

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE ELECTROTEHNICĂ

TEZA DE DOCTORAT

**“CONTRIBUȚII PRIVIND MODELAREA  
GEOMETRIEI SPAȚIALE A  
REFLECTOARELOR ȘI APLICAREA  
TEORIEI IMAGINILOR VIRTUALE LA  
SIMULAREA FUNCȚIONĂRII CORPURILOR  
DE ILUMINAT.”**

AUTOR: Ing. BARB VIOREL

CONDUCATOR ȘTIINȚIFIC:

Prof.Dr.Ing. IOAN ȘORA

019.452  
2007

TIMIȘOARA 1997



## 0. CURRICULUM VITAE

---

---

### ◆ NUMELE

---

- Barb Viorel, născut la 17 martie 1950 în localitatea Curechiu, județul Hunedoara.

### ◆ STUDII, ȘCOLI ȘI CURSURI ABSOLVITE

---

- 1967 Liceul "Decebal" Deva.
- 1972 Universitatea "Politehnica" Timișoara, Facultatea de Electrotehnică.
- 1979 Cursul postuniversitar "Concepte și metode moderne de cercetare, proiectare produse" la Centrul de Perfecționare al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini, București.
- 1994 Cursul postuniversitar (doi ani) "Luminotehnica – Tehnica Iluminatului" la Facultatea de Instalatii Bucuresti, Catedra de Luminotehnică.
- 1994-1997 Doctorand la Facultatea de Electrotehnică Timișoara, conducător științific Prof.Dr.Ing. Ioan Șora.

### ◆ LUCRARI ȘTIINȚIFICE SI TEHNICE PUBLICATE

---

- 1 lucrare în domeniul electromagneților.
- 2 lucrări privind materialele din componența corpurilor de iluminat.
- 3 lucrări referitoare la elementele optice ale corpurilor de iluminat destinate autovehiculelor, aeronavelor, navelor maritime.
- 2 lucrări referitoare la confortul vizual în încăperile iluminate electric.
- 10 lucrări în domeniul reflectoarelor pentru corpurile de iluminat.
- Coautor la un îndrumător de laborator pentru uzul studenților, în domeniul iluminatului electric.
- 11 inovații înregistrate și aplicate privind construcția și tehnologia corpurilor de iluminat.

### ◆ ACTIVITATE PROFESIONALĂ

---

- Din anul 1972 inginer la ELBA Timisoara, trecând prin toate treptele profesionale: inginer proiectant, inginer proiectant principal III, inginer proiectant principal II, Sef Atelier de Proiectare, Sef Serviciu Tehnic. In prezent Sef al Colectivului de Cercetare-Proiectare la ELBA.
- Realizarea a peste 100 de proiecte pentru corpuri de iluminat, omologate și puse în fabricație la ELBA, cu următoarele destinații: autovehicule (ARO10), nave maritime (felinarele de navigatie), aeronave (lumini de semnalizare, faruri de rulare), medii speciale (zone cu pericol de explozie, medii climatice deosebite), transport feroviar (faruri de locomotivă), autovehicule militare (faruri cu emisie în spectrul infraroșu), proiectoare industriale, iluminatul interior casnic și industrial, semnalizări luminoase (semafoarele pentru dirijarea circulației rutiere), iluminatul stradal.
- Activitatea profesională, desfășurată pe parcursul a peste 20 de ani a fost consacrată aprofundării fenomenelor fizico-matematice care stau la baza proiectării elementelor optice pentru corpurile de iluminat. Această activitate a fost completată cu preocupări în domeniul tehnicii de calcul

disponibile în momentul respectiv. Conștient de importanța informației în favoarea unei tehnologii moderne, autorul și-a însușit tehnici de programare care s-au potrivit cel mai bine activității de proiectare a corpurilor de iluminat. Amintim limbajele de programare FORTRAN, BASIC, Pascal, C, LISP, DELPHI pentru Windows95, sau programarea în limbaj de asamblare, care au permis rezolvarea numerică a numeroase probleme de proiectare.

#### ◆ ASOCIAȚII / SOCIETĂȚI ȘTIINȚIFICE DIN CARE FACE PARTE

---

- Membru al Comitetului Național Român de Iluminat în cadrul căruia și-a manifestat prezența activă la manifestările științifice organizate, după cum se vede în referințele bibliografice.
- Membru permanent al Comitetului Tehnic Român (CTR31/CT137) afiliat la Comisia Electrotehnică Internațională, cu atribuții în elaborarea și avizarea Standardelor Române, precum și în anchetarea standardelor internaționale CEI, în domeniile specifice grupei de lucru.

#### ◆ PERSONALITĂȚI CĂRORA LE DATOREAZĂ RECUNOȘȚINȚĂ

---

- Academician Prof.Dr.Ing. Toma Dordea, profesorul și conducătorul de proiect pentru obținere diplomei de inginer al Facultății de Electrotehnică din Timișoara.
- Prof.Dr.Ing. Ioan Șora, conducătorul de doctorat, ale cărui îndrumări competente și permanente au fost esențiale pentru finalizarea acestei teze.
- Prof.Dr.Ing. Cornel Bianchi, președintele Comitetului Național Român de Iluminat, personalitatea care a reușit să integreze școala de luminotehnică românească în circuitul mondial, de la care autorul tezei a acumulat numeroase cunoștințe din tehnica iluminatului.
- Prof. Dr. Hans Bodmann, de la Universitatea din Karlsruhe, fost președinte al Comisiei Internaționale de Iluminat, al cărui curs audiat "Lumina și vederea" a contribuit la obținerea unei viziuni științifice asupra fizicii moderne a luminii.
- Profesorii de la Facultatea de Electrotehnică din Timișoara, pentru înaltul nivel științific al cunoștințelor furnizate, care s-au dovedit deosebit de utile pentru activitatea desfășurată după terminarea facultății.

#### ◆ ELBA- LOCUL AFIRMĂRII PROFESIONALE.

---

- Autorul este recunoscător conducerii și principalilor acționari ai SC ELBA SA Timișoara, care i-au acordat un credit deplin prin hotărârea de a se trece direct la producția de serie a unui reflector după o nouă concepție, prezentată în această teză, ceea ce a presupus investirea multor zeci de milioane de lei (la nivelul anilor 1996-1997) în scule și dispozitive. Aceleași sentimente de recunoștință, domnului Dr.Ing. Ladislau Oberst, Directorul de Calitate la SC ELBA S.A. Timișoara, pentru numeroasele consultări acordate în activitatea tehnică profesională, pe parcursul a peste douăzeci de ani.



# 1. INTRODUCERE

Este cunoscut faptul că omul primește 90% din informațiile despre mediul înconjurător pe cale vizuală. Iluminatul electric completează iluminatul natural, când acesta este insuficient, sau îl înlocuiește în scopul continuării unor activități umane pe timpul nopții.

Dezvoltarea cercetării și tehnologiei în domeniul surselor de lumină face necesară reorientarea fabricanților de corpuri de iluminat în direcția trecerii de la utilizarea surselor de lumină cu vapori de mercur, la utilizarea surselor de lumină cu descărcări în vapori de sodiu la care eficacitatea luminoasă, indicator energetic important, are valori de 2-3 ori mai mari.

A apărut astfel necesitatea dezvoltării unor metode moderne de calcul care să permită realizarea la S.C. ELBA S.A. Timișoara a unor corpuri de iluminat care să corespundă cerințelor actuale în domeniul iluminatului electric, în condițiile în care se face simțită concurența din partea celor mai renumite firme producătoare din acest domeniu (Philips, Siemens, General Electric). Tematica abordată în teza de doctorat rezultă astfel din nevoi practice și are o finalitate concretă, materializată printr-o fabricație în serie a unor corpuri de iluminat în care se aplică principiile puse la punct de autor.

În cadrul iluminatului exterior, iluminatul rutier (stradal) este important deoarece asigură circulația în siguranță pe timpul nopții atât a autovehiculelor cât și a pietonilor. În prezent în România sunt instalate aproximativ două milioane de corpuri de iluminat rutier.

La proiectarea instalațiilor electrice de iluminat rutier s-a avut în vedere până în demult, uniformitatea iluminării și nivelele de iluminare (Normativul republican PE-136). Comisia Internațională de Iluminat (CIE) recomandă aplicarea la sistemele de iluminat rutier a criteriile bazate pe nivele de luminanță, uniformitatea acestora și indicii de apreciere a efectului de orbire. Diferența între criteriile CIE și normativul PE-136 sunt esențiale, aceasta conducând și la necesitatea trecerii la o nouă generație de corpuri de iluminat stradal, care să fie în concordanță cu ultimele tendințe manifestate pe plan mondial. Datorită complexității lor a fost necesar să le fie acordată o atenție deosebită în conținutul tezei de doctorat.

Reflectoarele utilizate la corpurile de iluminat stradal nu mai sunt cu simetrie de rotație, cum este cazul proiectoarelor. Corpurile de iluminat de acest tip trebuie să aibe fluxul luminos orientat în lungul șoselei și distribuit într-un anumit fel în spațiu, așa cum se va vedea pe parcursul acestei lucrări.

În vederea stabilirii geometriei spațiale optime a reflectoarelor, pentru corpuri de iluminat, a fost necesară parcurgerea următoarelor etape, prezentate în lucrare:

- Stabilirea/modelarea distribuției spațiale optime a intensității luminoase pentru corpurile de iluminat, astfel încât sistemul de iluminat rutier să corespundă cerințelor Comisiei Internaționale de Iluminat.

- Transpunerea fenomenelor fizice în modele matematice adecvate care să conducă la stabilirea formei spațiale a reflectorului, în ipoteza unei surse de lumină punctiforme.
- Simularea pe calculator a funcționării ansamblului reflector-sursă de lumină de dimensiuni reale și predeterminarea distribuției spațiale a intensității luminoase.
- Realizarea fizică a reflectorului și efectuarea măsurărilor fotometrice.
- Prelucrarea și analiza rezultatelor obținute.

În lucrare accentul se pune pe contribuțiile originale ale autorului, în corelare cu rezultatele experimentale.

Proiectarea corpurilor de iluminat folosind disponibilitățile actuale pe care le oferă simularea/modelarea proceselor/echipamentelor este absolut necesară dacă se urmărește realizarea unor aparate care să satisfacă cât mai bine pe utilizator, atât din punct de vedere lumino-tehnic (cantitativ și calitativ) cât și al consumului specific energetic.

Până în prezent, la noi în țară, preocupările în acest domeniu s-au limitat la reflectoarele paraboloidale (pentru farurile de autovehicule) și ca urmare literatura de specialitate în limba română este săracă în informații, iar autorii străini se limitează la prezentarea rezultatelor obținute, fără a indica și modul în care s-a ajuns la aceste rezultate. Metodele prezentate în această lucrare conțin informații detaliate ca urmare a unei aprofundări ce a permis refacerea și prezentarea logică a acțiunilor sub aspect fizico-matematic. În unele cazuri s-au folosit nume intuitive pentru metodele prezentate, neexistând în această privință denumiri consacrate. Multe metode sunt însoțite în lucrare de aplicații pe calculator și contribuții proprii. În capitolele 3,4 și 5 sunt prezentate contribuțiile originale ale autorului privind modelarea geometriei spațiale a reflectoarelor și verificarea acestora prin simulare pe calculator, iar în capitolul 6 sunt prezentate rezultatele experimentale.

