbele de distribuție a intensității luminoase în cele două plane pentru corpul de iluminat considerat; se obțin indicatorii de distribuție zonali ai corpului, care apar în caseta 7 și reprezentarea grafică a curbei zonale de distribuție a fluxului luminos;

c. Se introduc în caseta 3 combinațiile de factori de reflexie pentru suprafețele de referință; se obțin direct factorii de utilizare corespunzând planului util, pentru valorile discrete uzuale ale indicelui instalației (casetă 9), precum și raportul direct (casetă 8);

d. Pentru a obține numai indicatorii de distribuție și curba zonală, se folosește foaia 2.

B. Pentru utilizator, există următoarele situații:

a. dacă foaia 1 de mai sus este completă și se recurge la metoda "clasică" de calcul tabelar, se extrag raportul direct și factorii de utilizare corespunzători indicelui instalației concrete considerate (pentru valori intermediare ale indicelui instalației, executându-se interpolarea liniară.);

b. În cazul când producătorul furnizează numai curbele de distribuție și se dorește obținerea de informații complete, se utilizează foaia 1, introducând în una sau mai multe din coloanele casetei 3 combinațiile de factori de reflexie pentru suprafețele de referință, iar în caseta 5 - valoarea indicelui instalației; la intersecția acestora se obține direct factorul de utilizare corespunzând planului util, iar pe linia respectivă se găsește raportul direct (valorile redatăe în italic în exemplul dat);

c. dacă, în situația de mai sus, se dorește numai determinarea caracteristicilor corpului, se utilizează foaia 2;

d. dacă sunt furnizați și sau numai indicatorii de distribuție, se recurge la foaia 3, introducând în caseta 7 valorile indicatorilor de distribuție.

Valorile factorilor de reflexie pentru pereți și tavan sunt determinate cu relațiile (2) și (4) iar cele ale indicelui instalației - cu expresia (1).

4 Concluzii

Fișele prezentate constituie un mijloc eficient și rapid de evaluare a caracteristicilor fotometrice ale oricărui corp de iluminat pentru care se dispune cel puțin de curbele de distribuție a intensității luminoase în cele două plane de simetrie uzuale (pentru corpurile de iluminat simetrice, cele două curbe se consideră identice). Folosirea programului respectiv de calcul este recomandată atât pentru producătorul de corpuri de iluminat, cât și pentru utilizator.

5 Bibliografie

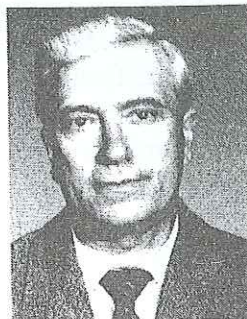
1. CIE Publication No 52. *Calculations for Interior Lighting. Applied Method*
2. Dinculescu, P. *Determinarea factorului de utilizare pentru instalațiile de iluminat interior*. În: EEA-Electrotehnica, 31 (1983), nr. 8, p. 313-325
3. Dinculescu, P. *Quick, rational and accurate lumen method using minimum available data*. Conferința Internațională ILUMINAT 2001, Cluj-Napoca, 2001
4. Dinculescu, P. *Aspecte moderne privind calculul instalațiilor de iluminat*. Universitatea "Spiru Haret", București, 1993

CALCULATION SHEETS FOR PHOTOMETRIC CHARACTERISTICS OF LUMINAIRES

Abstract

The proposed sheets are useful when the photometric data, usually supplied by the luminaire manufacturer, are restricted or when different other luminaires are to be used. The lighting engineer must then be able to complete the sort of information by performing calculations of the missing data during the actual design phase. The sheets, based on EXCEL program, give the possibility to fast calculate the flux code, the zonal flux diagram, the direct ratio and the utilization factors for any luminaire, for any reflectance of surfaces and for any room index. They may also be used by the equipment manufacturer in converting measurement data into a form suitable for presentation to the lighting engineer. The minimum available data are the luminous intensity diagrams or tables.

Dr. ing. Paul DINCULESCU
Universitatea POLITEHNICA București
Facultatea de Electrotehnică
Spl. Independenței Nr. 313, Sect. 6
Tel. (021)410.04.00/9139; 0722.963670
E-mail: paul@apel.apar.pub.ro



Absolvent al Facultății de Electrotehnică și doctorat la Universitatea POLITEHNICA din București. Profesor de instalații electrice și iluminat electric. Cărți, articole în reviste de specialitate, lucrări prezentate la Conferințe naționale și internaționale în domeniile: instalații electrice, surse de lumină, calculul instalațiilor de iluminat interior

Ing. George Gabriel BRATU
SITECO România
Spl. Unirii Nr. 35, Bl.M7, Sc.2, Ap.38, Sect.3, București
Tel. (021) 322.87.40; 0722.229.238
E-mail: bgeorge@canpower.ro



Tânăr absolvent al Facultății de Electrotehnică din București (2002). A susținut lucrări la sesiunile științifice studențești și a aprofundat probleme de iluminat electric în cadrul întocmirii proiectului de diplomă. Lucrează ca director executiv la SITECO.

Primită în 20.01.2003, revizuită în 30.01.2003
Referent: Dr. Florin POP

Corp de iluminat

RZS 1/36 ZUMBTOBEL

Curba de distribuție a intensității luminoase (cd/1000 lm) și fluxul zonal cumulat (%)																			
$\gamma, \varphi [^\circ]$	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175
[0-180]	152	153	159	174	188	195	190	150	55	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[90-270]	152	151	141	123	100	76	52	33	19	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Phi_z [^\circ]$	0.0	1.5	5.7	12.6	21.6	32.1	43.0	52.0	56.0	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5

Indicatori de distribuție				
N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
0.40	0.75	0.94	1.00	0.57

Factori de reflexie										
Tavan	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	Raport direct
Pereți	0.50	0.30	0.10	0.50	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
Podea	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.00	
K	Factori de utilizare									R_d
0.6	0.25	0.19	0.16	0.24	0.19	0.16	0.18	0.16	0.14	0.25
0.8	0.31	0.25	0.21	0.30	0.25	0.21	0.24	0.21	0.19	0.34
1	0.36	0.30	0.26	0.34	0.30	0.26	0.28	0.28	0.25	0.41
1.25	0.41	0.35	0.31	0.39	0.34	0.31	0.32	0.30	0.28	0.49
1.5	0.45	0.39	0.35	0.42	0.38	0.35	0.36	0.33	0.32	0.55
2	0.50	0.46	0.42	0.48	0.44	0.41	0.41	0.38	0.37	0.64
2.5	0.54	0.50	0.46	0.51	0.48	0.45	0.44	0.42	0.40	0.70
3	0.57	0.53	0.50	0.54	0.51	0.48	0.46	0.44	0.43	0.75
4	0.60	0.57	0.54	0.57	0.54	0.52	0.49	0.48	0.46	0.80
5	0.63	0.60	0.57	0.59	0.57	0.55	0.51	0.50	0.48	0.84
10	0.67	0.66	0.64	0.63	0.62	0.60	0.55	0.54	0.52	0.91
20	0.70	0.69	0.68	0.65	0.65	0.64	0.57	0.57	0.55	0.96
0.7	0.28	0.22	0.19	0.27	0.22	0.19	0.21	0.18	0.17	0.29

Diagrama zonală a fluxului cumulat

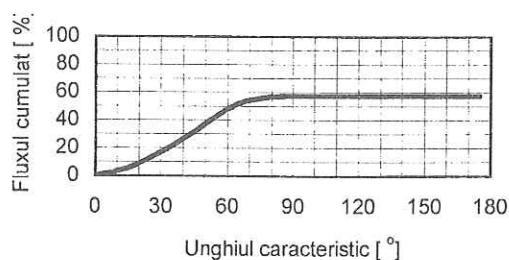


Figura 1 Fișa de calcul - varianta 1

Corp de iluminat

RZS 1/36 ZUMBTOBEL

Curbele de distribuție a intensității luminoase (cd/1000 lm) și fluxul zonal cumulat (%)																			
γ, φ [°]	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175
[0-180]	152	153	159	174	188	195	190	150	55	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[90-270]	152	151	141	123	100	76	52	33	19	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φ_z [%]	0.0	1.5	5.7	12.6	21.6	32.1	43.0	52.0	56.0	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5

Indicatori de distribuție				
N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
0.40	0.75	0.94	1.00	0.57

Diagrama zonală a fluxului cumulat

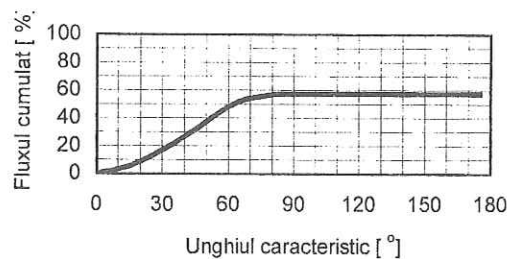


Figura 2 Fișa de calcul - varianta 2

Corp de iluminat:

RZS 1/36 ZUMBTOBEL

Indicatori de distribuție				
N_1	N_2	N_3	N_4	N_5
0.40	0.75	0.94	1.00	0.57

Factori de reflexie										
Tavan	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	Raport direct
Pereți	0.50	0.30	0.10	0.50	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
Podea	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.00	
K	Factori de utilizare									R_d
0.7	0.28	0.22	0.19	0.27	0.22	0.19	0.21	0.18	0.17	

Figura 3 Fișa de calcul - varianta 3

PHOTOVOLTAIC LIGHTING SYSTEMS FOR RURAL ISOLATED AREAS

Silvian FARA, Dumitru FINTA
IPA SA Bucharest, Romania

Abstract

Photovoltaic (PV) power plants are an attractive option for supplying electrical power to remote areas. The autonomous PV systems cover a wide area of the applications that can be developed in the country, in sites far from the national grid and with a low demand of electric power. The homes and farms electrification in rural areas by using PV systems would contribute to improving the inhabitants' social, economic and cultural standard.

In Romania, it is estimated that there are about 10,000 homes, farms and schools located in more than 500 settlements, which could be electrified and by using PV systems. In this paper is description the particular case of two settlements (Scarisoara and Prisacina) located in the Cerna Valley - the Banat Mountains which could be electrified by using PV systems.

1 Sustainable rural communities

It is well known that among the problems which humanity has to face nowadays, there are massive ecological imbalances that begin to endanger the life on earth itself. The stressed lifestyle in a polluted urban, crowded environment leads often to sickness of the mind, body and soul. We need sustainable rural communities so that we can:

- decentralise production of clothes, food;
- live in balance with nature;
- redevelop sense of community in small-scale settlements;
- empower people by reconnecting them with the production of goods for meeting their needs;
- create employment and leisure opportunities in rural areas;
- allow regional diversity to flourish and counter the standardisation of cultures by global economy and media;
- demonstrate it for the future.

Living in a sustainable rural community is a radical demonstration of alternative living. Simply the fact that people try to determine their own social and economic conditions in a sustainable rural community is an empowering action and model for society as whole. The community should try to create and maintain a dynamic link with urban communities, offering the chance to share in their way of life through educational visits. In this way, ecological practices demonstrated in the rural community can be transferred to towns and cities. Waste management, trading systems, organic agriculture and the creation of social spaces are all aspects that can be applied in cities to improve the quality of life.

It is also important to mention that a model of sustainability in one place is not necessarily good for the whole. The evolution of community is important, which means identifying and meeting the specific local needs. There are no unique solutions, each community will adapt to its own locality.

2 Problems of village electrification based on PV Systems

For the habitat proper, the electric power needs of the rural population consist in heating and lighting of buildings, cooking, performance of some handicraft activities. In a wider sense, rural energetics also includes the necessary power for agriculture, services, and industrial activities. Nowadays, it is widely accepted that the rural environment is not only a user but also a generator of energy resources for own use or for use outside the area (vegetal oils, biomass). As regards renewable energy sources, the village has available wind energy, hydraulic

energy, solar energy, biomass (domestic animals, timber, straw, vegetable waste).

In Romania there is a variety of rural settlements with different degrees of economic-social development and various elements of town management. However, there are also many rural settlements where electrification is a problem yet to be solved, such as the isolated hamlets in the Apuseni Mountains, the Cerna Valley, or the Danube Delta. In spite of the fact that these isolated villages have been included in the national electrification programme, the difficult conditions imposed by the accomplishment of the work and the long distances between them and the national grid have not permitted their electrification until now. A feasible alternative for the electrification of these areas is the use of electric energy supplied by photovoltaic systems.

The German Government offered a very important financing possibility for this project within the ELDORADO Programme. The project could not be concluded due to the negative attitude of the Romanian institution in charge with electric energy production in Romania.

The project aims to present the electrification and lighting of paths of two hamlets in the Cerna Valley (Scarisoara and Prisacina), which include 18 homes, two schools and a church. The electrification of these settlements has not been possible till this date due to the fact that the individual units are very remote, widely spread over large areas, access to the homes is difficult and only on foot or on horseback. The intention is to extend the area of electrification based on PV equipment, the electrification programme including a number of 14 hamlets located in the Cerna Valley (about 45 SHS).

3 Technical solutions

The solution based on centralized PV systems for the electric power supply of villages is nowadays replaced by that of individual solar

home systems (SHS). The project under discussion is also based on the use of individual SHS. The target is the electrification of a number of 18 individual homes, two schools, a village club and a church. The installed power taken into consideration for each separate unit is of about 500 W, following that a number of 22 SHS systems will be built. It is estimated that the average daily electric power consumption for each unit will be of approximately 2.5 kWh (during winter time) and 1.5 kWh (during summer time). A unitary technical solution has been adopted for each separate unit. The block diagram of an SHS system is presented below (fig. 1).

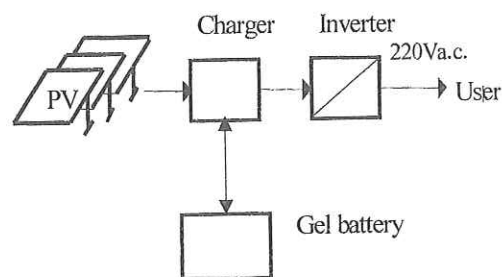


Figure 1 Photovoltaic Solar Home System - Block Diagram

Solar radiation is converted directly into d.c. electric energy by the solar modules, the system being also provided with elements for protection against overcurrent, overvoltage, and with earth connection. The electric energy produced is stored in batteries in order to ensure power supply during periods when there is no solar radiation, and the inverter performs the d.c./a.c. conversion. The connection of the batteries to the system for recharging or for inverter supply as well as the disconnection of the batteries when they are charged and the users can be supplied directly by the photovoltaic generator is controlled by the charge controller.

An SHS unit consists of:

- a) Photovoltaic generator: 12 PV modules - 600 W_p*; 12 V d.c. (*W_p-watt peak; Peak power under usual test conditions: Air Mass AM=1.5; Irradiance E=1000 W/m²; Cell temperature T_c=25 °C)

- b) Storage batteries: 24 V d.c., 500 Ah, C100. Gel batteries have the advantage that they do not require a special place for location.
- c) Nominal autonomy without sun: 4-5 days.
- d) Charge controller: 30 A; 24 V d.c.
- e) Inverter : 24 V d.c./230 V a.c; 1500 VA.
- f) Module frames: for mounting of the PV modules; tilting angle against horizontal: 30° to 55°; orientation: south facing.

At the instruments and equipment installation, the specific features of each individual home will be taken into account, eliminating as much as possible supplementary installation constructions. The photovoltaic panels will be installed in each user's own yard and the indoor equipment will be mounted in a suitable place inside the house. The power supply of the loads in 220 V; 50 Hz from the solar generator will be done by means of an electric distribution box equipped with an electric power meter and possibly with indicating instruments for current and voltage measuring (d.c. and a.c.).

The loads connected to each solar generator are: refrigerator, compact fluorescent lamp, visual-audio instruments, home appliances. Each owner will be instructed as regards the procedures for the use of the available electric power supplied by the PV plant.

For lighting streets and paths is dedicated the street light set (see fig. 2).

In this newly developed photovoltaic street-and path lighting system, the battery for first time has been integrated invisibly and theft-proof into the pole foundation. As this lamp will be deployed on the edge of streets or paths, the hot dip-galvanized battery enclosure is located such that it can be covered with 5-10 cm gravel layer for protecting battery and electronics against high ambient temperatures. Using an integrated timing device, the lamp can be switched off and on during night.

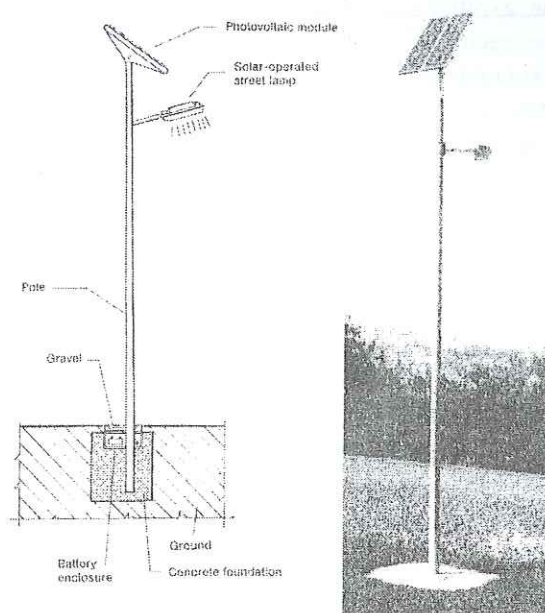


Figure 2 Solar street set for lighting

Street light set consisting of:

- two 53 Wp modules, connected in series (24 V);
- one 8 m steel pole, hot dip-galvanized, with mast cover and module support structure;
- one lamp fixture of cast aluminium, with acrylic cover, 24 V electronic ballast, 18 W or 26 W Dulux fluorescent lamp, switch with daylight sensor, and additional timer;
- one charge regulator LR 7/24 with deep discharge protection;
- two 12 V/100 Ah Varta batteries;
- battery enclosure, hot dip-galvanized, with cover and EDPM-seal for in-ground installation, and with pipe connection into the lamp pole for battery degassing;
- one complete set of neoprene cables for interconnecting all lamp components.

4 Considerations regarding the adopted solution

The solution of centralized systems for PV power supply and lighting of paths in villages has generally been replaced worldwide by that of individual domestic systems (SHS) in consideration of the following reasons:

- the explicit definition of the ownership status for each individual case results in increased responsibility of each user family;
- SHS permits each user to adjust his own electricity consumption according to the power generated by the PV system, which depends on weather conditions;
- elimination of additional costs for construction and installation which would be necessary in the case of centralized systems;
- the experience of some African and Asian countries has shown that, with centralized systems, it is necessary to have a guard at night to prevent possible theft or vandalism;
- the construction of a standard plant which can be implemented at each user's site reduces even more the necessity of minimal technical knowledge for equipment operation and maintenance which has to be acquired by the locals.

The design and construction of these systems is based on the experience and knowledge gained by IPA's specialists in the specific projects which have been developed in the last years in Romania, as well as on the dissemination of the projects results in national and international workshops and conferences. In this sense, we can mention the conclusion in 1996 of the project "Pilot PV/Thermal Power Plant for a Peasant Farm in Romania", accomplished within the Programme JOULE II of DG XII of the European Union, and the conclusion in 1998 of the project "PV ENVIRONMENT - Demonstration of Low Power Standard PV Units for Environmental protection in Isolated Mountain Areas", under the EU Programme INCO-COPERNICUS of DG XVII

The project has a research character and is mainly aimed at raising the awareness of the population in rural areas as regards the facilities offered by the use of photovoltaic systems for satisfying the minimal electric power requirements for domestic use.

Figure 3 shows the PV modules of solar installation used for a rural household.

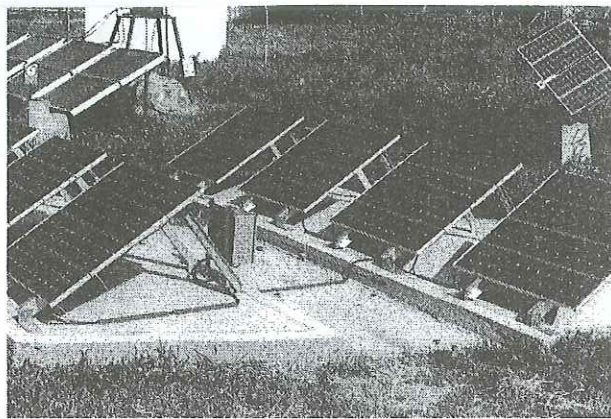


Figure 3 The PV modules of an solar installation used for a rural household

5 Conclusions

The proposed project includes the construction of a pilot plant based on photovoltaic systems which will be a reference in the programme for the electrification of rural settlements in Romania's mountain areas. The further extension of this method of electrification depends on the technical results obtained, on the impact on the local population, and on the financial resources available for the future expansion of such systems in these areas. The electrification of these hamlets, situated in a particularly picturesque geographical area of Romania, will have beneficial effects on the living standard of the inhabitants, and therefore will slow down the young people's migration to towns. It will also be possible to create the conditions necessary for the development of agro-tourism in the region.

RES projects are environmentally friendly and are linked with the rational use of energy. On this basis, the sustainable development of the future world, cleaner, more efficient, more healthy, in a new millenium could be considered.

Learning from the experience of the past, it is imperative to take actions in order to save the Romanian village, birthplace of the nation, and that can only be done by economic development, infrastructure modernization, higher degree of education and culture,

professional prospects for the youth, conservation of positive traditions, sufficiency of energy resources.

References

1. M. S. Imamura, P. Helm and W. Palz, *Photovoltaic System Technology. A European Handbook*, M. S. Stephens Assoc., UK., 1992.
2. A. Akbarzadeh, *Fundamentals of Remote Area Power Supply Systems*, Melbourne, 3000 Victoria, Australia, 1994.
3. M. S. Imamura, *Grid-Connected PV Plants: Field Experiences in Germany and a Pursuit of Higher Solar Energy Collection Efficiency*, PVSEC-7 Proceedings, Nagoya, Japan, 1993.
4. S. Fara, D. Finta, Gh. Micu, *PV/Thermal System in the Romanian Plain. Possibilities to Enhance Performance*, EUROSUN'96 Proceedings - Freiburg, Germany, 1996.
5. S. Fara, D. Finta, *Problems of Village Electrification based on PV Systems in Romania: Individual Solar Home Systems for Settlements in the Cerna Valley*, WREC 98, Firenze, Italy, 1998.



Silvian FARA

Head of RES Department,
IPA SA Bucharest
Calea Floreasca 167, 72321
Bucharest, Romania
Tel.: +40-21/230 22 93
Fax: +40-21/230 70 63

E-mail: sfara@automation.ipa.ro

<http://www.ipa.ro>

Education: Bucharest Polytechnic University, Automation Engineering Faculty. Experience: project manager in various national projects in petrol, chemicals, energy sectors and applications in the field of clean technologies, energy efficiency and environmental protections. In the last years, he has been involved in projects related to renewable energy sources (as Head of RES Department). He was Romanian project manager for three joint R&D projects within EU programmes (Joule II, INCO-Copernicus, Leonardo da Vinci).



Dumitru FINTA

IPA SA Bucharest, RES
Department
Calea Floreasca 167, 72321
Bucharest, Romania
Tel.: +40-21/230 22 93
Fax: +40-21/230 70 63

Education: Bucharest Polytechnic University, Electrotehnic Engineering Faculty. Project Manager in various national projects in petrol, chemical, energy sectors and applications in the field of clean technologies, energy efficiency and environmental

protections. In the ten last years, extensive experience as Project Assistant in joint international R&D projects successfully concluded by IPA SA (Joule II, INCO - Copernicus, Leonardo da Vinci).

Received at 20.12.2002, reviewed at 10.01.2003

References:

Dr. David CARTER

Professor Ramon SAN MARTIN

SISTEME FOTOVOLTAICE DE ILUMINAT PENTRU ZONE RURALE IZOLATE

Rezumat

Sistemele de energie fotovoltaică pot fi opțiuni alternative atractive pentru alimentarea cu energie și iluminarea zonelor rurale izolate. Sistemele autonome PV acoperă o arie largă a aplicațiilor ce pot fi dezvoltate în multe locuri din țară, dar mai ales în zonele depărtate de rețeaua națională de electricitate. Electrificarea caselor și fermelor din zonele rurale izolate prin utilizarea sistemelor PV poate contribui la îmbunătățirea condițiilor sociale, economice și culturale ale oamenilor acestor locuri.

În România sunt estimate aproximativ 10.000 de case, ferme și școli din mai mult de 500 de așezări rurale, care sunt încă neelectrificate și o mare parte dintre acestea ar putea fi electrificate prin utilizarea sistemelor PV.

Această lucrare prezintă în particular cazul a două cătune (Scărișoara și Prisăcina) de pe Valea Cernei - Munții Banatului, care pot fi electrificate prin utilizarea sistemelor PV.

1 Comunități rurale durabile

Se știe foarte bine că printre problemele cu care se confruntă umanitatea în zilele noastre se află și dezechilibrele ecologice masive care încep să pună în primejdie însăși viața pe pământ. Stilul de viață stresant într-un mediu urban poluat, aglomerat, duce adesea la îmbolnăvirea minții, corpului și a sufletului. Avem nevoie de comunități rurale durabile din mai multe motive și anume:

- pentru a realiza un mod de trai în echilibru cu natura;
- pentru a da un alt curs dezvoltării pe scară mică a comunităților rurale;
- pentru a crea locuri de muncă și posibilități de agrement în zonele rurale;
- pentru conservarea metodelor ecologice tradiționale de producerea hranei;
- pentru conservarea diversităților regionale (obiceiuri și mod de trai);
- și ca o demonstrație pentru viitor.