Lucrarea de doctorat stă la baza realizării pentru prima dată în țara noastră, la ELBA Timișoara, a unor corpuri de iluminat stradal cu performanțe deosebite apreciate de către beneficiarii din țară și străinătate.

## **2. STADIUL ACTUAL PRIVIND PROIECTAREA GEOMETRIEI SPAȚIALE A REFLECTOARELOR CU SIMETRIE DE ROTATIE.**

### **2.1 ELEMENTE GENERALE LA PROIECTARE A CORPURILOR DE ILUMINAT CU SUPRAFETE REFLECTORIZANTE.**

În acest capitol sunt prezentate diferite metode prin care fluxul luminos furnizat de lampă (sursa de lumină) este redistribuit în spațiu astfel încât corpul de iluminat să corespundă din punct de vedere luminotehnic cât mai bine scopului propus.

De la început, în atenția proiectantului vor sta următoarele aspecte:

- Corpul de iluminat să fie cât mai ieftin posibil.
- Distribuția intensității luminoase să fie cât mai apropiată de cerințele impuse.
- Corpul de iluminat să implice o pierdere de lumină cât mai redusă (randament ridicat al corpului de iluminat).
- Corpul de iluminat să fie agreabil din punct de vedere estetic.
- Corpul de iluminat să fie realizabil din punct de vedere tehnologic.
- Corpul de iluminat să corespundă cerințelor electrice, mecanice și climatice potrivit destinației acestuia.

Câteva din aceste aspecte sunt aproape întotdeauna în conflict, cum ar fi distribuția luminii și aspectul estetic. Rămâne la latitudinea proiectantului acceptarea unor compromisuri în funcție de destinația concretă a produsului.

Din punct de vedere constructiv un corp de iluminat este compus de regulă din:

- ♦ unul sau mai multe reflectoare,
- ♦ dispersorul (sau difuzorul),
- ♦ ecrane de protecție (pentru evitarea orbirii fiziologice),
- ♦ aparatul auxiliar, necesar în unele cazuri pentru asigurarea funcționării sursei de lumină,
- ♦ carcasa de protecție și garnituri de etanșare,
- ♦ dispozitiv de montaj și orientare.

Plecând de la aceste două elemente de bază, se poate face o clasificare a

corpurilor de iluminat (CIL), după cum urmează:

- a) CIL fără reflector și fără dispersor,
- b) CIL cu dispersor (difuzor),
- d) CIL cu reflector (un eventual dispersor având doar rol de protecție),
- e) CIL cu reflector și dispersor,
- f) CIL cu reflector și ecrane de protecție.

În procesul de proiectare din punct de vedere luminotehnic a corpurilor de iluminat trebuie cunoscută distribuția spațială a intensității luminoase. În legătură cu aceasta apar două situații distincte:

1) Destinația produsului impune realizarea unei distribuții concrete a intensității luminoase. Este cazul farurilor, luminilor de semnalizare și poziție pentru: autovehicule, aeronave, nave maritime și fluviale, pistele aeroporturilor, dirijarea circulației rutiere și feroviare.

2) Se impun condiții luminotehnice bine precizate în standarde doar pentru sistemele de iluminat. Este cazul iluminatului interior și exterior. În acest context trebuie cunoscut foarte bine mecanismul proiectării sistemelor de iluminat interior și exterior pentru a stabili curba de distribuție a intensității luminoase care să satisfacă pe utilizator. În urma acestei operații, asupra căreia se va reveni, se ajunge la o situație similară cu cea de la cazul 1), când se cunoaște distribuția intensității pentru corpul de iluminat ce urmează a se proiecta.

Din punct de vedere luminotehnic proiectarea în general a corpului de iluminat se bazează pe una din următoarele metode generale: metoda reorientării fluxului, metoda luminanței (sau a suprafețelor luminoase), metoda măririi imaginii sursei [28].

Cele trei criterii enumerate mai sus sunt echivalente și după caz, se utilizează metoda care se adaptează cel mai bine elementelor concrete de care se dispune în acel moment.

#### **A. Metoda reorientării fluxului.**

Metoda reorientării fluxului este aplicabilă în condițiile în care sunt cunoscute:

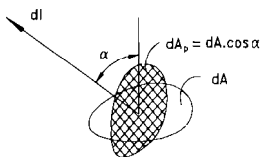
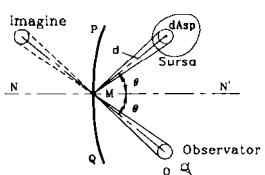
- distribuția spațială a intensității luminoase a sursei,
- distribuția intensității pentru corpul de iluminat.

În acest caz fluxul sursei de lumină receptat de o zonă de pe reflector, într-un anumit unghi solid, va fi redistribuit spre zonele în care acesta este necesar, în interiorul unui alt unghi solid. Relațiile matematice folosite au la bază conservarea fluxului.

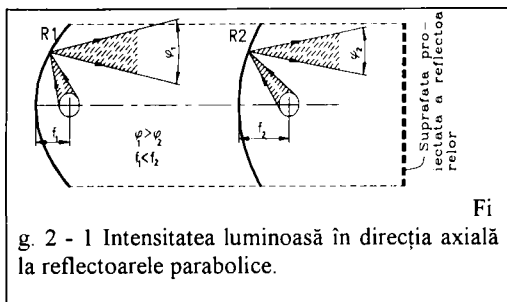
Metoda are un caracter general și reprezintă baza unor metode particulare, după cum se va vedea în capitolele următoare.

## B. Metoda luminanței

În Tab. 2-1 sunt prezentate sintetic principiile utilizate la aplicarea metodei luminanței.

Figura explicativă	Relații matematice	Observații
<p>a) Cazul general</p> 	$dI = L \cdot dA_p$	<p>dI - Intensitatea luminanței în direcția dl.  dA<sub>p</sub> - Proiecția ariei elementare dA a părții luminoase. Este de o importanță menționarea "părții luminoase" a ariei deoarece există cazuri când, cu toate că o porțiune din reflector este vizibilă după o anumită direcție, intensitatea luminoasă în acea direcție este nulă sau nesemnificativă.  L - Luminanța sistemului după direcția alpha.</p>
<p>b) Suprafețe oglindate curbe și luminanța imaginii.</p> 	$dE = \frac{L \cdot dA_{sp}}{d^2} \cos \theta$ $d^2\Phi = \frac{L \cdot dA_{sp}}{d^2} \cos \theta \cdot dA$ $d\Omega = \frac{dA_{sp}}{d^2}$ $dI_A = \frac{\rho \cdot d^2\Phi}{d\Omega} = L \cdot \cos \theta \cdot \rho \cdot d$ $L_A = \frac{dI_A}{\cos \theta \cdot dA} = \frac{L \cos \theta \cdot \rho \cdot dA}{\cos \theta \cdot dA}$ $L_A = \rho \cdot L$	<p>PQ - Suprafața reflectorizantă oglindată curbă.  L - Luminanța sursei de lumină în direcția punctului M.  dE - Iluminarea elementară în punctul M.  NMN' - Normala la suprafață în punctul M.  O - Ochiul observatorului care "vede" în M imaginea proiectată pe suprafața sursei dA<sub>sp</sub>.  dA - Aria elementară din jurul punctului M, pe care ajunge fluxul d<sup>2</sup>Phi, în interiorul unghiului solid dOmega.  rho - Factorul de reflexie al suprafeței reflectorizante.  I<sub>A</sub> - Intensitatea luminoasă în direcția observatorului. Pe baza legilor reflexiei regulate, unghiul solid elementar care conține fluxul reflectat va fi egal cu dOmega.  L<sub>A</sub> - Luminanța imaginii sursei.  Luminanța într-un punct de pe o suprafață oglindată este egală cu luminanța sursei, după direcția acelui punct, înmulțită cu factorul de reflexie al reflectorului.</p>

Este de menționat faptul că mărirea luminanței nu este posibilă. Orice tentativă de a mări luminanța prin concentrarea luminii cu baterii de lentile și reflectoare este sinonimă cu tentativa de a realiza un perpetuum mobile. O capcană frecventă o constituie considerarea sursei de lumină punctiforme ceea ce echivalează de la început



cu o sursă de luminanță infinită. Toate sursele utilizate în practică sunt de dimensiuni finite și această realitate trebuie întotdeauna luată în considerare, prin suprafețele luminoase corespunzătoare.

Prezentăm în continuare

un paradox interesant referitor la suprafețele luminoase. În acesta conceptul suprafețelor luminoase apare ca o variantă a principiului conservării energiei.

În Fig. 2 - 1 sunt prezentate două reflectoare parabolice R1 și R2 iluminate cu surse de dimensiuni și luminanțe egale. Ambele reflectoare au aceeași arie A (proiectată în direcția axei), dar R1 are o distanță focală mai mică decât R2, deoarece ambele sunt iluminate cu surse de aceeași luminanță, intensitatea luminoasă axială va fi aceeași la ambele reflectoare. Dar deoarece R1 are o distanță focală mai mică va recupera fluxul luminos de la sursă într-un unghi solid mai mare. Fluxul redistribuit de R1 va fi astfel mai mare decât fluxul de care dispune reflectorul R2. Ce se întâmplă cu diferența dintre fluxurile celor două reflectoare, având în vedere că în direcție axială ambele produc aceeași intensitate luminoasă? Răspunsul este că reflectorul R1 va furniza un fascicol de lumină mai larg decât reflectorul R2. Este interesant de notat că această concluzie poate fi confirmată de considerente geometrice. Conurile de lumină reflectate de către R1 au un unghi la vârf mai mare (deoarece R1 este mai apropiat de sursă) decât conurile din punctele corespondente de pe reflectorul R2. Acest argument se poate aplica la două lentile cu distanțe focale diferite, dar având aceeași arie. Lentila cu distanța focală mică va da un fascicul mai larg deoarece colectează mai mult flux, dar intensitatea maximă (în direcție axială) dată de cele două lentile va avea aceeași valoare.

### C. Metoda măririi imaginii sursei

Această metodă [28] se aplică de regulă la corpuri de iluminat cu lentile (refractorie) și calculele se fac în termeni de mărire a sursei.

Din formula luminanței prezentată în paragraful B, se poate obține expresia intensității luminoase a imaginii, în funcție de "mărirea" acesteia.

Fie  $A_1$  aria unui obiect, proiectată în direcția de observare și  $A_2$  aria imaginii. De asemenea, fie  $I_1$  și  $I_2$  intensitățile luminoase și  $L_1, L_2$  luminanțele corespunzătoare.

Luminanța  $L_2$  a imaginii este deci:

$$L_2 = \tau \cdot L_1 ; \quad L_1 = \frac{I_1}{A_1} ; \quad L_2 = \frac{I_2}{A_2} ; \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{\tau \cdot A_2}{A_1} \quad (2.11)$$

Dacă imaginea este vizibilă în întregime,  $A_2/A_1$  este "mărirea" ariei sursei realizată de sistemul optic, astfel că putem spune, în acest caz special, că intensitatea luminoasă este proporțională cu "mărirea" sistemului optic, în calcule intervenind și factorul de transmisie.

De exemplu, dacă sistemul produce o mărire de 10 ori a ariei sursei, atunci intensitatea imaginii va fi de 10 ori cea a sursei înmulțită cu pierderile în sistem. Această metoda este aplicabilă doar dacă sursa este mică în comparație cu mărirea sistemului de control, astfel încât imaginea (sau imaginile) sursei să fie completă.

## CONTURURI DE REFLECTOARE DEFINITE MATEMATIC

Proiectarea conturului reflectorului este o problemă de regulă complexă. Formele particulare de reflectoare sunt destul de limitate. Merită totuși atenție analiza acestora din punct de vedere luminotehnic.

Din punctul de vedere al proiectării formei reflectoarelor se pot distinge două clase:

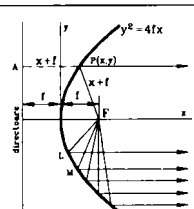
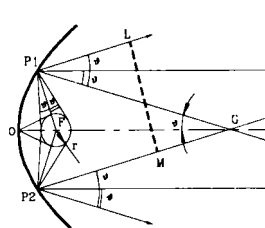
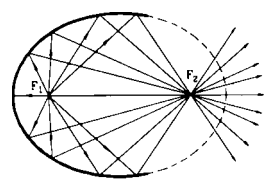
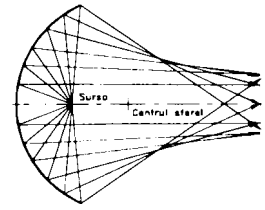
- ◆ contururi de bază - care se pot defini matematic;
- ◆ contururi generale - care nu au o formă definită matematic și care se construiesc pentru a realiza o anumită curbă de distribuție cerută a intensității luminoase.

Lumina reflectată de suprafețele oglindate se supune următoarelor legi:

- a) Raza de lumină incidentă, normala la suprafața reflectorizantă (în punctul de incidență) și raza reflectată, sunt toate în același plan.
- b) Unghiul de reflexie este egal cu unghiul de incidență. Poziția unei imagini poate fi determinată folosind aceste legi. De exemplu, se poate arăta că imaginea formată de oglinda plană este pe normala de la obiect la oglindă, în spatele oglinzii la o distanță egală cu distanța de la obiect la oglindă. Dacă oglinda este rotită cu un unghi, raza reflectată va fi rotită cu de două ori acel unghi. Acest aspect are o importanță deosebită în ceea ce privește precizia poziționării reflectoarelor oglindate, în general.

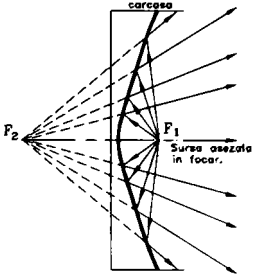
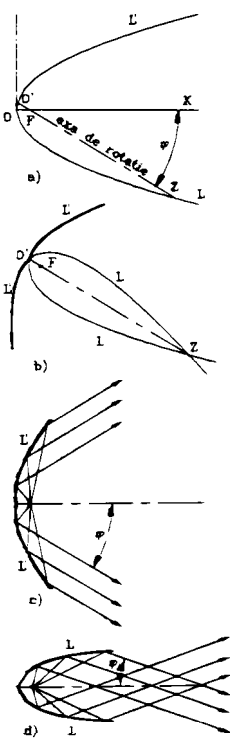
În tabelul 2-2 se prezintă o sinteză a curbelor matematice utilizate ca profile de reflectoare pentru corpurile de iluminat.

Tab. 2-2 Contururi de reflectoare definite matematic.

Figura explicativă	Relații matematice	Observații
	$y^2 = 4 \cdot f \cdot x$	<p>-O sursă punctiformă plasată în focar va produce un fascicul paralel de lumină.</p> <p>-Se utilizează cu preponderență la corpurile de iluminat de tip proiector, deoarece fluxul luminos este reorientat în jurul unei anumite direcții, unice, din spațiu.</p> <p>-Variante utilizate: paraboloid de rotație, cilindru parabolic (pentru surse liniare cum sunt tuburile fluorescente sau lămpile liniare cu halogen).</p>
<p>Determinarea distribuției intensității luminoase.</p>		
	$\theta = \arcsin \frac{r}{FP_1}$ $\theta = \arcsin \frac{r}{FP_2}$ $\theta = \arcsin \frac{r}{x+f}$	<p>-Reflector: cilindru parabolic</p> <p>-r-raza sursei cilindrice (de intensitate constantă în plan transversal), cu centrul în focalul parabolei.</p> <p>-P1 și P2: puncte simetrice pe reflector.</p> <p>-(x,y) – coordonatele unui punct P.</p> <p>Se trasează linii din P1 și P2 tangente la sursă și se obține unghiul <math>\theta</math> pe care acestea îl fac cu <math>FP_1</math> și respectiv cu <math>FP_2</math>. Razele reflectate vor forma tot un unghi <math>\theta</math> cu razele paralele cu axa. Dacă reflectorul este văzut sub unghiul <math>\theta</math> față de axă, întregul reflector dintre P1 și P2 va apare luminos. Intensitatea va fi proporțională cu suprafața proiectată a reflectorului în această direcție, care este LM înmulțit cu lungimea sursei. Procedul se repetă pentru un număr de puncte de pe reflector și rezultă distribuția intensității luminoase poate fi determinată.</p>
<p>2. Elipsa.</p>		
	$x = p(c - 2a \cdot \varphi) - a$	<p>-Elipticele au două focare, F1 și F2, și dacă sursa punctiformă este plasată într-unul, razele reflectate vor trece prin celălalt focar.</p> <p>-a și b – semilungimile axei mari și axei mici</p> <p>-Se folosește când lumina trebuie orientată spre o fantă (zona) limitată (chiar un punct), sau la proiectoare unde se cere o divergență specifică a fascicului de lumină.</p>
<p>3. Sfera.</p>		
	$x^2 + y^2 = r^2$	<p>Razele dintr-o sursă punctiformă plasată în centrul de curbură al unei oglinzi sferice concave, vor fi reflectate înapoi spre sursă.</p> <p>Pentru sursa plasată la o distanță egală cu jumătate din raza de curbură a oglinzii, razele apropiate de axă vor fi reflectate aproape paralel cu axa.</p> <p>Avantajul: o suprafață sferică se realizează tehnologic mai ușor decât oricare dintre suprafețele prezentate.</p>



Tab. 2-2 Contururi de reflectoare definite matematic (continuare).

Figura explicativă	Relații matematice	Observații
<p>4. Hiperbola.</p> 	$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$	<p>L f a elipsa, hiperbol. ... al doilea focar, dar acesta este în spatele oglinzii și razele de lumină diverg din acest punct.</p> <p>Este uneori utilizată în locul elipsei pentru a obține o divergență specifică a fluxului luminos reflectat. Reflectoarele hiperbolice sunt mai plate decât echivalentele lor elipsoidale.</p> <p>Deoarece razele de lumină diverg imediat după reflexie, este posibil ca o parte din ele să cadă pe carcasa (ramă) corpului de iluminat și conduc la pierderi de flux luminos.</p>
<p>5. Parabole rotite.</p> 		<p>O - vârful parabolei L.O.L' cu axa OX și focarul F.</p> <p>ZFO - Lama înclinată în jurul căreia se face rotirea ramurilor de parabolă.</p> <p>Rotirea ramurii superioare a parabolei OL' conduce la o suprafață deschisă (c), în opoziție cu cazul (b), obținut prin rotirea ramurii OL. Ecuațiile acestor suprafețe invocă puterea a 4-a a lui z (distanța în lungul lui OZ). Din acest motiv curbile se numesc "cuartice" închise și "cuartice" deschise.</p> <p>Cuarticile închise reflectă razele înapoi spre axă și reflectorul rezultat este compact. Cuartica deschisă reprezintă un reflector cu diametru mare și adâncime redusă (semănând cu cel hiperbolic).</p> <p>În general reflectoarele parabolice reproduc imaginea filamentului spiralat când se folosesc lampă cu halogen, a cărei luminanță este mare și fasciculul de lumină va prezenta neuniformități. Acest fenomen este eliminat la utilizarea profilurilor cuartice. Pentru a îmbunătăți performanțele oglinzilor parabolice în vederea eliminării imaginii filamentului se procedează la o "modulare a zărilor". Această echivalență se realizează prin rotirea unor segmente înclinate de parabolă de dimensiuni mici (de ordinul milimetrelor) în jurul axei.</p> <p>Suprafețele generate prin rotirea parabolei în jurul unei axe orizontale paralele cu axa OX, dar deplasată într-o parte, conduc la un reflector cu "zări fixe". Raza acestui zăr este egală în distanță dintre axa de rotație și axa parabolei. Acest tip de contur a fost utilizat de autor la realizarea proiectantului portabil cu halogen ELBA (tip PFX) și la realizarea farurilor proiector (D200) cu emisie în spectru infraroșu.</p>

Tab. 2-2 Contururi de reflectoare definite matematic (continuare).

Figura explicativă	Relații matematice	Observații
6. Reflectoare cu tăiere netă.		
	$y' = \frac{x \cdot \left(p - \frac{1}{p}\right) - a \cdot \left(p + \frac{1}{p}\right)}{2}$ $x = p(c - 2a \cdot \varphi) - a$ $x = p(c - 2a \cdot \varphi) - a$ $p = dy/dx = \operatorname{tg} \varphi$ $\varphi = \arctg(p)$ $c = -2y \text{ pentru } x = -a$ $p = \frac{y + \sqrt{(x^2 + y^2 - a^2)}}{x \cdot a}$	<p>În unele aplicații, la utilizarea surselor de iluminare tubulare, este necesară obținerea unei limitări nete a fasciculului de lumină, la un anumit unghi, în scopul evitării fenomenelor de orbire fiziologică.</p> <p>Razele marginii superioare ale fasciculelor reflectate sunt paralele și nu trec deasupra orizontalei.</p> <p>- z b l i.</p> <p>c-Constantă: în timp ce valoarea sa se mărește se obține o familie de curbe care trec tot mai departe de tub.</p> <p>Dacă <math>a</math> tinde spre 0, curbele se transformă în parabole cu distanța focală egală cu <math>c/2</math>.</p> <p>Dacă se dorește ca această curbă să treacă printr-un punct specificat, de coordonate <math>(x, y)</math>, se calculează parametrul <math>p</math>, apoi constanta <math>c</math>. Celelalte puncte de pe curbă rezultă prin alegerea unor unghiuri succesive <math>\varphi</math>. Se calculează apoi <math>x</math> și <math>y</math>.</p>
7. Involuta cercului		
	$x = a(\cos \theta + \theta \cdot \sin \theta)$ $y = a(\sin \theta + \theta \cdot \cos \theta)$ <p>Cercul de bază:</p> $x^2 + y^2 = a^2$	<p>Involuta cercului are o utilizare justificată dacă sursa reprezintă în secțiune un cerc, sau o formă apropiată de un cerc. Lumina reflectată nu va mai intersecta cercul (nu va mai fi obturată de sursa de lumină), această formă a reflectorului asigurând un randament ridicat al corpului de iluminat pentru o deschidere minimă a reflectorului.</p> <p>Metodă de construcție geometrică a involutei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Circumferința cercului reprezentând sursa, este divizată într-un număr de părți egale (de exemplu 14 părți) cu capetele marcate prin P1, P2, P3, etc.</li> <li>- Se trasează tangente în aceste puncte de lungime egală cu <math>1/14, 2/14, 3/14, \text{ etc.}</math> din circumferința cercului, obținând punctele R1, R2, R3,....</li> <li>-Se unesc punctele astfel obținute cu o linie continuă și se obține involuta. Construcția pe calculator conferă precii corespunzătoare</li> </ul>

Tab. 2-2 Contururi de reflectoare definite matematic (continuare).