Traicul într-o comunitate durabilă este o demonstrație radicală de trai alternativ. Simplul fapt că oamenii încearcă să-și determine propriile lor condiții economice și sociale într-o comunitate rurală durabilă este o acțiune încurajatoare și un model pentru întreaga societate. Comunitatea ar trebui să încerce să creeze și să mențină o legătură dinamică cu comunitățile urbane, oferind șansa să împărtășească felul lor de viață prin vizite educaționale. În acest fel, practicile ecologice demonstrate în comunitatea rurală pot fi transferate metropolelor și orașelor. Multe aspecte ce țin de activitățile sociale și economice dezvoltate în aceste locuri pot fi aplicate și în orașe, pentru a îmbunătăți calitatea vieții.

Este de asemenea important de menționat că un model de durabilitate într-un anumit loc nu poate fi neapărat un bun exemplu. Evoluția comunității este importantă, ceea ce înseamnă identificarea și satisfacerea nevoilor locale specifice. Nu există soluții unice, fiecare comunitate adaptându-se propriei sale localități.

2 Probleme de electrificare a satelor având la bază sistemele PV

Reduse numai la habitat, nevoile de energie ale populației rurale constau în încălzirea locuințelor, pregătirea hranei, practicarea unor activități meșteșugărești. În sens mai larg, energetica rurală include și necesarul de energie pentru agricultură, servicii, mici activități industriale. În accepțiunea modernă, mediul rural este nu numai consumator de energie ci și generator de surse energetice pentru uz propriu

sau pentru exteriorul zonei (uleiuri vegetale, biomasă). Ca surse de energie regenerabilă, zonele rurale dispun de energie eoliană, energie hidrolică, energie solară și biomasă (animale domestice, lemne, paie, deșeuri vegetale).

În România există o varietate de așezări rurale cu diferite grade de dezvoltare economico-socială și, în multe cazuri, cu elemente specifice așezărilor urbane. Cu toate acestea, există încă un număr destul de însemnat de așezări rurale unde electrificarea este o problemă ce trebuie rezolvată, cum ar fi unele cătune izolate din munții Apuseni, de pe Valea Cernei (munții Banatului) ori din Delta Dunării. Condițiile dificile de acces și distanțele foarte mari față de rețeaua națională de electricitate nu au permis până în prezent electrificarea lor. Pornind de la aceste considerente, localitățile izolate ar trebui incluse în programul național de electrificare și una dintre alternativele fezabile pentru electrificarea acestora poate fi și utilizarea sistemelor fotovoltaice independente SHS.

Guvernul German a oferit cu câțiva ani în urmă o importantă oportunitate de co-finanțare a unui proiect pentru România, în cadrul Programului ELDORADO, destinat acestui scop. Proiectul nu a putut fi demarat datorită unei atitudini negative, la acel moment, din partea autorității naționale, responsabile cu producerea și distribuția energiei electrice în România. Proiectul includea într-o primă etapă electrificarea caselor și iluminarea ulițelor pentru două cătune de pe Valea Cernei (Scărișoara și Prisăcina), care au un număr total de 18 case, două școli și o biserică.

Electrificarea acestora de la rețea nu a fost posibilă datorită dispersării pe o arie largă a locuințelor și a distanțelor mari dinte ele, a accesului foarte dificil în zonă (singurele posibilități de acces fiind mersul pe jos sau călare). În baza unui studiu de fezabilitate a rezultat că electrificarea integrală a acestei zone (14 cătune de pe Valea Cernei) ar fi posibilă pe baza soluțiilor de utilizare a sistemelor PV (45 de sisteme independente SHS).

3 Soluții tehnice

Lucrarea de față prezintă elementele principale care stau la baza utilizării sistemelor individuale SHS, pentru cazul particular avut în vedere și anume electrificarea unui număr de 18 case, două școli, un cămin cultural și o biserică și iluminarea ulițelor din cele două cătune menționate mai sus. Puterea instalată luată în considerare pentru fiecare unitate este de aproximativ 400 W, avându-se în vedere realizarea unui număr de 22 de sisteme SHS. Consumul mediu zilnic de electricitate estimat va fi de aproximativ 2,5 kWh în perioada de iarnă și de aproximativ 1,5 kWh în perioada de vară. Soluția tehnică adoptată este unitară, schema bloc a unui sistem SHS fiind prezentată în figura 1.

Radiația solară este convertită direct în energie electrică, prin intermediul modulelor fotovoltaice, sistemul fiind prevăzut cu elemente de protecție la supracurent, supratensiune și legare la pământ. Sistemul este astfel dimensionat încât energia electrică produsă să asigure necesarul de energie luat în calcul pentru un vârf de sarcină mediu și pentru stocarea unei anumite cantități de energie în baterii, pentru a fi utilizată în perioadele de timp în care radiația solară este scăzută sau nulă (noaptea și în zilele noroase și cu nebulozitate mare). Conversia din 24 Vc.c în 220 Vc.a. este asigurată de un invertor sinusoidal. Regimul de încărcare – descărcare al bateriilor cât și variațiile consumului de energie din sistem sunt controlate automat de regulatorul de sarcină, care reprezintă de fapt inima sistemului.

Un sistem SHS tipic constă din:

- Generatorul fotovoltaic: 12 module PV – putere totală instalată 600 Wp*; 12 Vc.c. (*Wp-watt peak; puterea de vârf în condiții standard de testare; Masa aerului $AM=1,5$; Radiația solară $E=1000 \text{ W/m}^2$; Temperatura celulei $T_c=25^\circ\text{C}$)
- Bateriile de stocare: 24 Vc.c., 500Ah, C100. Bateriile cu gel au avantajul că nu necesită spațiu separat pentru amplasare;
- Autonomia sistemului: 4 - 5 zile în condiții fără soare;

- Regulatorul de sarcină : 30 A; 24 Vc.c.
- Invertorul: 24 V c.c./230 V c.a; 1500 VA.
- Ramele metalice pentru montarea modulelor PV; unghiul de înclinare față de orizontală (între 30° și 55° , funcție de sezon), reglajul putându-se realiza manual; orientarea modulelor PV: cu fața spre sud.

La instalarea aparatelor și echipamentelor sistemului trebuie avute în vedere caracteristicile constructive specifice fiecărei case, astfel încât să fie eliminate pe cât posibil elementele de construcție suplimentare care ar influența în final costurile de instalare. Astfel, panourile fotovoltaice pot fi montate de fiecare utilizator la nivelul solului, în curtea proprie sau în anumite cazuri, pe acoperișul casei, iar echipamentele de interior (bateriile de stocare, regulatorul, invertorul, aparatura de protecție și distribuție) pot fi instalate în locurile cele mai adecvate din interiorul locuinței. Alimentarea consumatorilor (220 V; 50 Hz) de la generatorul solar se realizează prin utilizarea unei cutii de distribuție echipate cu aparatura de protecție necesară, cu un contor de energie electrică și, pe cât posibil, cu aparate indicatoare pentru măsurarea în principal a curentului și tensiunii (atât în c.a. cât și în c.c.).

Receptoarele conectate la un generator solar-SHS pot fi: un frigider, lămpi fluorescente economice compacte, aparatură audio-vizuală, aparatură electro-casnică. Fiecare proprietar trebuie instruit în vederea utilizării în mod rațional a energiei electrice livrate de propriul generator fotovoltaic.

În cadrul acestui proiect de electrificare a două mici așezări rurale, pe lângă asigurarea necesarului minim de electricitate fiecărei locuințe, este de asemenea foarte importantă iluminarea ulițelor. În acest scop, pot fi utilizate unități fotovoltaice individuale pentru iluminatul stradal, un astfel de ansamblu fiind prezentat în figura 2.

Această soluție prezintă o noutate prin faptul că bateria de stocare a energiei nu este la vedere, ea fiind montată în fundația de la baza stâlpului. Prin utilizarea unui programator de timp integrat, lampa poate fi aprinsă pe timpul nopții.

Un set (o unitate) de iluminat stradal constă din:

- două module de 53 Wp, conectate în serie (24 V c.c.);
- un stâlp din oțel galvanizat de 8 m înălțime, pe vârful căruia este fixată structura metalică pentru montarea modulelor PV;
- o carcasă fixă din aluminiu care conține, un balast electronic de 24 V, o lampă fluorescentă de 18 W sau 26 W Dulux, un întreruptor cu senzor de lumină și un programator de timp;
- un regulator de încărcare LR 7/24 cu protecție la descărcări profunde;
- două baterii Varta de 12 V/100 Ah;
- un set complet de cabluri din neopren pentru interconectarea lămpii cu celelalte componente montate pe stâlp.

4 Considerații privind soluțiile adoptate

Pe plan mondial, metoda sistemelor centralizate de energie furnizată de PV a fost mai mult sau mai puțin abandonată și înlocuită cu sistemele individuale casnice SHS, din următoarele motive:

- definirea clară a statutului de proprietate pentru fiecare caz implică responsabilitate mărită pentru fiecare utilizator;
- SHS permite fiecărui consumator reglarea consumului de electricitate la electricitatea oferită în condiții meteorologice schimbătoare;
- eliminarea costurilor suplimentare de instalare;
- experiența unor țări din Africa și Asia a demonstrat necesitatea în cazul sistemelor centralizate a prezenței unui paznic pentru a preveni eventuale furturi și vandalisme;
- realizarea unei instalații standard ce va fi implementată la un anumit obiectiv oferă posibilitatea însușirii rapide a minimumului de cunoștințe tehnice pentru exploatare și întreținere de către localnici.

Proiectarea și instalarea unor astfel de sisteme PV se pot baza pe experiența și cunoștințele specialiștilor de la IPA, acumulate pe perioada realizării în ultimii ani a unor proiecte pilot demonstrative în România. În acest sens pot fi menționate finalizarea în 1996 a proiectului "Stație pilot termo-fotovoltaică pentru o fermă țărănească în România" - în cadrul Programului JOULE II - DG XII al UE și finalizarea în 1998 a proiectului "Unități PV demonstrative de mică putere pentru protecția mediului în zone montane izolate" - în cadrul Programului INCO-COPERNICUS - DG XVII al UE.

Aceste proiecte au avut un caracter demonstrativ, cu scopul popularizării în rândul populației din mediul rural, și nu numai, a facilităților oferite de sistemele PV ca o alternativă fezabilă de alimentare cu energie electrică în situațiile prezentate în lucrare (consumatorii de energie sunt amplasați la distanțe mari față de rețea iar necesarul de energie estimat nu este foarte mare).

Figura 3 prezintă aria modulelor PV din cadrul unei instalații solare fotovoltaice utilizate pentru alimentarea unei gospodării rurale.

5 Concluzii

Concluzia generală care se desprinde din această lucrare este aceea că soluțiile tehnice prezentate pot fi fezabile atât tehnic cât și economic în acele zone rurale unde condițiile de acces sunt grele și rețeaua națională este situată la distanțe mari. Luarea în considerare de către factorii responsabili din sectorul producerii și distribuției energiei electrice și a acestor alternative de electrificare și crearea unor fonduri speciale destinate acestui scop, ar putea rezolva, fie și parțial, într-un viitor apropiat, problema electrificării satelor din zonele montane izolate.

PUBLIC LIGHTING DESIGN: ECONOMIC OPTIMIZATION AN EXAMPLE*

Luciano Di FRAIA

University of Naples "Federico II" - Naples, Italy

Abstract

The complex problem of optimizing the design of a road lighting system from an economic stand point was already considered from a theoretical point of view in a previous paper published in this review [1].

Here, a thoroughly worked out example of optimization process is provided in order to better understand and quantify some aspects of the problem, such as the savings obtainable, the level of influence of the various parameters involved and the difficulties.

The data obtained indicates that the luminaire optic is a key factor and that the luminaire overhang and tilt angle have much more influence than commonly believed. It results also apparent that no practical criterion is good for a real optimization, since the optimal solution is strongly dependent from case to case.

1 Introduction

A road lighting system is defined by the following elements and parameters: lamp, luminaire, pole spacing (s), mounting height (h) overhang (b), tilt angle (t), pole arrangement (single sided, opposite etc.), maintenance factor, maintenance programme.

A common process of designing a lighting system consists of finding a combination of the above parameters meeting the desired photometric requirements (national code or CIE standard or CEN standard). This is a rather easy task. Instead, more difficult is to find the combination providing the *minimum* overall annual cost (*optimal* solution), because this requires all the possible combinations of the

above parameters to be explored. Even considering only one luminaire/lamp unit, these combinations can be many and many, even millions.

In this paper, a worked out example of optimization process aimed at better understanding the terms of the problem is given, indicating a practical procedure to follow and quantifying the considerable economic benefits yielded by optimization.

This optimization example helps also to quantify the impact on the optimal solution of the luminaire optic and of the luminaire tilt angle and overhang.