Figura explicativă	Relații matematice	Observații
8. Reflectoare cu fațete.		
		<p>Reflectoarele cu fațete, realizate din elemente plane, au avantajul față de reflectoarele curbe datorită distribuției uniforme a intensității luminoase în interiorul fascicului, după cum se vede din diagrama de principiu alăturată. Din nefericire sunt dificil de realizat în mod economic din motive tehnologice.</p> <p><u>Construcția fațetelor cu programul AutoCAD.</u></p> <p>Presupunem că se cere un fascicul cu deschiderea de 15°. "O" este sursa de lumină. Linile OL<sub>1</sub>, OL<sub>2</sub>, OL<sub>3</sub>, etc. se desenează la 15° una de alta. OX este axa reflectorului și b secțează unghiul L<sub>2</sub>OL<sub>1</sub>. Primul element AB este așezat la o distanță oarecare de O, care stabilește dimensiunea convenabilă a desenului. E<sub>1</sub> se construiește perpendicular pe OX. Următorul element BC este așezat la un astfel de unghi încât raza OB atunci când este reflectată, să fie paralelă la AM. OC va fi atunci reflectată la 15° de AM. CD și elementele următoare se așează în aceeași manieră. Se constată că <u>elementele sunt tangente la parabola</u> cu distanța focală egală cu distanța de la O la AB (pe perpendiculara dusă din O la AB). Imaginile I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>, etc. sunt așezate pe dreapta directoare.</p> <p>Dimensiunea desenului poate fi scalată pentru a se potrivi cu dimensiunile dorite pentru reflector, care sunt în parte dictate de mărimea lămpii.</p>

Contururile de bază frecvent utilizate, sunt descrise de o ecuație de gradul al doilea. Destul de des se folosesc conicele. Curbele de acest tip sunt prin definiție locul geometric al punctelor a căror distanță la un punct fix este într-un raport constant cu distanța lor la o linie dreaptă. Punctul fix este "focarul" secțiunii conice, iar linia fixă este directoarea sa. Raportul constant este excentricitatea secțiunii conice. Ecuația polară a unei conice cu polul în focar este de forma[53]:  $r = p / (1 + e \cdot \cos \alpha)$ . Dacă excentricitatea "e", a secțiunii conice este egală cu unu, secțiunea este numită parabolă; dacă e este mai mică decât 1, elipsă. A treia secțiune conică, hiperbola, se obține când e este mai mare decât 1.

## 2.2 METODA GRAFICA DE PROIECTARE A CONTURULUI REFLECTORULUI PENTRU SURSA DE LUMINA PUNCTIFORMA.

### Etape de calcul.

Când distribuția cerută a intensității luminoase nu se poate obține cu unul din contururile clasice descrise matematic în capitolul anterior, se poate folosi metoda următoare [28,69,105,164] în care conturul este croit după curba polară de distribuție a intensității luminoase. Metoda se aplică doar la surse punctiforme sau lineare. Dacă se folosește o sursă de dimensiuni finite, nu ne putem aștepta la un grad de acuratețe satisfăcător.

În cazul sursei punctiforme reflectorul va fi o suprafață de revoluție (simetrică față de axa principală), iar în cazul sursei liniare reflectorul va avea formă de jgheab.

În rezumat, metoda constă în determinarea fluxului disponibil în fiecare zonă sferică de la sursa de lumină [28]. El este apoi orientat înspre o zonă unde există deficit între fluxul lămpii și fluxul necesar.

În Fig. 2 - 1 este prezentată curba polară a intensității luminoase impusă corpului de iluminat, liniile orizontale fiind proporționale cu fluxul zonal.

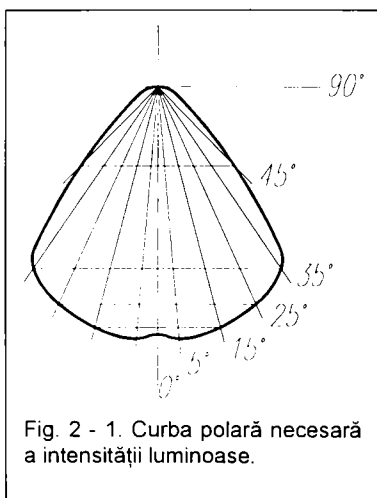


Fig. 2 - 1. Curba polară necesară a intensității luminoase.

Metoda Bean [28] necesită calculele laborioase, dar există o metodă elegantă care prin construcții geometrice permite reducerea timpului de proiectare. Utilizarea construcțiilor grafice nu înseamnă diminuarea preciziei. Chiar și figurile explicative prezentate în continuare, fiind efectuate pe calculator (cu programul AutoCAD), sunt la fel de exacte ca și calculele bazate pe formule.

Se presupune cunoscută curba de distribuția intensității luminoase a corpului de iluminat, de exemplu sub forma prezentată

în Fig. 2 - 1.

Procedeeul impune parcurgerea a 6 etape, prezentate în paragrafele următoare.

### A. Selectarea sistemului de reflector.

În sistemul (a) și (b) reflectoarele reflectă lumina înapoi peste axă; pe când în (c) și (d) lumina este reflectată departe de axa conturului. În (a) și (c) fundul reflectorului reflectă lumina în zone mai depărtate de axă (apropriate de orizontală), pe când în (b) și (d) este valabil contrariul. Sistemele (b) și (c) dau cele mai compacte reflectoare. Sistemul (a) are dezavantajul că înafară de dimensiunea mare, razele reflectate din fundul reflectorului trec prin învelișul lămpii și pot fi obturate de structura internă a lămpii. Sistemele (b) și (c) sunt cele mai folosite:

- (b) când se cere un corp de iluminat compact și o distribuție concentrată,
- (c) când trebuie iluminată o suprafață întinsă.

În cazul în care curba de distribuție a intensității luminoase (CDIL) are forma prezentată, sistemul de reflector (b) va fi cel convenabil.

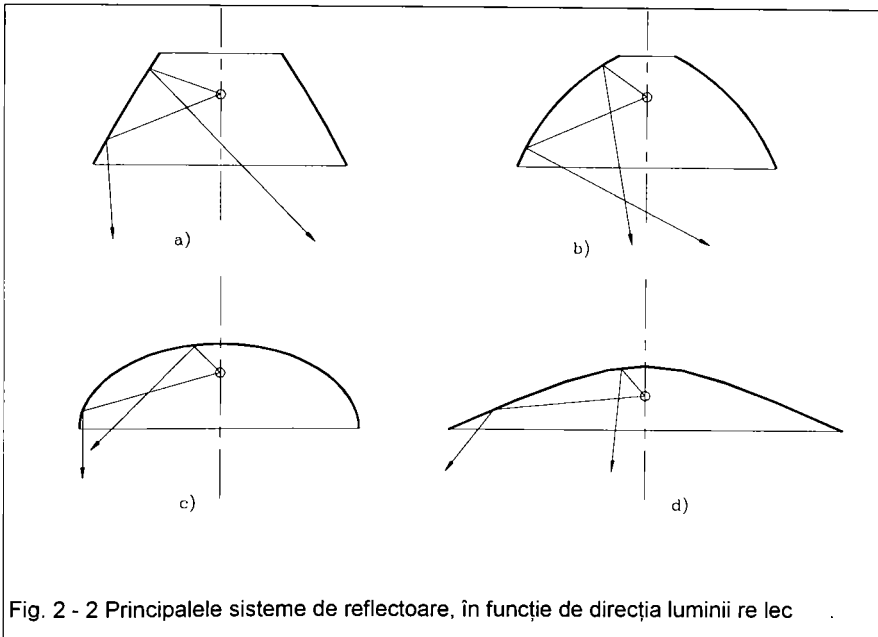


Fig. 2 - 2 Principalele sisteme de reflectoare, în funcție de direcția luminii re lec

### B. Determinarea fluxului disponibil de la lampa în fiecare zonă unghiulară

Vom face apel la faptul că fluxul zonal (în fiecare zonă a curbei polare) este proporțional cu distanța de la punctul de intensitate medie la axa verticală. Acest lucru

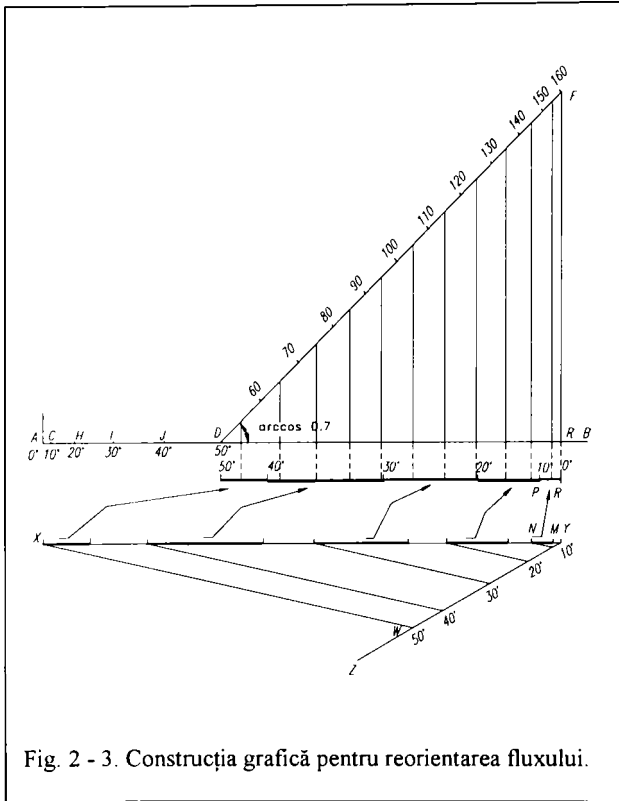


Fig. 2 - 3. Construcția grafică pentru reorientarea fluxului.

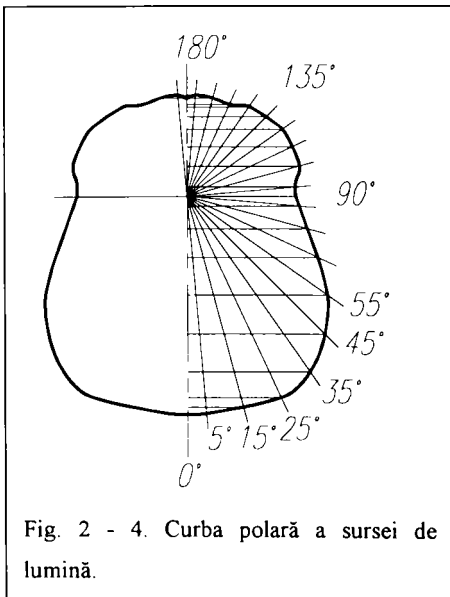


Fig. 2 - 4. Curba polară a sursei de lumină.

se poate ușor demonstra pe baza formulei unghiului solid pentru o zonă sferică. Segmentele cu care este proporțional fluxul sunt desenate pe curba polară a sursei, așa cum se vede în Fig. 2 - 4. Ținem să precizăm faptul că atât curba polară a sursei cât și cea a corpului de iluminat se desenează la aceeași scară. Din acest motiv nici nu s-au mai precizat valorile efective ale intensității lor, ac.....

neintervenind în construcția geometrică.