In this example, the maintenance factor is fixed. Thus, for a certain luminaire/lamp unit, the optimization process is focused on minimizing the sum of the installation and energy costs, being constant the maintenance cost. Since this sum is inversely proportional to the spacing, it will be sufficient to search for the maximum spacing compatible with the given lighting requirements.

2 Optimization process

The procedure followed in this paper to perform the optimization of the design of a road lighting system consists of considering the parameters h , b and t as independent variables and the spacing s as the dependent one. In other words, given the luminaire/lamp unit, the type of arrangement and the maintenance factor, a triplet of values is given to the parameters h , b

* This paper is an expanded version of the paper presented at the 12th International Conference "Light 2001", Slovak [2].

and t and the maximum value for the spacing s among all those compatible with the lighting requirements is searched for. This lighting configuration represents a *sub optimal* solution. Then, this procedure is repeated as many times as the combinations of h , b and t to be explored are. The number of these combinations depends on the ranges within which such parameters are wanted to be varied. For example, if the range is of 7 values for h , 5 for b and 4 for t , the resulting combinations to be explored are 140. It is noted that, whatever s , there will be combinations not meeting the requirements. This will obviously depend on the severity of the lighting requirements assumed.

In the optimization process example, the input data were:

- road: width: 2 x 3.5 m; type of surface: C2; $Q_o=0.07$ cd/m²/lx;
- photometric requirements: according to the lighting class ME 3c of the CEN European Standard [3]: average maintained luminance: $L \geq 1$ cd/m²; overall uniformity: $U_o \geq 0.4$; longitudinal uniformity: $U_l \geq 0.5$; treshold increment: $TI \leq 15\%$;
- maintenance factor: 0.8;
- pole arrangement: single sided.

Regarding the luminaire and the lamp, the following 7 luminaire/lamp units, chosen from the catalogues of two important manufacturers (conventionally named Ph and Fa), were considered: Ph A 150W, Ph B 150W, Ph A 100W, Fa K 150W, Fa J 150W, Ph A 70W, Fa J 70W; type of lamp: high pressure sodium.

For each of the above luminaire/lamp unit, the following ranges were explored for the parameters h , b and t :

$$h \text{ (m)} = [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]$$

$$b \text{ (m)} = [0, 0.5, 1, 1.5]$$

$$t \text{ (}^\circ\text{)} = [0, 5, 10, 15]$$

for resulting 112 combinations. Since the luminaire/lamp units are 7, the overall number of combinations is 784. For each of such combinations, the values, if any, for the spacing s complying with the given photometric requirements are to be determined. It results that a same combination can provide many useful values for s , among which only the maximum one compatible with the photometric requirements (sub optimal solution) is of interest in an optimization process. Such sub

optimal solutions are reported in Table 1a. In the case of this example, 230 sub optimal solutions were obtained. They are listed in order of decreasing spacing and the relevant photometric performances are indicated too.

Table 1b summarizes, for an easy comparison, the best solutions found for each of the seven considered luminaire/lamp units.

This investigation was then repeated for other three lighting classes, more stringent than the ME 3c one: ME 3b ($U_l \geq 0.6$), ME 3a ($U_l \geq 0.7$) and the CIE ME 3 class ($TI \leq 10\%$) [4]. The results obtained are shown in Tables 2a-4a, from which it is seen that, when passing from the requirements of the ME 3c lighting class to those of the ME 3b class, the solutions indicated in Table 1a still complying with the latter requirements reduce to 184. When imposing the requirements of the ME 3a and CIE M3 lighting classes, the useful solutions reduce furtherly to respectively 148 and 139.

Tables 2b-4b compare the best solutions found for the seven luminaire/lamp units for each of the above lighting classes.

From data obtained it results also that the spacing is very sensitive to the tilt angle and overhang. A variation of one of them can cause a large variation of s , as shown in Table 5, where, for each luminaire/lamp unit considered, are reported the reductions ($\Delta s\%$) of s_{max} occurring when t and b are singularly varied from their optimal values. It is seen that b or t can even condition the validity of a solution.

Since these parameters have little influence on the cost, particularly the tilt angle, it is therefore of great importance to accurately choose them.

3 Conclusions

The results obtained in this work show that:

- the optimization of the design of a road lighting system from an economic stand point can yield considerable cost savings over solutions not optimized.
- for a same optic, the maximum spacing is yielded by the lamp of higher wattage, but this does not exclude that a lower energy consumption can be accomplished with the lamp of lower wattage.

- the geometrical parameters b and t have a much more than commonly believed influence on the performances of a lighting systems and hence on the spacing between the poles. Even they can prevent a solution from complying with the design requirements.
- each specific case requires its own optimal solution to be found; this strongly varies from luminaire to luminaire and, as will be shown in a next paper, from road to road. Practical criteria suggested in the specialized literature, such as that of the mounting height equal to the road width and alike, have little, if any, validity.

A paper dealing with the impact of maintenance and of the energy consumption on the optimal solution and taking into account typical unit costs of equipments and labor is under preparation.

References

- [1] Di Fraia, Luciano, "A rational procedure for designing optimum road lighting systems", *Ingenieria Illuminatului* nr. 1 - 1999
- [2] Di Fraia, Luciano, "Public lighting benefits: economy and energy aspects, design optimization, standards", Proceedings of the 12th International Conference "Light 2001", Slovak
- [3] CEN Road Lighting - Part2: *Performance requirements*, draft pr EN 13201-2, 2002
- [4] Commission Internationale de l'Eclairage: *Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrians traffic*. Publication CIE 115-1995



Prof. ing. Luciano Di FRAIA
 Professor of Lighting
 Electrical Engineering Department
 University of Naples "Federico II"
 Via Claudio 21
 80125 Naples, Italy
 Tel./Fax: + 39. 081. 7611957
 e-mail: difraia@unina.it

Received at 21.01.2003

Table 1a List of the combinations providing the maximum spacings (sub optimal solutions) found for each of the combinations resulting from: 7 luminaire/lamp units (as indicated in the text), 7 mounting heights (h), 4 tilt angles (t), 4 overhangs (b) (total number of combinations: 784; number of combinations complying with the requirements: 230) Solutions listed in order of decreasing spacing.

Ranges explored: h : from 5 to 11 m, step 1 m;

t : from 0 to 15°, step 5°;

b : from 0 to 1.5 m, step 0.5 m.

Requirements: according to the lighting class ME 3c of the CEN European Standard, draft Pren 13201-2:2002 [3] ($L \geq 1 \text{ cd/m}^2$, $U_0 \geq 0.4$, $U_L \geq 0.5$, $TI (\%) \leq 15$)

• Road: width: $w=2 \times 3,5 \text{ m}$ asphalt C2 $Q_o = 0.07 \text{ cd/m}^2/\text{lx}$

• Arrangement: single sided (right) • Lamp: HPS • $MF (\%) = 80$

Order	Luminaire/lamp unit	h (m)	t (°)	b (m)	s (m)	Performances			
						L (cd/m^2)	U_0	U_L	TI (%)
1	Ph A 150W	11	10	1.5	49.5	1.0	0.42	0.57	11.3
2	Ph A 150W	11	15	1.5	48.5	1.0	0.52	0.55	11.0
3	Ph A 150W	10	15	1.5	48	1.1	0.42	0.51	12.8
4	Ph B 150W	9	0	1	47.5	1.1	0.41	0.50	14.1
5	Ph B 150W	9	5	1	47.5	1.0	0.47	0.53	13.5
6	Ph B 150W	9	5	1.5	47.5	1.0	0.49	0.51	12.7
7	Ph B 150W	10	0	1.5	47.5	1.0	0.53	0.61	10.9
8	Ph A 150W	11	10	1	47.5	1.0	0.42	0.61	11.4
9	Ph A 150W	11	15	1	47.5	1.0	0.48	0.59	11.2
10	Ph B 150W	9	5	0.5	47	1.0	0.45	0.54	14.2
11	Ph B 150W	9	0	1.5	47	1.1	0.45	0.51	13.1
12	Ph B 150W	10	0	1	47	1.0	0.50	0.62	11.4
13	Ph A 150W	10	15	1	47	1.1	0.40	0.53	12.8
14	Ph B 150W	10	0	0.5	46.5	1.0	0.47	0.61	12.0

15	Ph B 150W	9	5	0	46	1.0	0.44	0.56	14.7
16	Ph A 150W	11	15	0.5	46	1.0	0.46	0.63	11.4
17	Ph B 150W	9	0	0.5	45.5	1.1	0.40	0.55	14.6
18	Ph B 150W	10	0	0	45	1.0	0.45	0.66	12.3
19	Ph A 150W	11	10	0.5	45	1.0	0.40	0.64	11.4
20	Ph A 150W	11	5	1.5	45	1.1	0.40	0.63	10.9
21	Ph A 150W	10	15	0.5	44.5	1.1	0.40	0.60	13.1
22	Ph A 150W	11	15	0	44.5	1.0	0.43	0.65	11.4
23	Ph B 150W	8	15	0.5	44	1.0	0.52	0.50	15.8
24	Ph B 150W	9	10	0.5	44	1.0	0.52	0.61	13.0
25	Ph B 150W	9	10	1	44	1.0	0.54	0.61	12.5
26	Ph A 150W	10	10	1.5	44	1.2	0.41	0.59	12.3
27	Ph B 150W	8	10	0	43.5	1.1	0.45	0.51	17.1
28	Ph B 150W	8	15	0	43.5	1.0	0.51	0.52	16.5
29	Ph B 150W	8	10	0.5	43.5	1.1	0.47	0.50	16.3
30	Ph B 150W	8	10	1.5	43.5	1.1	0.48	0.50	14.0
31	Ph B 150W	8	15	1.5	43.5	1.0	0.48	0.50	13.5
32	Ph B 150W	9	10	0	43.5	1.0	0.50	0.62	13.5
33	Ph B 150W	9	10	1.5	43.5	1.0	0.58	0.63	11.5
34	Ph B 150W	10	5	0.5	43.5	1.0	0.56	0.73	11.0
35	Ph B 150W	10	5	1	43.5	1.0	0.59	0.73	10.7
36	Ph B 150W	11	0	1	43.5	1.0	0.61	0.77	9.2
37	Ph B 150W	11	0	1.5	43.5	1.0	0.64	0.77	8.9
38	Ph B 150W	8	5	0.5	43	1.2	0.41	0.51	16.8
39	Ph B 150W	8	5	1	43	1.2	0.43	0.51	15.8
40	Ph B 150W	8	10	1	43	1.1	0.49	0.51	15.1
41	Ph B 150W	8	15	1	43	1.0	0.54	0.50	14.7
42	Ph B 150W	8	5	1.5	43	1.2	0.46	0.50	14.6
43	Ph B 150W	10	5	1.5	43	1.0	0.62	0.74	10.0
44	Ph B 150W	11	0	0.5	43	1.0	0.57	0.78	9.5
45	Ph B 150W	10	5	0	42.5	1.0	0.54	0.73	11.3
46	Ph B 150W	8	0	1.5	42	1.3	0.42	0.51	15.1
47	Ph A 150W	9	15	1.5	42	1.3	0.41	0.52	14.0
48	Ph B 150W	11	0	0	41.5	1.0	0.54	0.77	9.8
49	Ph B 150W	8	5	0	40	1.2	0.40	0.58	16.8
50	Ph A 150W	10	10	1	40	1.3	0.41	0.64	12.0
51	Ph B 150W	11	5	0.5	40	1.0	0.60	0.73	9.0
52	Ph B 150W	11	5	1	40	1.0	0.63	0.76	8.6
53	Ph B 150W	8	0	1	39.5	1.4	0.40	0.57	15.5
54	Ph B 150W	9	15	0	39.5	1.0	0.57	0.65	12.5
55	Ph B 150W	9	15	0.5	39.5	1.0	0.59	0.70	11.9
56	Ph B 150W	9	15	1	39.5	1.0	0.62	0.75	11.1
57	Ph B 150W	10	10	0	39.5	1.0	0.56	0.66	10.6
58	Ph B 150W	10	10	0.5	39.5	1.0	0.59	0.70	10.2
59	Ph B 150W	10	10	1	39.5	1.0	0.62	0.74	9.6
60	Ph B 150W	11	5	0	39.5	1.0	0.58	0.70	9.2
61	Ph B 150W	11	5	1.5	39.5	1.0	0.68	0.79	8.1
62	Ph B 150W	9	0	0	39	1.2	0.40	0.69	13.7
63	Ph A 150W	9	15	1	39	1.4	0.40	0.60	13.9
64	Ph B 150W	10	10	1.5	39	1.0	0.66	0.76	9.0
65	Ph A 150W	11	5	1	39	1.2	0.40	0.75	10.5
66	Ph B 150W	7	15	0	38.5	1.3	0.48	0.54	19.8
67	Ph B 150W	7	10	0.5	38.5	1.4	0.43	0.50	19.6
68	Ph B 150W	7	15	0.5	38.5	1.3	0.51	0.51	18.8

69	Ph B 150W	9	15	1.5	38.5	1.0	0.67	0.76	10.3
70	Ph B 150W	7	10	1	38	1.4	0.47	0.51	18.1
71	Ph B 150W	7	15	1	38	1.3	0.53	0.50	17.1
72	Ph B 150W	7	10	1.5	38	1.4	0.48	0.50	16.4
73	Ph B 150W	7	15	1.5	38	1.3	0.47	0.50	15.7
74	Ph B 150W	7	5	1	37.5	1.5	0.40	0.52	18.8
75	Ph B 150W	7	5	1.5	37.5	1.5	0.44	0.52	17.2
76	Ph A 150W	10	15	0	37.5	1.3	0.40	0.72	12.0
77	Ph B 150W	7	10	0	37	1.4	0.42	0.56	20.0
78	Ph A 100W	9	15	1.5	37	1.0	0.46	0.51	12.3
79	Ph B 150W	11	10	0.5	37	1.0	0.68	0.77	8.2
80	Ph A 100W	9	15	1	36.5	1.0	0.40	0.55	12.7
81	Fa K 150W	10	15	0.5	36.5	1.0	0.42	0.51	5.8
82	Fa K 150W	10	10	1.5	36.5	1.0	0.43	0.50	5.7
83	Ph B 150W	11	10	0	36.5	1.0	0.64	0.75	8.5
84	Ph B 150W	11	10	1	36.5	1.0	0.72	0.78	7.8
85	Ph B 150W	10	15	0	36	1.0	0.65	0.72	9.7
86	Ph B 150W	10	15	0.5	36	1.0	0.67	0.72	9.2
87	Ph A 100W	10	10	1.5	36	1.0	0.45	0.65	10.1
88	Fa K 150W	11	10	1	36	1.0	0.40	0.52	4.9
89	Ph B 150W	11	10	1.5	36	1.0	0.73	0.80	7.5
90	Fa K 150W	11	10	1.5	36	1.0	0.44	0.50	4.8
91	Ph A 150W	9	10	1.5	35.5	1.6	0.41	0.66	12.7
92	Ph B 150W	10	15	1	35.5	1.0	0.71	0.76	8.8
93	Ph B 150W	10	15	1.5	35	1.0	0.75	0.77	8.1
94	Ph A 100W	10	15	1.5	35	1.0	0.54	0.62	10.0
95	Ph A 100W	10	15	1	34.5	1.0	0.49	0.65	10.3
96	Fa K 150W	11	15	0.5	34.5	1.0	0.44	0.50	4.9
97	Ph A 150W	8	15	1.5	34	1.8	0.40	0.59	15.0
98	Fa K 150W	10	15	1	34	1.0	0.46	0.50	5.6
99	Ph A 150W	10	5	1.5	34	1.5	0.40	0.77	10.8
100	Ph A 150W	11	10	0	34	1.3	0.40	0.83	9.9
101	Ph A 100W	11	10	1.5	34	1.0	0.52	0.71	8.4
102	Ph A 100W	10	15	0.5	33.5	1.0	0.44	0.71	10.4
103	Fa K 150W	11	15	0	33.5	1.0	0.42	0.54	5.0
104	Fa K 150W	11	15	1	33.5	1.0	0.51	0.51	4.8
105	Ph A 100W	11	5	1.5	33.5	1.0	0.42	0.75	8.5
106	Fa K 150W	11	15	1.5	33.5	1.0	0.57	0.50	4.2
107	Ph B 150W	11	15	0	33	1.0	0.75	0.80	8.0
108	Ph A 100W	11	10	1	33	1.0	0.46	0.77	8.6
109	Ph B 150W	7	0	1.5	32.5	1.8	0.40	0.66	16.2
110	Ph B 150W	11	15	0.5	32.5	1.0	0.77	0.78	7.6
111	Ph B 150W	11	15	1	32.5	1.0	0.80	0.78	7.2
112	Ph A 100W	11	15	1	32.5	1.0	0.57	0.74	8.4
113	Ph A 100W	11	15	1.5	32.5	1.0	0.63	0.71	8.3
114	Ph B 150W	11	15	1.5	32	1.0	0.77	0.78	6.8
115	Ph A 100W	8	15	1.5	31.5	1.3	0.40	0.56	13.7
116	Ph A 100W	11	10	0.5	31.5	1.0	0.41	0.83	8.6
117	Ph A 100W	11	15	0.5	31.5	1.0	0.51	0.81	8.5
118	Fa K 150W	9	15	1	31	1.2	0.41	0.50	6.2
119	Ph A 100W	10	15	0	30.5	1.1	0.40	0.81	10.1
120	Ph A 100W	10	10	1	30.5	1.2	0.40	0.75	9.6
121	Ph A 100W	11	15	0	30.5	1.0	0.47	0.86	8.5
122	Fa K 150W	11	5	1.5	30	1.1	0.40	0.61	4.7

123	Fa K 150W	11	10	0.5	29.5	1.1	0.40	0.65	4.7
124	Ph A 150W	9	15	0.5	29	1.8	0.40	0.80	12.1
125	Ph B 150W	7	5	0.5	28.5	1.9	0.41	0.75	16.3
126	Fa K 150W	10	15	1.5	28.5	1.3	0.52	0.53	4.7
127	Ph B 150W	8	0	0.5	28	1.9	0.40	0.80	12.9
128	Fa K 150W	9	15	1.5	27	1.4	0.45	0.50	5.4
129	Fa K 150W	10	15	0	27	1.2	0.40	0.65	5.2
130	Fa K 150W	10	10	1	27	1.3	0.40	0.50	5.1
131	Fa K 150W	11	10	0	27	1.2	0.40	0.72	4.7
132	Ph A 150W	10	10	0.5	25	1.9	0.40	0.83	9.5
133	Fa K 150W	11	5	1	25	1.3	0.40	0.76	4.4
134	Fa K 150W	8	15	1.5	24	1.7	0.42	0.50	6.1
135	Ph A 100W	9	10	1.5	23.5	1.6	0.40	0.85	9.5
136	Ph A 70W	9	15	1.5	23.5	1.0	0.40	0.86	9.7
137	Fa K 150W	10	10	0.5	23.5	1.5	0.40	0.72	4.9
138	Fa K 150W	10	5	1.5	23.5	1.6	0.40	0.70	4.7
139	Fa K 150W	9	15	0.5	23	1.6	0.40	0.61	5.7
140	Fa K 150W	9	10	1.5	23	1.7	0.40	0.57	5.4
141	Ph A 100W	9	15	0.5	22.5	1.6	0.40	0.85	9.8
142	Ph B 150W	7	0	1	22	2.6	0.40	0.80	13.3
143	Ph A 70W	10	15	1.5	22	1.0	0.48	0.78	7.7
144	Ph A 70W	10	15	1	21.5	1.0	0.42	0.84	7.8
145	Fa J 70W	6	15	1	21	1.0	0.42	0.64	12.6
146	Fa J 70W	6	15	1.5	21	1.0	0.42	0.73	6.8
147	Fa J 70W	7	10	1	21	1.0	0.41	0.70	9.6
148	Fa J 70W	7	10	1.5	21	1.0	0.49	0.70	8.5
149	Fa J 70W	8	5	1	21	1.0	0.42	0.79	7.6
150	Fa J 70W	8	5	1.5	21	1.0	0.48	0.78	7.1
151	Fa J 70W	9	0	1.5	21	1.0	0.46	0.81	5.9
152	Ph A 70W	11	10	1.5	21	1.0	0.43	0.88	6.4
153	Ph A 70W	11	15	1.5	21	1.0	0.53	0.82	6.6
154	Fa J 70W	7	10	0.5	20.5	1.0	0.40	0.74	10.1
155	Ph A 150W	8	15	1	20.5	2.8	0.40	0.82	11.7
156	Fa K 150W	8	15	1	20.5	2.0	0.40	0.60	6.3
157	Fa J 70W	8	0	1.5	20.5	1.0	0.40	0.76	7.3
158	Fa J 70W	9	0	1	20.5	1.0	0.40	0.78	6.1
159	Ph A 70W	11	15	1	20.5	1.0	0.47	0.83	6.5
160	Fa J 70W	8	5	0.5	20	1.0	0.40	0.79	7.5
161	Fa J 150W	11	15	1.5	20	1.5	0.40	0.87	4.4
162	Fa J 70W	6	15	0.5	19.5	1.1	0.41	0.70	14.8
163	Fa J 70W	7	15	0.5	19.5	1.0	0.52	0.83	9.3
164	Fa J 70W	7	15	1	19.5	1.0	0.59	0.79	8.4
165	Fa J 70W	8	10	0.5	19.5	1.0	0.51	0.87	7.4
166	Fa J 70W	8	10	1	19.5	1.0	0.55	0.88	6.9
167	Fa J 70W	8	10	1.5	19.5	1.0	0.52	0.79	6.3
168	Fa J 70W	9	5	0.5	19.5	1.0	0.46	0.90	6.0
169	Fa J 70W	9	5	1	19.5	1.0	0.55	0.92	5.8
170	Fa J 70W	9	5	1.5	19.5	1.0	0.40	0.90	5.4
171	Fa J 70W	10	0	1	19.5	1.0	0.49	0.79	4.9
172	Fa J 70W	10	0	1.5	19.5	1.0	0.56	0.82	4.7
173	Ph A 70W	11	15	0.5	19.5	1.0	0.43	0.87	6.5
174	Fa J 70W	7	15	0	19	1.0	0.47	0.84	10.9
175	Fa J 70W	7	5	1.5	19	1.1	0.42	0.77	8.5
176	Fa J 70W	7	15	1.5	19	1.0	0.47	0.78	7.4

177	Fa J 70W	8	10	0	19	1.0	0.42	0.80	8.4
178	Fa J 70W	6	10	1.5	18.5	1.2	0.40	0.69	10.6
179	Fa J 70W	9	5	0	18.5	1.0	0.40	0.76	6.1
180	Ph A 150W	9	15	0	18.5	2.7	0.40	0.86	9.8
181	Fa J 70W	10	0	0.5	18.5	1.0	0.41	0.77	4.9
182	Fa J 70W	10	5	1	18.5	1.0	0.62	0.80	4.8
183	Ph A 150W	11	0	1.5	18.5	2.5	0.40	0.87	7.0
184	Fa J 70W	11	0	1.5	18.5	1.0	0.61	0.85	3.9
185	Fa J 70W	8	15	0	18	1.0	0.56	0.89	7.9
186	Fa J 70W	8	15	0.5	18	1.0	0.62	0.88	6.8
187	Fa J 70W	8	15	1	18	1.0	0.61	0.81	6.3
188	Fa J 70W	9	10	0	18	1.0	0.53	0.80	5.9
189	Fa J 70W	9	10	0.5	18	1.0	0.60	0.83	5.7
190	Ph A 150W	9	10	1	18	3.0	0.40	0.86	9.2
191	Fa J 70W	9	10	1	18	1.0	0.65	0.90	5.4
192	Fa J 70W	9	10	1.5	18	1.0	0.56	0.86	5.0
193	Fa J 70W	10	5	0	18	1.0	0.50	0.79	5.0
194	Fa J 70W	10	5	0.5	18	1.0	0.55	0.83	4.8
195	Fa J 70W	10	5	1.5	18	1.0	0.62	0.82	4.4
196	Fa J 70W	11	0	0.5	18	1.0	0.48	0.81	4.1
197	Fa J 70W	11	0	1	18	1.0	0.54	0.81	4.0
198	Fa J 70W	8	15	1.5	17.5	1.0	0.52	0.79	5.2
199	Fa J 70W	10	10	0	17	1.0	0.62	0.85	4.7
200	Fa J 70W	10	10	0.5	17	1.0	0.67	0.84	4.6
201	Fa J 70W	11	0	0	17	1.0	0.43	0.83	4.1
202	Fa J 70W	11	5	0	17	1.0	0.54	0.85	4.0
203	Ph A 100W	11	10	0	17	1.8	0.40	0.89	6.5
204	Ph A 150W	11	5	0.5	17	2.6	0.40	0.88	6.9
205	Fa J 70W	11	5	0.5	17	1.0	0.60	0.86	4.0
206	Fa J 70W	11	5	1	17	1.0	0.67	0.86	3.8
207	Fa J 70W	11	5	1.5	17	1.0	0.66	0.86	3.7
208	Fa J 70W	9	15	0	16.5	1.0	0.66	0.82	5.6
209	Fa J 70W	9	15	0.5	16.5	1.0	0.68	0.83	5.3
210	Fa J 70W	10	10	1	16.5	1.0	0.65	0.85	4.3
211	Fa J 70W	10	10	1.5	16.5	1.0	0.56	0.84	4.2
212	Fa J 70W	9	15	1	16	1.0	0.59	0.83	4.8
213	Fa J 70W	9	15	1.5	15.5	1.0	0.52	0.82	4.3
214	Fa J 70W	10	15	0	15.5	1.0	0.72	0.90	4.5
215	Fa J 70W	11	10	0	15.5	1.0	0.64	0.90	3.8
216	Fa J 70W	11	10	0.5	15.5	1.0	0.71	0.89	3.7
217	Fa J 70W	11	10	1	15.5	1.0	0.69	0.89	3.6
218	Fa J 70W	5	15	1.5	15	1.5	0.42	0.68	12.9
219	Fa J 70W	10	15	0.5	15	1.0	0.71	0.90	4.2
220	Fa J 70W	11	10	1.5	15	1.0	0.61	0.84	3.5
221	Fa J 70W	10	15	1	14.5	1.0	0.63	0.81	4.0
222	Fa J 70W	10	15	1.5	14.5	1.0	0.58	0.83	3.6
223	Fa J 70W	11	15	0	14	1.0	0.77	0.88	3.6
224	Fa J 70W	11	15	0.5	14	1.0	0.69	0.85	3.6
225	Fa K 150W	9	10	1	13.5	2.9	0.40	0.90	4.6
226	Fa J 70W	11	15	1	13.5	1.0	0.65	0.85	3.4
227	Fa J 70W	11	15	1.5	13	1.0	0.60	0.85	3.0
228	Ph A 150W	7	15	1.5	12.5	5.1	0.40	0.87	11.1
229	Ph B 150W	7	5	0	12	4.3	0.40	0.91	10.5
230	Ph B 150W	8	0	0	12	4.1	0.40	0.91	8.4