Trebuie să găsim fluxul disponibil de la sursa de lumină, având în vedere absorbția reflectorului.

Se trasează o linie orizontală, notată AB în Fig. 2 - 3.

Începând din punctul A se copiază succesiv segmentele trasate pe curba polară a sursei, proporționale cu fluxul zonal. Se marchează limitele zonelor, așa cum este prezentat, până când se întâlnește unghiul corespunzător limitei de acțiune a luminii directe. În

cazul nostru stabilim valoarea de  $50^\circ$ , corespunzător punctului D. Peste acest unghi trebuie luată în considerare absorbția reflectorului, și în cazul în care lumina este reflectată prin lampă, trebuie adăugate pierderi suplimentare. Considerăm că factorul de reflexie al reflectorului este, de exemplu 0,7. În continuare vom marca fluxul zonal de-a lungul liniei DF, înclinată față de AB la un unghi al cărui cosinus este egal cu 0,7. Se coboară apoi perpendiculare din punctele mediane ale fiecărei zone, pe AB. Segmentul AR reprezintă fluxul de care va dispune corpul de iluminat. Peste  $160^\circ$  fluxul se pierde din cauza duliei becului.

### C. Determinarea fluxului necesar în fiecare zonă unghiulară

Înainte de a găsi fluxul necesar în fiecare zonă unghiulară, trebuie să se echivaleze fluxul cerut cu cel disponibil. Acest proces înseamnă înmulțirea curbei polare a distribuției cerute, cu un factor de scalare care să reprezinte echivalarea fluxului disponibil pentru redistribuire. Altfel spus, cu sursa de lumină avută la dispoziție, CIL dispune de un flux mai mare decât cel necesar. Vom lua în considerare cazul frecvent în care interesează mai mult forma curbei de distribuție decât limitarea intensității luminoase la o anumită valoare. Precizăm că metoda este aplicabilă și pentru un astfel de caz, după cum se poate deduce cu ușurință.

În Fig. 2 - 3 am echivalat fluxul cerut cu segmentul AR. Dedesubtul liniei AR, se duce o linie XY egală și paralelă cu AR. Din Y se duce o linie YZ înclinată la un unghi în jur de  $30^\circ$ . Din Y se așează cap la cap distanțele corespunzătoare fluxului necesar pentru fiecare zonă, într-o manieră similară cu cea aplicată pentru fluxul disponibil. Începem așezarea distanțelor de la dreapta, deoarece reflectorul de tip (b) din Fig. 2 - 2 reflectă mai aproape de verticală razele din fundul reflectorului. Pentru reflectoarele (a) și (c) linia înclinată va fi desenată începând din A. Limita ultimei zone este la W. Se unește printr-o linie W cu X și se duc linii paralele la aceasta prin limitele zonale așa cum se vede în Fig. 2 - 3.

Fluxul necesar în fiecare zonă este acum marcat de-a lungul lui XY. Dar pentru a găsi echivalentul care trebuie reflectat în fiecare zonă trebuie mai întâi să scădem fluxul direct. De exemplu, în zona a  $0-10^\circ$  așezăm distanța MY egală cu AC. Diferența MN este echivalentă cu fluxul reflectat necesar. Dacă este disponibil mai mult flux decât cel necesar într-o anumită zonă, atunci este imposibil să obții distribuția cerută fără să folosești un sistem de reflexie (reflector) mai complicat sau să schimbi lampa.

#### D. Stabilirea legăturii între fluxul reflectat și fluxul necesar

Fluxul necesar prin reflexie este marcat de-a lungul lui DR în Fig. 2 - 3. De exemplu PR este luat egal cu NM și este notat cu  $10^\circ$ . Pozițiile de  $20^\circ, 30^\circ$  și  $40^\circ$  sunt găsite într-o manieră similară. Acum putem completa primele trei coloane în Tab.1 unde  $\theta$  este unghiul mijlocului zonei (media limitelor zonei),  $\delta$  este unghiul înspre care trebuie reorientată lumina, estimat din poziția diverselor perpendiculare (la scara unghiulară) de-a lungul dreptei DR. De exemplu pentru zona  $50^\circ-60^\circ$ , noi estimăm cum împarte perpendiculara zonei mediane distanța între  $40^\circ$  și  $50^\circ$ .

Procedeeul menționat se repetă apoi pentru alte zone. Uneori interpolarea nu este ușoară, caz în care trebuie utilizate zone mai mici (calculatorul ușurează mult această operație).

#### E. Determinarea unghiurilor elementelor de contur

Tab. 2 - 1 trebuie acum completat pentru a determina înclinația față de verticală a fiecărui element de reflector. Înclinarea elementului reflectorizant față de verticală

poate fi găsită folosind formula:

$$\varphi = (\vartheta - \delta) / 2, \text{ cu just } \bar{\text{carea prezentată}}$$

în Fig. 2 - 5.

Centrul sursei de lumină este în punctul A, și  $XX'$  este un element de suprafață al reflectorului. Utilizăm faptul că unghiul de incidență  $\beta$  este egal cu unghiul de reflexie.

Deoarece unghiul  $NPX'$  este de  $90^\circ$ , putem scrie că:

$$\beta + \delta + \varphi = 90^\circ$$

Din triunghiul APC rezultă:

$$\vartheta + \delta + 2\beta = 180^\circ;$$

$$\vartheta + \delta + 2(90^\circ - \delta - \varphi) = 180^\circ \text{ Astfel}$$

obținem:  $\varphi = (\vartheta - \delta) / 2$ . La sistemele de

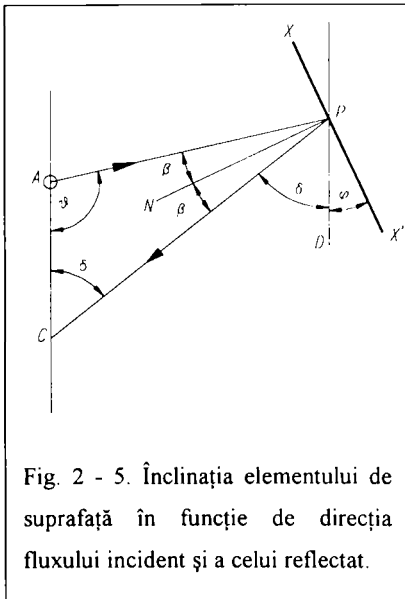


Fig. 2 - 5. Înclinația elementului de suprafață în funcție de direcția fluxului incident și a celui reflectat.

reflectoare (c) și (d), prezentate în Fig. 2 - 2, dacă razele reflectate pleacă în partea dreaptă a liniei PD din Fig. 2 - 5, atunci unghiul va fi pozitiv în formula de mai sus.



## F. Desenarea conturului reflectorului

Se marchează centrul sursei și se desenează linii, plecând din aceasta, la intervale de  $10^\circ$  pentru a marca limitele zonale, așa cum se vede în Fig. 2 - 6.

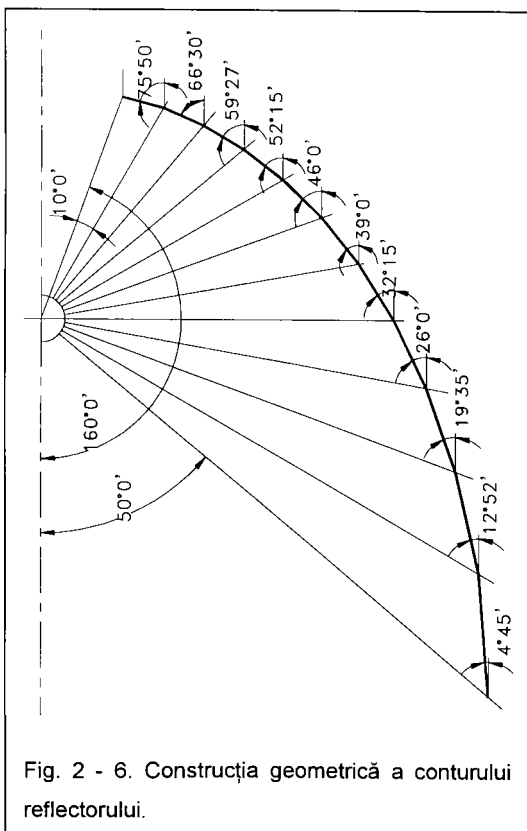
Primul element, între liniile radiale la  $150^\circ$  și  $160^\circ$  este înclinat la unghiul de  $75^\circ 50'$  față de verticală, așa cum rezultă din Tab.2-3. Procesul continuă pentru restul elementelor. Conturul reflectorului este apoi desenat în mod continuu tangent la toate elementele.

Distanța de la primul element la centrul sursei dictează mărimea reflectorului și trebuie aleasă pentru a

permite o ventilație adecvată și o schimbare ușoară a becului.

Etapele prezentate în paragrafele A,B,C se pot înlocui prin calcularea constantelor zonale.

Reflectoarele în formă de jgheab pot fi proiectate pentru a obține distribuția dorită într-un plan transversal (non-axial), folosind aceeași procedură, dar în locul considerării fluxului zonal proporțional cu  $I \cdot \sin \vartheta$  (segmentele orizontale din curba polară), acesta se va lua proporțional cu intensitatea  $I$ .



Tab. 2 - 1. Determinarea înclinării elementelor de contur ale reflectorului.

Limitele zonei	Unghiul mijlocului zonei $\theta$	Unghiul spre care trebuie reorientata lumina $\delta$	Diferența dintre unghiuri $\theta - \delta$	Înclinarea elementelor față de verticala $\varphi = (\theta - \delta) / 2$
50-60	55	45°30'	9°30'	4°45'
60-70	65	39°15'	25°45'	17°52'
70-80	75	35°50'	39°10'	19°35'
80-90	85	33°00'	52°00'	26°00'
90-100	95	30°30'	64°30'	32°15'
100-110	105	27°00'	78°00'	39°00'
110-120	115	23°00'	92°00'	46°00'
120-130	125	20°30'	104°30'	52°15'
130-140	135	15°30'	119°30'	59°45'
140-150	145	12°00'	133°00'	66°30'
150-160	155	3°20'	151°40'	75°50'
160-170	165			

## **2.3 METODA GRAFICA DE PROIECTARE A CONTURULUI REFLECTORULUI ȘI DE VERIFICARE PENTRU SURSA SFERICA.**

### **2.3.1 Dimensiunile sursei de lumină și imaginea a acesteia în reflector.**

O metodă de proiectare a reflectoarelor oglindate pentru a produce o distribuție dorită a intensității luminoase plecând de la distribuția cunoscută a sursei de lumină a fost lansată încă din 1923 de către Waldram [53,151,152]. Metoda folosește curbele de flux cumulat ale sursei de lumină și ale corpului de iluminat. Aceste curbe sunt astfel aranjate una față de alta, încât la unghiuri succesive este posibilă citirea direcției în care fluxul emis de bec trebuie reorientat de către reflector pentru a obține distribuția dorită. Reflectorul este proiectat pe baze geometrice, considerând sursa de lumină punctiformă [151]. Având în vedere dimensiunile surselor de lumină actuale, apare necesitatea imperioasă de verificare a distribuției intensității luminoase pentru ansamblul reflector - sursă de lumină de dimensiuni mari.