Table 1b Comparison of the best solutions for the considered seven luminaire/lamp units among those listed in Table 1a

Order number	Luminaire/lamp unit	Best solutions			
		<i>h</i> (m)	<i>t</i> (°)	<i>b</i> (m)	<i>s</i> (m)
1	Ph A 150W	11	10	1.5	49.5
4	Ph B 150W	9	0	1	47.5
78	Ph A 100W	9	15	1.5	37
81	Fa K 150W	10	15	0.5	36.5
136	Ph A 70W	9	15	1.5	23.5
145	Fa J 70W	6	15	1	21
161	Fa J 150W	11	15	1.5	20

Table 2a List of solutions complying with the requirements of the CEN ME 3b lighting class ($L \geq 1 \text{cd/m}^2$, $U_0 \geq 0.4$, $U_i \geq 0.6$, $TI (\%) \leq 15$)

Serial numbers (as in Table 1a): 1, 4, 7-9, 12, 14-16, 18-22, 24-26, 32-37, 43-45, 48-65, 69, 76, 77, 79, 83-87, 89, 91-95, 97, 99-102, 105, 107-117, 119-125, 127, 129, 131-133, 135-230 (total number of the complying solutions: 184)

Table 2b Comparison of the best solutions for the considered seven luminaire/lamp units among those listed in Table 2a

Order number	Luminaire/lamp unit	Best solutions			
		<i>h</i> (m)	<i>t</i> (°)	<i>b</i> (m)	<i>s</i> (m)
1	Ph A 150W	11	10	1.5	49.5
7	Ph B 150W	10	0	1.5	47.5
87	Ph A 100W	10	10	1.5	36
122	Fa K 150W	11	5	1.5	30
136	Ph A 70W	9	15	1.5	23.5
145	Fa J 70W	6	15	1.0	21
161	Fa J 150W	11	15	1.5	20

Table 3a List of solutions meeting the requirements of the ME 3a lighting class ($L \geq 1 \text{cd/m}^2$, $U_0 \geq 0.4$, $U_i \geq 0.7$, $TI (\%) \leq 15$)

Serial numbers (as in the Table 1a): 18, 34-37, 43-45, 48, 51, 52, 55-62, 64, 65, 69, 76, 79, 83-86, 89, 91-93, 99-102, 105, 107-114, 116, 117, 119-121, 124, 125, 127, 131-133, 135-138, 141-144, 146-155, 157-230 (total number of the complying solutions: 148)

Table 3b Comparison of the best solutions for the considered seven luminaire/lamp units among those listed in Table 3a

Order number	Luminaire/lamp Unit	Best solutions			
		<i>h</i> (m)	<i>t</i> (°)	<i>b</i> (m)	<i>s</i> (m)
18	Ph B 150W	10	0	0	45
65	Ph A 150W	11	5	1.0	39
101	Ph A 100W	11	10	1.5	34
131	Fa K 150W	11	10	0	27
136	Ph A 70W	9	15	1.5	23.5
146	Fa J 70W	6	15	1.5	21
161	Fa J 150W	11	15	1.5	20

Table 4a List of solutions complying with the requirements of the CIE M 3 lighting class [4] ($L \geq 1 \text{cd/m}^2$, $U_0 \geq 0,4$, $U_l \geq 0,5$, $TI(\%) \leq 10$)

Serial numbers (as in Table 1a): 36, 37, 43, 44, 48, 51, 52, 58-61, 64, 65, 69, 79, 81-90, 92-96, 98, 100-108, 110-114, 116-123, 126, 128-141, 143, 144, 146-154, 156-161, 163-173, 175-177, 179-217, 219-227, 229, 230 (total number of the complying solutions:139)

Table 4b Comparison of the best solutions for the considered seven luminaire/lamp units among those listed in Table 4a

Order number	Luminaire/lamp unit	Best solutions			
		h (m)	t (°)	b (m)	s (m)
36	Ph B 150W	11	0	1.0	43.5
65	Ph A 150W	11	5	1.0	39
81	Fa K 150W	10	15	0.5	36.5
87	Ph A 100W	10	10	1.5	36
136	Ph A 70W	9	15	1.5	23.5
146	Fa J 70W	6	15	1.5	21
161	Fa J 150W	11	15	1.5	20

Table 5 Reductions ($\Delta s\%$) of the spacing s caused by varying singularly b and t from their optimal values for each of the luminaire/lamp units considered. s.n.c.: solution not complying

Luminaire/lamp unit	Best solutions			Effect of b		Effect of t	
	t_{opt} (°)	b_{opt} (m)	s_{max} (m)	b (m)	Δs (%)	t (°)	Δs (%)
Fa J 150W	15	1.5	30	0.5	s.n.c.	0.5	s.n.c.
				0	s.n.c.	0	-80
Fa J 70W	10	1.5	21	0	s.n.c.	0	s.n.c.
Ph A 150W	10	1.5	49.5	0	-32	0	-37
				0.5	-60	10	-63
Ph A 100W	15	1.5	37	0	s.n.c.	5	s.n.c.
				0	s.n.c.	0	s.n.c.
				0	s.n.c.	0	s.n.c.
Ph A 70W	15	1.5	23.5	1	s.n.c.	10	s.n.c.
				0.5	s.n.c.	5	s.n.c.
				0	s.n.c.	0	s.n.c.
Ph B 150W	0	1	47.5	0	-18	15	-17
Fa K A 150W	15	0.5	36.5	0	-26	10	-35
				0	s.n.c.	5	s.n.c.
				0	s.n.c.	0	s.n.c.

PROIECTAREA ILUMINATULUI PUBLIC: OPTIMIZARE ECONOMICĂ UN EXEMPLU

Rezumat

Problema complexă a optimizării proiectării sistemului de iluminat rutier din punct de vedere economic a fost deja dezbătută sub aspect teoretic într-un număr anterior al revistei [1]. În acest articol este oferit un exemplu detaliat al procesului de optimizare pentru o mai bună înțelegere și cuantificare a unor aspecte, precum economia posibil de realizat, nivelul de influență al diverșilor parametri implicați și dificultățile procesului de optimizare.

Datele obținute indică faptul că optica corpului de iluminat este un factor cheie și că înălțimea de suspendare și unghiul de înclinare ale corpurilor de iluminat au mult mai multă influență decât s-a crezut în mod obișnuit. Rezultă în mod clar că nu există un criteriu practic pentru o optimizare reală, atât timp cât soluția optimă este specifică de la caz la caz.

1 Introducere

Un sistem de iluminat rutier este definit de următoarele elemente și parametri: lampă, corp de iluminat, distanța între stâlpi (s), înălțimea de montaj (h), înălțimea de suspendare (b), unghiul de înclinare (t), aranjamentul stâlpilor (pe o singură parte, în opoziție, etc.), factorul de întreținere, programul de întreținere.

Procedura uzuală de proiectare a unui sistem de iluminat constă în găsirea unei combinații a acestor parametri care să corespundă cerințelor fotometrice (codul național sau standardul CIE sau CEN). Aceasta este o sarcină destul de ușoară. În schimb, mult mai dificil este să se găsească combinația prin care se obține costul global anual *minim* (soluția *optimă*), pentru că aceasta necesită să fie explorate toate combinațiile posibile dintre parametrii de mai sus. Chiar considerând o singură unitate lampă/corp de iluminat, aceste combinații pot fi multe, multe, chiar milioane.

În acest articol este oferit un exemplu al procesului de optimizare pentru o mai bună

înțelegere a termenilor problemei, indicându-se o procedură practică de urmat și cuantificându-se beneficiile economice considerabile ce rezultă prin optimizare.

Acest exemplu de optimizare ajută, de asemenea, să se determine impactul caracteristicilor optice și unghiului de înclinare și înălțimii de suspendare ale corpurilor de iluminat asupra soluției optime. În acest exemplu, factorul de întreținere este fixat. Astfel, pentru o anumită unitate corp de iluminat/lampă, procesul de optimizare este focalizat pe minimalizarea costurilor însumate de instalare și energie, cu menținerea constantă a costului de întreținere. Întrucât această sumă este invers proporțională cu distanța între stâlpi, va fi suficient să se caute distanța maximă compatibilă cu cerințele de iluminat date.

2 Procesul de optimizarea

Procedura urmată în această lucrare pentru optimizarea proiectării sistemului de iluminat stradal constă în considerarea parametrilor h , b și t ca variabile independente și distanța s ca parametru variabil. Cu alte cuvinte, fiind date unitatea corp de iluminat/lampă, tipul aranjamentului și factorul de întreținere, se conferă o tripletă de valori parametrilor h , b și t și se caută valoarea maximă a distanței s , în funcție de toți acești parametri care este compatibilă cu cerințele lumino tehnice. Această configurație a sistemului de iluminat reprezintă o soluție suboptimală. Apoi, această procedură se repetă de atâtea ori câte combinații sunt de analizat între h , b și t .

Numărul acestor combinații depinde de intervalul de valori în care pot să varieze acești parametri. aranjamentele interioare în care unii parametri sunt de preferință variabili. De exemplu, dacă există 7 valori pentru h , 5 pentru b și patru pentru t , combinațiile rezultate de analizat sunt în număr de 140. Trebuie menționat că, oricare ar fi s , vor exista combinații care nu îndeplinesc cerințele. Aceasta va depinde în mod evident de severitatea cerințelor de iluminat adoptate.

În exemplul procesului de optimizare, datele introduse au fost:

- drumul: lățimea: $2 \times 3,5\text{m}$; tipul de suprafață: C2; $Q_0 = 0,07 \text{ cd/m}^2/\text{lx}$

- cerințe fotometrice: în conformitate cu clasa iluminatului ME 3c a standardului european CEN [3]: luminanța medie menținută: $L \geq 1 \text{ cd/m}^2$; uniformitatea globală: $U_0 \geq 0,4$; uniformitatea longitudinală: $U_l \geq 0,5$; indicele de prag: $TI \leq 15\%$;

- factorul de întreținere: 0,8;

- aranjamentul stâlpilor: pe o singură parte

Cu privire la corpul de iluminat și lampă, următoarele 7 unități corp de iluminat/lampă au fost alese din cataloagele a doi fabricanți importanți (denumirea convențională Ph and Fa), care sunt: Ph A 150W, Ph B 150W, Ph A 100W, Fa K 150W, Fa J 150W, Ph A 70W, Fa J 70W; tipul lămpii: sodiu presiune înaltă.

Pentru fiecare unitate corp de iluminat/lampă de mai sus, au fost analizate următoarele valori ale parametrilor h , b și t :

$h \text{ (m)} = [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]$

$b \text{ (m)} = [0, 0,5, 1, 1,5]$

$t \text{ (}^\circ\text{)} = [0, 5, 10, 15]$

ce conduc la 112 combinații. Întrucât unitățile corp de iluminat/lampă sunt în număr de 7, numărul total de combinații este 784. Pentru fiecare din aceste combinații, se vor determina valorile distanței s , care satisfac cerințele fotometrice date. Rezultă că o aceeași combinație poate oferi mai multe valori utilizabile pentru s , dintre care doar una singură este compatibilă cu cerințele fotometrice (soluția suboptimă) și interesează în procesul de optimizare. Câteva dintre soluțiile suboptimale sunt prezentate în tabelul 1a. În cazul acestui exemplu, au fost obținute 230 de soluții suboptimale. Ele sunt ordonate în funcție de descreșterea distanței s și sunt menționate și performanțele fotometrice relevante.