În reflectoarele oglindate privite dintr-o anumită direcție, se vede imaginea sursei. Această imagine reprezintă acum o sursă secundară de lumină. Imaginea sursei, față de "original" poate fi mărită, micșorată sau distorsionată într-o oglindă curbă. De asemenea, imaginea poate apare întregă sau parțială (la marginile reflectorului). Luminanța imaginii este egală cu luminanța sursei de lumină înmulțită cu reflectanța suprafeței reflectorului.

În reflectoarele destinate producerii unui flux concentrat de lumină, atunci când sunt privite din apropierea axei, imaginea sursei umple întreaga suprafață a reflectorului. Sursa efectivă de lumină este în acest caz un disc circular cu diametrul egal cu deschiderea reflectorului, iar intensitatea luminoasă este maximă. Mici abateri de la profilul reflectorului nu vor avea efecte asupra valorii intensității luminoase deoarece urmărind traseul invers al unei raze de lumină, aceasta va intersecta în altă parte sursa, dar va trece sigur prin ea. Imaginea sursei va umple totuși reflectorul și intensitatea rămâne neschimbată. La unghiuri mai mari față de axa reflectorului vor exista raze (inverse) care nu intersectează sursa, imaginea sursei nu va mai umple reflectorul și intensitatea luminoasă se va diminua. În această direcție a fascicolului

abaterile de la profilul reflectorului vor afecta imaginea sursei și prin urmare apar modificări ale intensității luminoase.

Reflectoarele proiectate pentru a produce o distribuție dată a intensității luminoase se comportă altfel decât reflectoarele destinate producerii unui flux concentrat. Imaginea sursei în reflector nu mai umple, de obicei, întreaga deschidere a acestuia, ci doar o anumită zonă. În funcție de direcția din care este privit. Luminanța imaginii este, așa cum s-a mai menționat, proporțională cu luminanța sursei. Factorul de proporționalitate este egal cu reflectanța suprafeței oglindate. Abaterile de la forma proiectată a acestor reflectoare conduc la modificări importante ale intensității luminoase deoarece aria imaginii sursei se modifică.

Din cele prezentate mai sus rezultă că apar două aspecte de care trebuie să se țină seama:

a) Reflectorul este proiectat având în vedere o sursă de lumină de dimensiuni foarte mici. Fiecare suprafață elementară de pe conturul reflectorului este astfel orientată încât reflectă lumina într-o anumită direcție. Practic sursele de lumină au dimensiuni finite. Privind reflectorul dintr-o anumită direcție se vede imaginea sursei reale în zone ale reflectorului mult mai întinse decât cele proiectate. Apar deci părți ale conturului reflectorului care reflectă lumina de la sursa de dimensiuni finite în altă direcție decât cea preconizată pentru surse punctiforme. Aceasta implică o modificare a distribuției intensității luminoase rezultate cu atât mai pronunțată cu cât mărimea sursei de lumină se apropie de dimensiunile reflectorului.

b) Erorile de execuție ale profilului reflectorului vor determina modificarea imaginii sursei în reflector și deci a ariei sale. În consecință, la reflectoarele care nu produc un flux concentrat (și imaginea sursei nu umple reflectorul) vor exista variații ale intensității luminoase în limite mult mai largi decât cele proiectate.

Cele două efecte prezentate sunt cumulative și un reflector proiectat pentru a produce o distribuție specifică a intensității luminoase, și în special una de mare rezoluție, poate fi realizat doar dacă mărimea sursei este mică în comparație cu mărimea reflectorului și luminanța acestei surse este corespunzător de mare. În plus precizia prelucrării reflectorului trebuie să fie foarte bună.

### **2.3.2 Proiectarea conturului reflectorului în cazul surselor punctiforme.**

Efectul mărimii sursei asupra distribuției intensității luminoase poate fi urmărit pornind de la un exemplu. Considerăm un reflector oglindat cu simetria axială destinat

obținerii unei iluminări uniforme într-un plan orizontal aflat sub el, cu o deschidere unghiulară a fascicului de lumină de  $40^\circ (\pm 20^\circ)$  fața de axă. Pentru simplificare se consideră că lumina directă emisă de sursă este complet ecranată. Intensitățile luminoase relative necesare și fluxurile corespunzătoare în zone succesive pot fi calculate după modelul din Tab. 2 - 2.

Tab. 2 - 2. Condiții impuse reflectorului: intensități relative și flux zonal.

Unghiul de emisie $\delta$ (axa orientată în jos)	Intensitatea luminoasă relativă		Factor Zonal	Flux zonal relativ	Fluxul cumulat total [lm]	Fluxul cumulat total corectat [lm]
	(2)	(3)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0	1000					0
5	1025	1012	0.0238	24	24	59
10	1050	1038	0.0714	77	101	248
15	1110	1080	0.1185	118	219	514
20	1220	1135	0.1640	187	406	1000

$$E_0 = I_0 * \frac{\cos^3 \delta}{h^2} = I_0 * \frac{I}{h^2}$$

Iluminarea orizontală în punctul axial O (Fig.2-7) este:

$$E_\alpha = I_\alpha * \frac{\cos^3 \delta}{h^2}$$

Iluminarea orizontală în punctul A trebuie să fie identică cu cea din O.

$$E_\alpha = E_0; \quad I_\alpha * \frac{\cos^3 \delta}{h^2} = I_0 * \frac{I}{h^2}; \quad I_\alpha = \frac{I_0}{\cos^3 \delta}$$

Considerând intensitatea axială relativă  $I = 1000$ , se poate completa coloana (2) și (3) din Tab. 2 - 2.

Fluxul zonal se calculează cu formula:

$$\Phi_i = I_i \cdot 2\pi(\cos \delta_1 - \cos \delta_2) \text{ sau } \Phi_i = I_i \Delta \delta$$

Cu valorile obținute cu formula pentru factorul zonal:  $\Delta \delta = 2\pi(\cos \delta_1 - \cos \delta_2)$ , se completează coloana (4) din Tab. 2 - 2, și apoi, pe baza formulei (3.12) se completează coloana (5). Fluxul cumulat total din coloana (6) se calculează adunând fluxurile zonale

corespunzătoare. În ultima coloană fluxul relativ a fost multiplicat cu un factor egal cu 1000/406 astfel încât să se obțină fluxul total emis de 1000[Im], ca valoare convențională.

Sursa de lumină în acest exemplu se consideră sferică și cu distribuție uniformă a intensității luminoase. Secvențele următoare de calcul pot fi parcurse și dacă se are în vedere o sursă inelară, sub formă de disc sau liniară, cu distribuție cunoscută a intensității luminoase. Astfel de surse complică într-o anumită măsură procesul de proiectare.

Să presupunem, într-un sistem de referință cu originea în centrul sursei, că reflectorul receptează lumină de la sursă sub unghiurile  $\delta$  de la  $45^\circ$  la  $120^\circ$  față de axa verticală. Factorul zonal pentru acest interval este 7,546. În interiorul acestei zone sursa de lumină trebuie să asigure 1000[Im], pentru a coincide cu fluxul reflectorului, în condițiile considerării unei reflectanțe egale cu unitatea. Astfel intensitatea luminoasă a sursei trebuie să fie  $1000/7,546$ , adică 132,5. Zonele care receptează fluxul pot fi calculate după modelul expus, și se obține Tab. 2 - 3.

Tab. 2 - 3. Condiții date pentru sursa de lumina: intensități relative și fluxul zonal

Unghiul $\alpha$ de recepție pe reflector (de la axă în sus)	Intensitatea luminoasă relativă		Factor zonal	Fluxul relativ zonal	Flux cumulativ [Im]
	(2)	(3)			
(1)	Valori la mijlocul zonei			(5)	(6)
45	132.5				0
50	"	132.5	0.369	49	49
60	"	"	0.897	119	168
70	"	"	0.992	132	300
80	"	"	1.056	139	439
90	"	"	1.092	145	584
100	"	"	1.092	145	729
110	"	"	1.056	139	868
120	"	"	0.992	132	1000

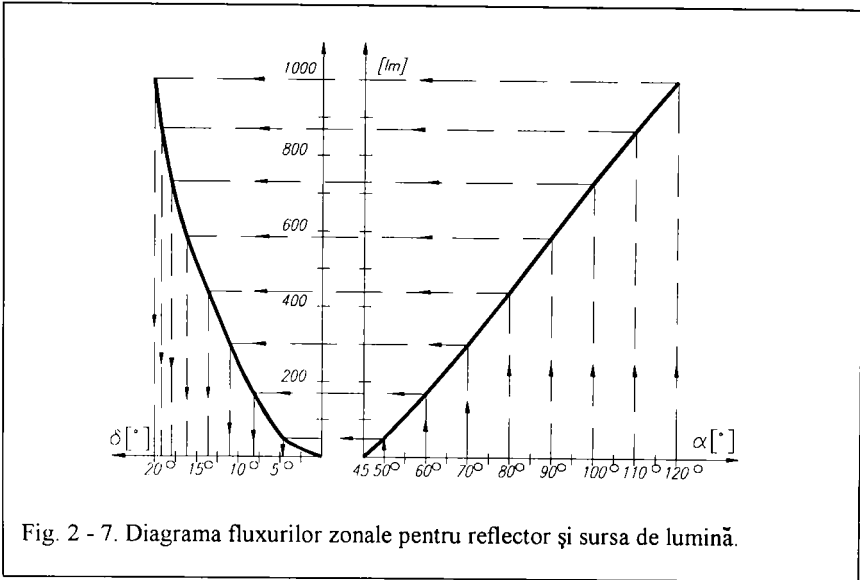


Fig. 2 - 7. Diagrama fluxurilor zonale pentru reflector și sursa de lumină.

În Fig. 2 - 7 sunt prezentate împreună diagramele zonale ale fluxului pe care trebuie să-l emită reflectorul, cu datele din Tab. 2 - 2, și ale fluxului receptat de reflector de la sursă, cu datele din Tab. 2 - 3. Diagramele sunt aranjate astfel încât axa fluxului zonal să fie comună. La o anumită valoare a unghiului  $\alpha$  (de pe reflector) de pe curba din partea dreaptă se obține fluxul zonal, care ajunge de la sursă la reflector. Acest flux trebuie reorientat înspre o direcție față de axa ce se citește din diagrama din partea stângă a Fig. 2 - 7. Cu valorile citite se completează Tab. 2 - 4, coloanele (1) și (2).

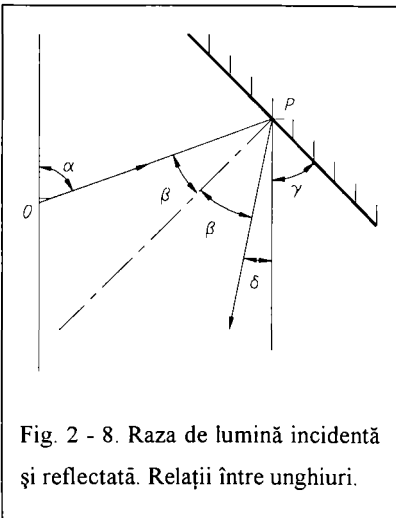


Fig. 2 - 8. Raza de lumină incidentă și reflectată. Relații între unghiuri.

În Fig. 2 - 8 este prezentat un element de reflector din punctul P, aflat la unghiul  $\alpha$  de recepție al fluxului furnizat de sursa plasată în punctul O, unghi prezentat în coloana (1) din Tab. 2 - 4. Unghiul spre care trebuie reorientat fluxul, conform coloanei (2) este notat cu  $\delta$ . Din legea reflexiei regulate unghiul de incidență este egal cu unghiul de reflexie (notate cu  $\beta$ ). Unghiul  $\gamma$  este înclinația reflectorului în punctul P, astfel încât fluxul primit din direcția  $\alpha$  să fie reorientat după direcția  $\beta$ .

Din considerente geometrice (Fig. 2 - 8), se vede că:

$$\beta + \delta + \gamma = 90^\circ; \gamma = 90^\circ - \beta - \delta; \alpha = 2 * \beta + \delta; \beta = \frac{\alpha - \delta}{2}$$

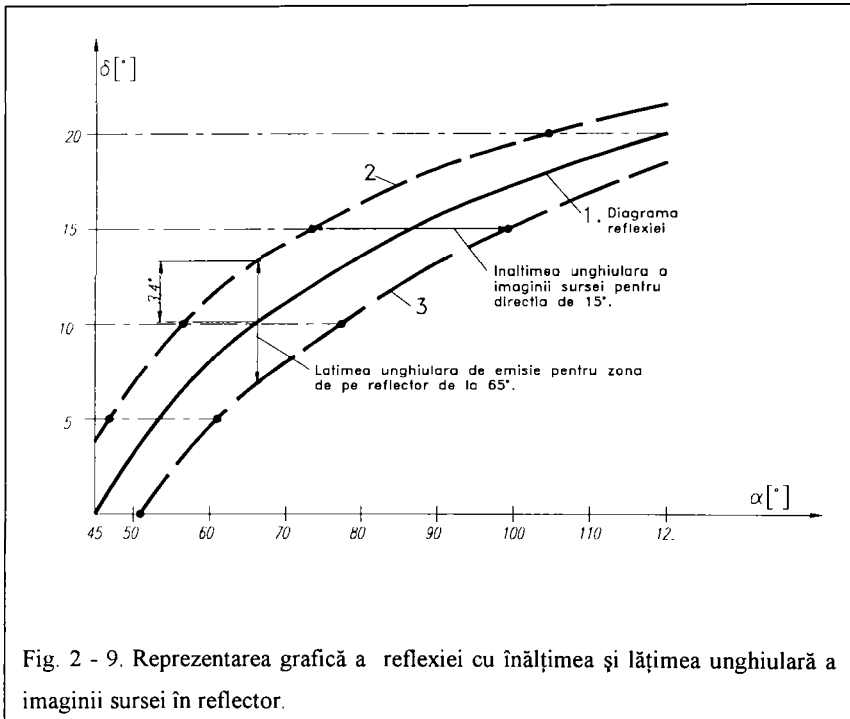


Fig. 2 - 9. Reprezentarea grafică a reflexiei cu înălțimea și lățimea unghiulară a imaginii sursei în reflector.

Rezultă înclinația reflectorului, notată cu  $\gamma$ :  $\gamma = 90^\circ - \frac{\delta + \alpha}{2}$ . Cu această formulă se

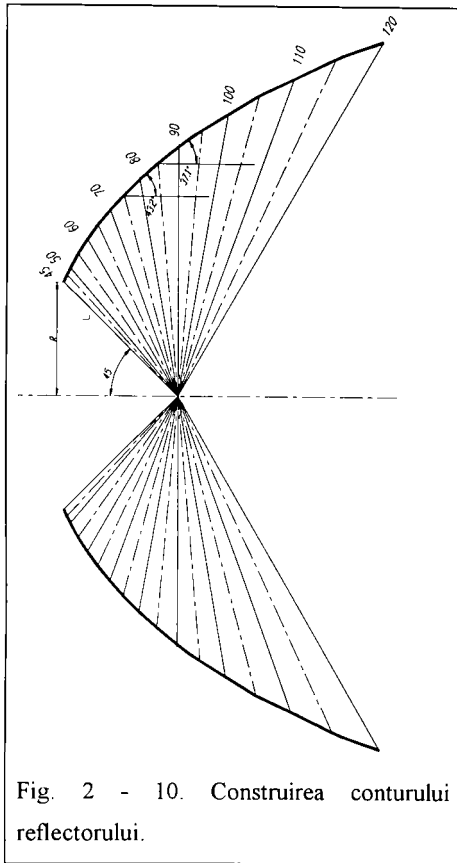
poate completa coloana (3) din Tab. 2 - 4.

Tab. 2 - 4. Diagrama reflexiei.

Unghiul de recepție pe reflector	Unghiul spre care fluxul trobuic rcorientat de reflector	Inclinația reflectorului
(1)	(2)	(3)
45	0	67.5
50	4.5	62.4
60	8.5	55.7
70	11.1	49.45
80	13.6	43.2
90	15.8	37.1
100	17.3	31.35
110	18.8	25.6
120	20.0	20.0

Conturul reflectorului poate fi construit (Fig. 2 - 10) pe baza datelor din coloana (1) și (3) din Tab. 2 - 4, plecând de la o distanță aleasă între centrul sursei și marginea reflectorului. Acest contur odată desenat se poate





scala pentru a se putea potrivi cu dimensiunile de gabarit impuse corpului de iluminat. Conturul final va fi o curbă continuă, tangentă la segmentele construite.

Un reflector cu un profil neted, realizat cu foarte mare acuratețe față de aceste tangente și prevăzut cu o sursă de lumină sferică, foarte mică, va da distribuția dorită a intensității luminoase. În mod concret, în cazul urmărit va da o iluminare constantă într-un plan orizontal plasat sub reflector.

### 2.3.3 Efectul dimensiunilor finite ale sursei de lumină

Diagrama reflexiei din Tab. 2 - 4 se reprezintă grafic în Fig. 2 - 9 , cu linie continuă (curba 1).

În Fig. 2 - 11 este prezentată o sursă de lumină sferică plasată într-un reflector construit pentru o sursă de lumină de dimensiuni foarte mici. În punctul P reflectorul este astfel orientat încât dacă primește lumina din punctul O sub unghiul  $\alpha$ , să o reorienteze în direcția  $\beta$ . Dimensiunile mari ale sursei fac ca din punctul P să plece un fascicul de lumină cu axa după direcția  $\beta$  și cu deschiderea unghiulară care depinde de dimensiunile sursei și de distanță la care se găsește aceasta față de reflector.

Notând cu R raza sferei ce reprezintă sursa de lumină și cu L distanța de la centrul sursei la punctul P de pe reflector, unghiul  $\epsilon$ , ce reprezintă semideschiderea fascicului de lumină reflectat în punctul P se calculează cu formula:  $\epsilon = \arcsin \frac{R}{L}$

Având profilul reflectorului deja construit, se pot măsura sau calcula distanțele L pentru fiecare unghi. Se pot astfel completa primele coloane din Tab. 2 - 6, iar cu formula (3.19) cunoscând raza sursei de lumină (4,58 mm în cazul nostru) se poate completa

coloana (4).

Tab. 2 - 5. Înălțimea imaginii sursei pe reflector în planul axial.

Unghiul luminii reflectate [°]	Zona luminoasă (imaginea sursei) [°]	Înălțimea imaginii $\Delta h$ [cm]
(1)	(2)	(3)
0	45 - 48.5	0.44
5	45.8 - 59.7	1.70
10	54.7 - 76.7	3.04
15	72.5 - 99.5	4.64
20	105 - 120	4.20

Dacă semiunghiul subîntins de sursă se adaugă și se scade din unghiul de emisie din

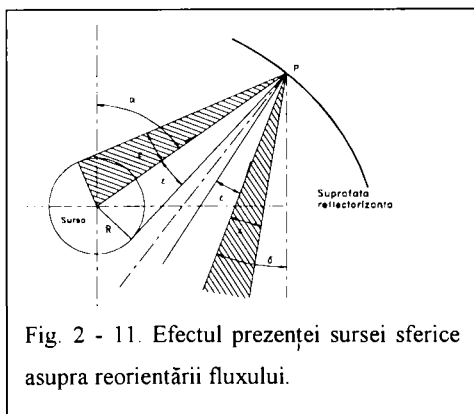


Fig. 2 - 11. Efectul prezenței sursei sferice asupra reorientării fluxului.

coloana (2) proiectat pentru o sursă punctiformă, se obține intervalul total de emisie din coloana (5). Se completează graficul din Fig. 2 - 9. cu cele două curbe limită, desenate cu linie întreruptă, de-o parte și de alta a curbei proiectate. Din aceste im te se poate citi extinderea imaginii sursei în oricare alt plan.

Dacă în Fig. 2 - 9 se trasează o linie orizontală la fiecare unghi de emisie al reflectorului, se poate citi zona de reflector în care apare imaginea sursei atunci când este privit din acel unghi de la distanță mare. Cu unghiurile ce limitează aria imaginii pe conturul reflectorului, se poate măsura dimensiunea imaginii sursei în planul axial, pentru fiecare direcție de emisie. Această înălțime apare în Tab. 2 - 5.

Coloana (2) din Tab. 2 - 5 se completează pe baza graficelor din Fig. 2 - 9. Se trasează o linie orizontală corespunzătoare unghiului de emisie dorit și la intersecția cu curbele limită se citește unghiul de pe reflector de unde vine lumina în acea direcție. Pe conturul reflectorului se poziționează zonele care trimit lumina într-o anumită direcție și se măsoară proiecția înălțimii imaginii pe acea direcție ca în Fig. 2 - 12. De exemplu, fluxul luminos este trimis în direcția de  $5^\circ$  de către zona de pe reflector dintre  $45,8^\circ$  și  $59,7^\circ$ . Se măsoară înălțimea  $h$  a acestei zone, având în vedere înclinația de  $5^\circ$  și se obține 1,7 cm. În acest fel se completează coloana (3) din Tab. 2 - 5.

Tab. 2 - 6. Intervalul unghiular de emisie al reflectorului cu sursa sferică.

Unghiul de reflexie pe reflector [ $\alpha^\circ$ ]	Unghiul luminii reflectate (de emisie) [ $\delta^\circ$ ]	Distanța radială [cm]	Unghiul subântins de sursă [ $\epsilon^\circ$ ]	Intervalul unghiular de emisie [ $^\circ$ ]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)+(4)
45	0	6.89	$\pm 3.81$	$\pm 3.81$
50	4.5	7.15	3.68	8.18-0.82
60	8.5	7.66	3.43	11.93-5.07
70	11.1	8.40	3.13	14.28-7.98
80	13.6	9.38	2.81	16.41-10.79
90	15.8	10.50	2.50	18.30-13.30
100	17.3	12.12	2.17	19.47-15.13
110	18.8	14.29	1.84	20.64-19.96
120	20.0	19.34	1.51	21.51-18.49

Am obținut astfel înălțimea în plan vertical a imaginii sursei. Acum este necesar să-i

căutăm lățimea, respectiv dimensiunea într-un plan normal pe planul axial, lucru care este mult mai dificil.