Tabelul 1 prezintă, pentru o comparație mai ușoară, cele mai bune soluții găsite pentru fiecare din cele 7 unități corp de iluminat/lampă considerate. Această analiză a fost repetată pentru alte trei clase de iluminat mult mai stricte decât ME 3c: ME 3b ($U_l \geq 0,6$), ME 3a ($U_l \geq 0,7$) și clasa CIE ME 3 ($TI \leq 10\%$) [4]. Rezultatele obținute sunt expuse în tabelele 2a-4a, din care se poate vedea că, la trecerea de la

cerințele clasei ME 3c la cele ale clasei ME 3b, soluțiile menționate în Tabelul 1a care încă satisfac cerințele menționate sunt reduse la 184. Când se impun cerințele claselor ME 3a și CIE M3, soluțiile utile se reduc în continuare, la 148, respectiv 139.

Tabelele 2b-4b compară cele mai bune soluții găsite pentru cele șapte unități corp de iluminat/lampă pentru fiecare clasă mai sus.

Pentru datele obținute rezultă de asemenea că distanța s este foarte sensibil la modificări ale unghiului de înclinare și înălțimii de suspendare. O modificare a uneia din ele poate cauza o variație mare a distanței s așa cum se arată în Tabelul 5, unde, pentru fiecare unitate corp de iluminat/lampă considerată sunt prezentate reducerile ($\Delta s\%$) din s_{maxim} care apar când t și b variază în mod singular față de valorile optime. Se observă că b sau t pot chiar să condiționeze validitatea soluției.

Deși acești parametri au o influență redusă asupra costului, în special unghiul de înclinarea, alegerea lor cu acuratețe este, totuși, de o mare importanță.

3 Concluzii

Rezultatele obținute în această lucrare arată următoarele:

- optimizarea proiectării sistemelor de iluminat rutier din punct de vedere economic poate conduce la economii importante față de soluțiile neoptimizate
- pentru o aceeași optică a corpului de iluminat, distanța maximă s este obținută cu o lampă de putere mai mare, dar acesta nu exclude faptul că se poate realiza un consum de energie mai redus cu o lampă de putere mai mică.
- parametrii geometrici b și t au mai mare influență decât se crede în mod obișnuit asupra performanțelor sistemelor de iluminat și, ca urmare, asupra distanței dintre stâlpi. Chiar dacă ei pot să blocheze o soluție care să fie compatibilă cu cerințele de proiectare.
- fiecare caz în parte pretinde găsirea soluției optime proprii; aceasta diferă puternic de la un corp de iluminat la altul și, așa cum va fi arătat într-un articol următor, de la un drum

la altul. Criteriile practice indicate în literatura de specialitate, cum ar fi înălțimea de montaj egală cu lățimea drumului sau altele asemenea, au o validitate redusă sau chiar nulă.

Este în pregătire o lucrare care se referă la impactul întreținerii și a consumului de energie asupra soluției optime și care ia în considerare costurile specifice ale echipamentelor și a muncii.

UTILIZAREA MODELĂRII REFLEXIEI MULTIPLE PENTRU MĂSURAREA COEFICIENTULUI DE REFLEXIE

Cătălin Daniel GĂLĂȚANU
Universitatea Tehnică „Gh.Asachi” Iași

Rezumat

Coeficientul de reflexie al diverselor suprafețe este o mărime care în practica uzuală este apreciat în mod aproximativ, pe baza unor echivalențe sau comparații subiective. Lucrarea prezintă o metodă prin care acest coeficient poate fi măsurat în condiții de teren, creindu-se posibilitatea creșterii preciziei simulărilor asistate de calculator. Metoda de măsurare se bazează pe utilizarea unui sistem optic determinat, în care au loc reflexii multiple care depind de suprafața analizată. În funcție de nivelul de iluminare final, măsurat cu un luxmetru, se poate determina coeficientul de reflexie căutat. Metoda are posibilitatea să testeze și dacă reflexia este difuză sau nu.

1 Stadiul actual al mijloacelor de măsură pentru coeficientul de reflexie

Preocupările autorului în direcția măsurării coeficientului de reflexie s-au justificat prin posibilitățile reduse care există în această privință. Acest fenomen este resimțit nu numai la nivelul Universității Tehnice “Gh.Asachi” Iași, ci la scară mult mai mare. Lucrările de specialitate de ultimă oră [1] nici măcar nu menționează posibilitățile de măsurare, în timp ce lucrări cu caracter monografic [2] se opresc doar la aspectele măsurării coeficienților de reflexie pentru îmbrăcămintea rutieră.

Calculul și modelarea sistemelor de iluminat asistată de calculator sunt de neimaginat fără considerarea tuturor mărimilor luminotehnice care conlucrează la rezultatul final. Coeficientul de reflexie al diverselor suprafețe este apreciat de regulă în mod aproximativ, pe baza unor echivalențe sau

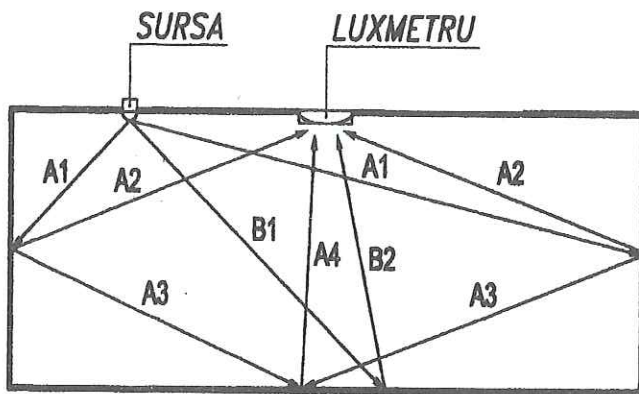
comparații subiective. În [3] se recomandă o metodă de estimare prin realizarea unei comparații subiective cu o scară de gri, a cărei eventuală etalonare este însă *sigur* alterată de posibilitățile tehnicii tipografice.

Există aparate de măsură specializate [4] pentru măsurarea coeficientului de reflexie, care realizează și funcția de testare a comportării lambertiene. Aparatul menționat lucrează în patru lungimi de undă (albastru, verde, roșu și infraroșu apropiat), realizând măsurători pentru reflexia regulată la -15° , $+20^{\circ}$, -45° față de unghiul de incidență. Senzorii sunt montați într-un cap optic protejat împotriva luminii ambientale.

2 Principiile măsurării coeficientului de reflexie

Metodele uzuale de măsurare a coeficientului de reflexie se bazează pe utilizarea unui luminanțmetru. Pe lângă caracterul laborios al metodei, abordabilă numai în condiții de laborator, dezavantajul utilizării unui luminanțmetru face inabordabilă această metodă.

Metoda propusă utilizează un luxmetru, aparat de măsură mult mai accesibil. Metoda utilizată este globală, coeficientul de reflexie al unei suprafețe test fiind determinat indirect. Se utilizează o incintă paralelipipedică, a cărei bază va fi chiar suprafața analizată. Pe fațeta opusă sunt plasate o sursă de lumină difuză, precum și senzorul luxmetrului. Luxmetrul nu primește direct flux luminos, ci numai prin reflexii succesive de pe suprafețele implicate. În figura 1 se prezintă schematic reflexiile succesive, într-o secțiune longitudinală.



Suprafața de măsurat

Figura 1 Schema reflexiilor succesive în incinta utilizată pentru măsurarea coeficientului de reflexie

Particularitatea bancului optic utilizat constă în faptul că pereții laterali au un coeficient de reflexie cunoscut, a cărui valoare este minimalizată prin vopsire cu negru de fum. Datorită dimensiunilor relativ mici ale construcției (pentru păstrarea caracterului de portabilitate) influența reflexiilor multiple nu poate fi neglijată. Dimensiunea sursei și respectiv a senzorului nu pot fi neglijate, ele

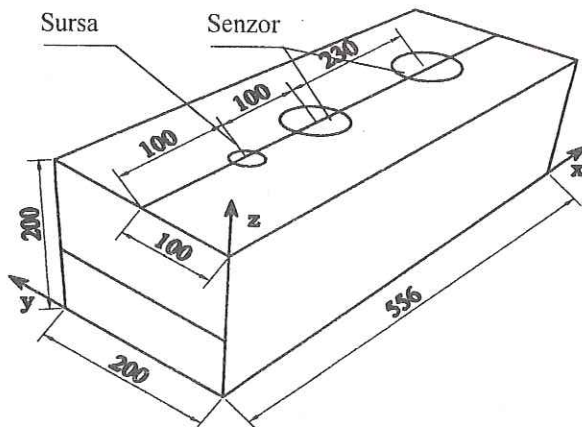


Figura 2 Principalele dimensiuni ale standului optic (mm)

trebuind să fie modelate conform cu realitatea. Problematika sursei este identică cu [5], în timp ce luxmetrul utilizat are senzorul sub formă de calotă cu raza sferei de 100 mm, și diametru de 58 mm.

Considerarea geometriei particulare pentru senzor va permite realizarea calculului iluminării medii pe suprafața sa (sferică), fapt ce va permite creșterea preciziei de predicție a metodei.

3 Modelarea reflexiilor multiple în MATLAB

Modelarea asistată de calculator implică generarea discretizării suprafețelor implicate în schimbul de flux luminos, validarea datelor și a coerenței lor fiind posibilă numai prin vizualizare. În figura 3 se pot observa poziționarea sursei de lumină, senzorul luxmetrului și suprafața care se testează (baza paralelipipedului).

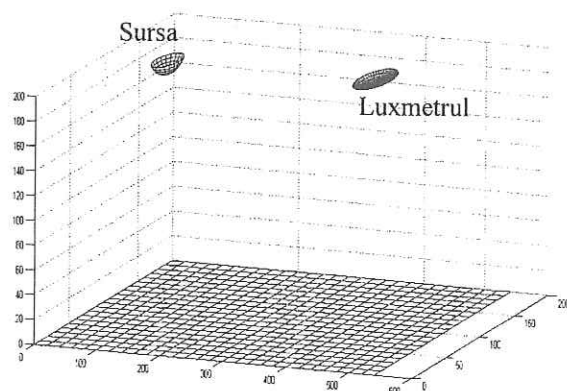


Figura 3 Discretizarea suprafeței măsurate, a sursei și a luxmetrului

Pentru a da posibilitatea reproducerii configurației luminotehnice, se prezintă liniile de program care generează rețelele respective, prin trunchierea unor sfere:

```
n=20;
[sx,sy,sz]=sphere(n);
sx=sx(1:8,1:21)*20+100;
sy=sy(1:8,1:21)*20+100;
sz=sz(1:8,1:21)*20+209;
% sx, sy, sz sunt matricile
```

coordonatelor punctelor sursei de lumină (sferică)

```
n=50;
[luxx,luxy,luxz]=sphere(n);
```

```
luxx=luxx(1:6,1:51)*80+200;
luxy=luxy(1:6,1:51)*80+100;
xx=min(min(luxx))
luxz=luxz(1:6,1:51)*80+280-3.9155;
xx=max(max(luxz))
% luxx, luxy, luxz sunt matricile
```

coordonatelor punctelor luxmetrului

Pereții laterali sunt generați printr-o funcție elaborată special pentru acest tip de problemă. Apelarea este foarte sugestivă, parametrii solicitați fiind coordonata de început, pasul discretizării, coordonata finală a peretelui, pentru fiecare axă (x, y și respectiv z).

Rezultatul se poate vizualiza în scopul verificării, aspectul obținut fiind cel din figura 4.

Secvența de program este următoarea:

```
[perete_x, perete_y, perete_z] =
gard_gen(0, 15, 556, 0, 10, 200, 0, 10, 200);
```

în care valorile numerice pot fi citite în corelație cu dimensiunile din figura 2.

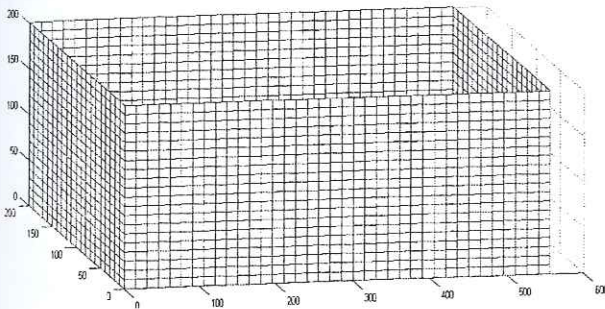


Figura 4 Discretizarea pereților laterali

Rezultatul se vizualizează cu instrucțiunea

```
mesh(perete_x, perete_y, perete_z);
```

Validarea configurației geometrice permite utilizarea subrutinelor pentru modelarea reflexiilor multiple.

Metodele de rezolvare cunoscute se bazează atât pe metoda elementelor finite cât și pe metoda schimbului radiativ, considerând următoarele ipoteze simplificatoare: *incinta este paralelipipedică, fără pereți despărțitori*

sau mobilier, iar suprafețele reflectă perfect difuz lumina.

Funcțiile MATLAB elaborate de autor permit **modelarea generalizată** a sistemelor de iluminat, cu îndeplinirea condițiilor generale cerute unui model experimental și s-au dovedit un instrument de lucru util în studierea și apoi fundamentarea teoretică a fenomenului reflexiei multiple. Aceste funcții permit să se renunțe la noțiunea de FACTOR DE FORMĂ a unei suprafețe în raport cu alta. Factorul de formă nu caracterizează corect reflexia multiplă, raportul dintre fluxul reflectat pe o suprafață S_2 de către o altă suprafață S_1 depinzând de condițiile inițiale (emisivitatea inițială), precum și de fiecare pas al reflexiei. În plus, în cazul geometriilor particulare, nu se pot calcula nivelurile de iluminat punctuale.

Pentru a prezenta particularitățile calculului, se consideră cazul general a două suprafețe oarecare, perfect difuzante, dintre care una este emițătoare S_k și cealaltă receptoare S_i .

Factorul de utilizare între cele două suprafețe este, conform definiției:

$$U_{ki} = \frac{\Phi_{ki}}{\Phi_k} \quad (1)$$

în care Φ_{ki} este fluxul emis de S_k și care ajunge pe S_i iar Φ_k este fluxul emis de S_k .

Expresia fluxului receptat Φ_{ki} rezultă din integrarea fluxului elementar emis de fiecare suprafață elementară emițătoare:

$$d^2\Phi_{ki} = dE_i dS_i \quad (2)$$

în care

$$dE_i = \frac{dI_k \cos \theta_i}{l^2} \quad (3)$$

și

$$dI_k = L_k \cos \theta_k dS_k \quad (4)$$

Se integrează pe ambele suprafețe:

$$\phi_{ki} = \iint_{S_k S_i} \frac{L_k}{l^2} \cos \theta_k \cos \theta_i dS_k dS_i \quad (5)$$

Față de abordările clasice [3], se menține sub integrală luminanța punctuală (fiind variabilă), fluxul schimbat depinzând de configurația geometrică dar și de fiecare pas.

Pentru a pune în evidență faptul că fluxul emis de o suprafață și receptat de alta diferă la fiecare pas al reflexiei multiple, se calculează respectiva proporție conform relației (5), dar cu notațiile care exprimă faptul că luminanța nu mai este considerată constantă pe suprafața care emite:

$$\phi_{ki} = \iint_{S_k S_i} \frac{L_k(s_k)}{l^2(s_k, s_i)} \cos \theta_k \cos \theta_i dS_k dS_i \quad (6)$$

Integrala se rezolvă numeric. Nu mai există în acest mod limitări geometrice (funcțiile MATLAB elaborate de autor tratând sub același formalism matricial orice suprafață, de la planuri oarecare, la sferă).

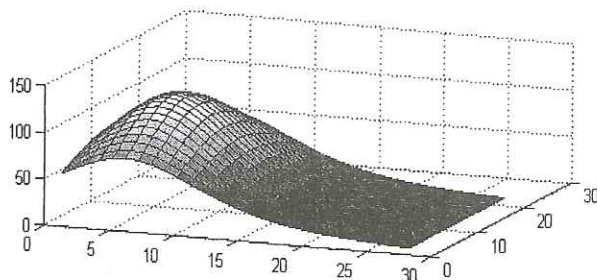


Figura 5 Iluminarea directă (lx) produsă de sursa sferică pe planul orizontal

Pentru exemplificare, se prezintă modul de apelare al funcției care calculează iluminarea produsă de sursa de suprafață s_x, s_y, s_z pe planul orizontal j_x, j_y, j_z care se măsoară,

$$EI = \text{luminas}(s_x, s_y, s_z, j_x, j_y, j_z, RoSfera, Ein);$$

Rezultatul transferului direct de flux luminos (notat cu B1 în figura 1) este vizualizat în nuanțe de gri și este disponibil în figura 5.

Se poate observa imediat gradul mare de neuniformitate a iluminării directe. Ori, tocmai această distribuție va fi cea care este pusă în evidență cu ajutorul luxmetrului.

La fel de important este fluxul luminos primit de pereții laterali. Chiar dacă acești

pereți sunt vopsiți în negru mat, neglijarea acestui flux luminos poate introduce erori.

În figura 6 se poate analiza calitativ distribuția nivelului de iluminare, obținut conform pasului A1 din figura 1.

În acest moment se pot calcula efectele transferului de flux luminos către suprafața sferică a luxmetrului.

Se obține un nivel de iluminare (neuniform !), dar care servește la calculul nivelului mediu de iluminare (medie care este realizată pentru luxmetru de către senzorul fotosensibil).

În figura 7 se vizualizează capsula luxmetrului, sub efectul însumat al reflexiilor notate A2, A4 și B2 din figura 1:

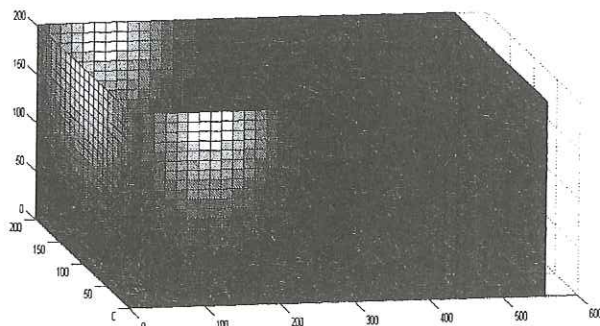


Figura 6 Distribuția nivelului de iluminare pe pereții laterali

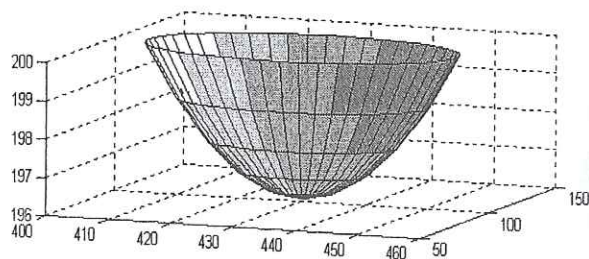


Figura 7 Distribuția nivelului de iluminare pe capsula luxmetrului

În figura 7 se poate observa plasarea senzorului în poziția îndepărtată pentru măsură, precum și faptul că sursa de lumină este plasată în stânga. Desigur, fiind disponibile și valorile numerice, se poate calcula iluminarea medie sesizată și afișată de senzor.

4 Mod de lucru și rezultate

Realizarea dispozitivului la un gabarit care permite să fie transportat (fig. 8) face posibilă utilizarea sa operativă, în cele mai diverse situații. Utilizarea în condiții diferite de laborator este posibilă dacă se compensează eventualele erori. Aceste surse de erori sunt inconstanța sursei de lumină, precum și îndepărtarea reflexiei de tipul perfect difuz.

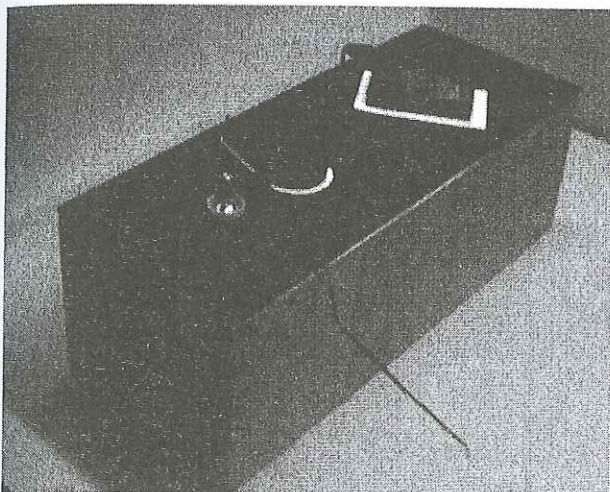


Figura 8 Dispozitivul pentru măsurarea coeficientului de reflexie

Problema sursei de lumină se elimină dacă se determină coeficientul de reflexie prin raport cu o suprafață etalon (alb mat superior). Acest aspect este posibil datorită faptului că ponderea reflexiilor pe pereții laterali este nesemnificativă (sub 4%) și deci nivelul de iluminare al peretelui superior *este direct proporțional* cu coeficientul de reflexie al suprafeței de test.

Tipul de reflexie se testează prin raportul nivelurilor de iluminare măsurate în cele două puncte (figura 2). Pentru o reflexie de tip lambertian, această valoare este egală cu 3 (pentru dispozitivul construit). Această valoare s-a obținut în urma simulării, subrutinele realizate de autor având impusă acest tip de reflexie.

Îndepărtarea de reflexia difuză complică în mod foarte serios analiza luminotehnică riguroasă. Descrierea coeficienților trebuie să se realizeze într-un sistem de coordonate spațiale, mult mai complicat decât la

coeficienții de luminanță pentru îmbrăcăminte rutieră, unde observatorul este plasat într-o poziție relativă constantă. Această abordare riguroasă ar putea fi justificată pentru anumite sisteme de iluminat, cum ar fi:

- monumente arhitectonice,
- sisteme de iluminat muzeal,
- sisteme de realitate virtuală,

Pentru verificarea rezultatelor măsurărilor a fost necesară utilizarea unor materiale cu coeficient de reflexie cunoscut. Această dificultate a fost imposibil de depășit, mai ales la dimensiunile cerute de aparat. S-a procedat în consecință la utilizarea a două suprafețe ai căror coeficienți de reflexie au fost asimilați valorilor extreme (0 și 1). Prin compunerea unor grile (dungi) cu ponderi impuse pentru cele două materiale, s-au putut materializa coeficienții de reflexie necesari pentru validarea metodei.

Verificarea metodei se prezintă în tabelul 1, în care pentru coeficienții de reflexie teoretici (C_r) se regăsesc valorile măsurate și calculate pentru nivelul de iluminare în punctul apropiat sursei (indice 1) și respectiv mai depărtat (indice 2). Raportul celor două mărimi exprimă gradul de apropiere de reflexia perfect difuză (pentru care raportul este egal cu 3).

Tabelul 1 Comparație între valorile măsurate și determinate prin calcul

C_r	$E_{1m\grave{a}s}$ [lx]	E_{1calc} [lx]	$E_{2m\grave{a}s}$ [lx]	E_{2calc} [lx]	$(E_1/E_2)_{m\grave{a}s}$
0.1	1.7	1.89	0.5	0.62	3.4
0.2	3.9	3.79	1.1	1.25	3.12
0.3	5.5	5.69	1.9	1.87	2.89
0.4	7.8	7.59	2.7	2.5	2.88
0.5	9.6	9.49	3.4	3.12	2.82
0.6	11.2	11.38	3.8	3.75	2.94
0.7	13.1	13.28	4.4	4.37	2.97
0.8	15.5	15.18	5.1	5.00	3.03
0.9	17.2	17.08	5.5	5.62	3.12
1	18.7	18.98	6.4	6.25	2.92

Precizia obținută nu este considerată suficientă pentru aplicații inginerești, mai ales dacă metoda acoperă o lipsă totală de mijloace de măsură.

5 Concluzii

Metoda și mijlocul de măsură prezentat nu pot înlocui aparatele specializate pentru măsurarea coeficientului de reflexie, dar reprezintă o modalitate prin care se poate extinde utilizarea unui luxmetru către zone în care devine accesibilă proiectarea sistemelor de iluminat în funcție de luminanțe. Fundamentarea metodei de măsurare pe baza teoriei reflexiei multiple permite extinderea modelării sistemelor de iluminat către configurații oricât de complexe.

Bibliografie

1. Mira, N. ș.a. – Manualul de instalații, vol. E - Electrice, Editura Artecno București, 2002
2. Moroldo, D. – Iluminatul urban, Editura MatrixRom București, 1999
3. Bianchi C., Mira N. ș.a., Sisteme de iluminat interior și exterior, Editura MATRIX, București, 2000
4. http://www.dmo.be.web/pdf/doc_iris908rs.pdf
5. Gălățanu, C.D. - The field luminance Analysis for Road Lighting, pag. 45-52, BalkanLight '02, Istanbul 2002

Primită în 24.02.2003

Referent: Dr. Florin POP

USING INTERREFLECTION THEORY FOR THE REFLECTION MEASUREMENTS

Abstract

Using some original MATLAB functions for the interreflection simulation, the paper illustrates an original device, useful for the reflection measurements. Some details are given, about the mesh generation and data validation. Practical considerations about how a Lambertian surface can be tested are presented.



Dr. Cătălin Daniel GĂLĂȚANU, Conferențiar
Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași,
Membru CNRI,
Co-Director al CT8, Tehnologia Imaginii
Str. Lascăr Catargi Nr.38, Iași, 6600
fax: 0232 214872
E-mail: expert-grup@xnet.r