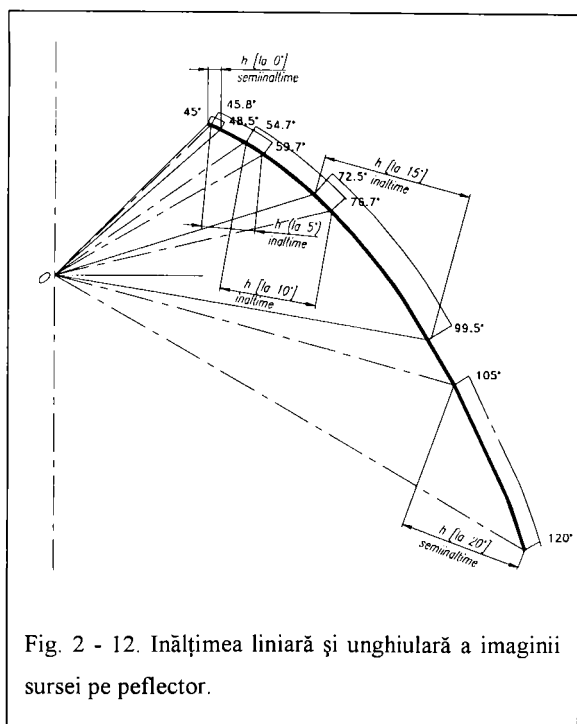


Fig. 2 - 12. Înălțimea liniară și unghiulară a imaginii sursei pe peflector.

### 2.3.4 Efectul în plan transversal

Un element circular al reflectorului emite eventual un con de lumină care pe un plan transversal formează o elipsă. Dacă se consideră elementele de pe reflector în planul axial ce emit lumină la  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ , acestea produc o serie de elipse (aproape cercuri) în

plan transversal.

Un element de pe reflector care din curba (1) Fig. 2 - 9 emite lumină la  $10^\circ$ , (corespunzător sursei punctiforme) datorită dimensiunilor finite ale sursei (în cazul

nostru o sursă sferică) va emite de fapt un con de lumină a cărei deschidere semiunghiulară rezultă din Fig. 2 - 9, ca distanța pe verticală între curbele (1) și (2), respectiv (1) și (3).

Pentru determinarea lățimii unghiulare a imaginii sursei de lumină în reflector, se considera o secțiune axială ca cea din Fig. 2 - 13. În reprezentare polară unghiulară vom desena, cu centrul în A și raza corespunde deschiderii semiunghiulare, cercul ce

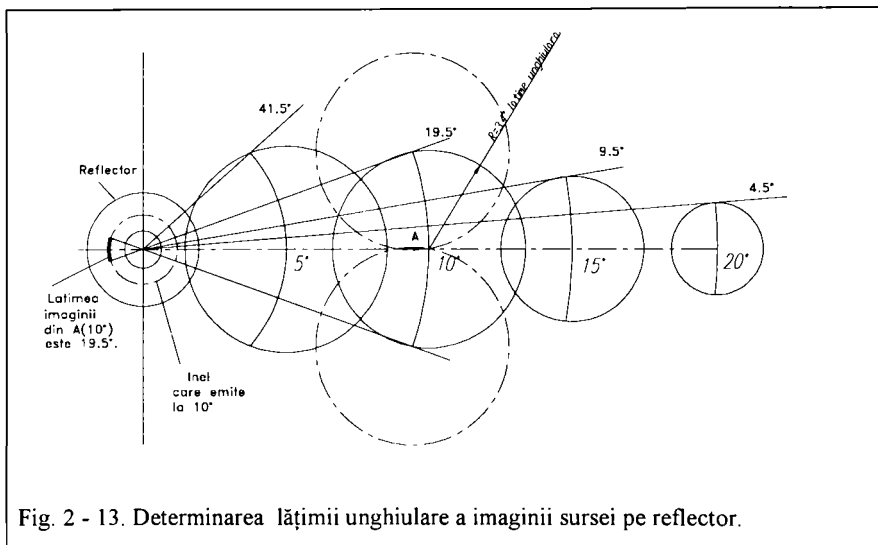


Fig. 2 - 13. Determinarea lățimii unghiulare a imaginii sursei pe reflector.

reprezintă fasciculul de lumină care are axa exact în punctul A. El provine din punctul A' de pe reflector. Dar în punctul A va ajunge lumină și de la fasciculele care pleacă de pe reflector de la elementele vecine. Ultimul element al cărui fascicul încă mai trimite lumină pe direcția A este desenat cu linie punctată în Fig. 2 - 13. Acesta are centrul în punctul M și provine din punctul M' de pe reflector. Unghiul AOM se poate măsura (calcula) în cazul nostru fiind de  $19^{\circ}30'$ . Acesta este egal cu unghiul A'OM', deci semiunghiul pe reflector, pentru direcția de  $10^{\circ}$ , care semnifică dimensiunea unghiulară

Tab. 2 - 7. Lățimea unghiulară și liniară a imaginii sursei în reflector.

Unghiul luminii reflectate [°]	Lățimea unghiulară $\gamma$ [°]	Lățimea liniară [cm]
(1)	(2)	(3)
0	180	90.41
5	41.5	8.25
10	19.5	4.97
15	9.5	3.32
20	4.5	2.33

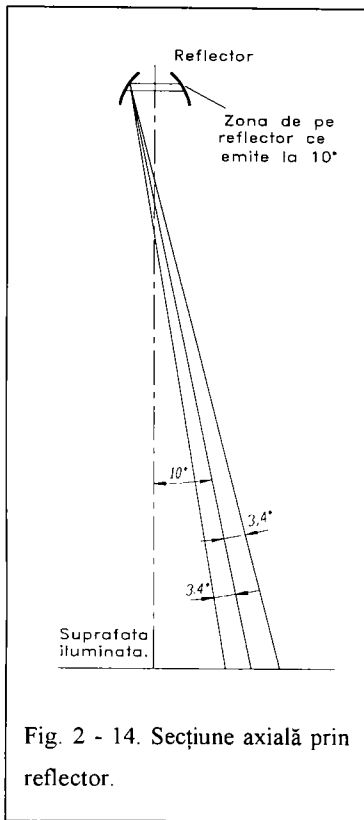


Fig. 2 - 14. Secțiune axială prin reflector.

a sursei în plan transversal.

Această construcție poate fi repetată pentru inele succesive ale elementelor reflectorului, care reflectă la  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  și  $20^\circ$  față de axă. Pentru fiecare inel am determinat, deci lățimea imaginii în mărimi unghiulare. Cu aceste valori se completează coloana (2) din Tab. 2 - 7.

În vederea calculării lățimii liniare din lățimea unghiulară se procedează astfel:

- Se stabilesc punctele de pe reflector care pentru o sursă punctuală trimit lumină la  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ .

- Se determină unghiul de recepție pe reflector pentru fiecare unghi de emisie de  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ... Aceasta se poate face folosind curba (1) din Fig. 2 - 9.

- Se calculează raza  $R$  din Fig. 2 - 3 cu formula:  $R = L \cdot \sin \alpha$ . De remarcat că această rază rezultă direct din proiectul reflectorului,

stabilit la începutul acestui capitol.

- Se calculează pentru fiecare unghi de emisie de  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ... lungimea arcului de cerc cu raza  $R$  și unghiul la centru din col.(2) Tab. 2 - 7 cu formula:

$$L = \frac{2\pi}{360} \cdot R \cdot 2\gamma = \frac{\pi}{90} \cdot \gamma \cdot R. \text{ Aceasta este lățimea liniară a imaginii sursei cu care se }$$

completează coloana (3) Tab. 2 - 7.

Cu datele finale din Tab. 2 - 6 și Tab. 2 - 7 se completează Tab. 2 - 8. Ariile din coloana (4) corespund unor segmente de coroană circulară.

Valorile din ultima coloană a Tab. 2 - 8 pot fi reprezentate grafic printr-o diagramă polară împreună cu curba proiectată, ca în Fig. 2 - 15. Valorile au fost ajustate proporțional pentru a reprezenta curbele împreună.

Curbele de distribuție a intensității luminoase poziționate în Fig. 2 - 15 pentru un reflector oglindat au următoarea semnificație:

1. Curba pentru care s-a proiectat conturul reflectorului, considerând sursa punctiformă
2. Sursă sferică cu  $\varepsilon = \pm 1^\circ$  la  $\alpha = 90^\circ$
3. Sursă sferică cu  $\varepsilon = \pm 2.5^\circ$  la  $\alpha = 90^\circ$ .
4. Sursă sferică cu  $\varepsilon = \pm 5^\circ$  la  $\alpha = 90^\circ$

Tab. 2 - 8. Aria imaginii sursei.

Unghiul de emisie [°]	Înălțimea imaginii (Tab. 2 - 6) [cm]	Lățimea imaginii (Tab. 2 - 7) [cm]	Aria imaginii sursei (în proiecție), proporțională cu intensitatea luminoasă [cm <sup>2</sup> ]
(1)	(2)	(3)	(4)
0	0.44	30.41	15.1
5	1.70	8.25	15.3
10	3.04	4.97	15.15
15	4.64	3.32	15.4
20	4.20	2.33	9.3

Cu mărimea sursei luată în considerare este greu de atins curba proiectată: valorile din apropierea axei sunt mai mari decât cele proiectate, iar tăierea netă la unghiul de  $20^\circ$  nu se realizează. Nici valorile proiectate pentru unghiul de  $20^\circ$  nu se obțin, deoarece pentru această direcție imaginea sursei depășește marginea reflectorului (imaginea nu este completă). Dacă se repetă calculele pentru o sursă care se vede sub unghiul de  $\pm 1^\circ$  din punctul de pe reflector corespunzător lui  $\alpha = 90^\circ$ , se obține curba reprezentată cu linie întreruptă. Aceasta urmărește mai bine curba proiectată și se obține o aproximare mai bună la unghiuri mici și în zona tăierii de la  $20^\circ$ . Apare însă, în acest caz, un sâmbure central inacceptabil.

O sursă care subîntinde  $\pm 5^\circ$  la  $\alpha = 90^\circ$ , reprezentată prin linie subțire, ne dă o aproximare corectă a curbei proiectate, dar o proastă tăiere la  $20^\circ$  și cu tendința unui centru întunecat.

De remarcat faptul că sursele luate în considerare nu au dimensiuni apreciabile. Pentru reflectorul cu diametrul de 30 cm, sursele ce subîntind unghiurile de  $\pm 1^\circ$ ,  $\pm 2.5^\circ$  și  $\pm 5^\circ$  au diametrul de 0,36 cm, 0,9 cm și 1,9 cm.

În concluzie, metoda Waldram oferă un instrument grafic de calcul și verificare a reflectoarelor oglindate cu surse de dimensiuni mari. Are însă și câteva imperfecțiuni legate de calculul ariei imaginii sursei de pe reflector. Metoda se limitează la reflectoare cu simetrie de rotație.

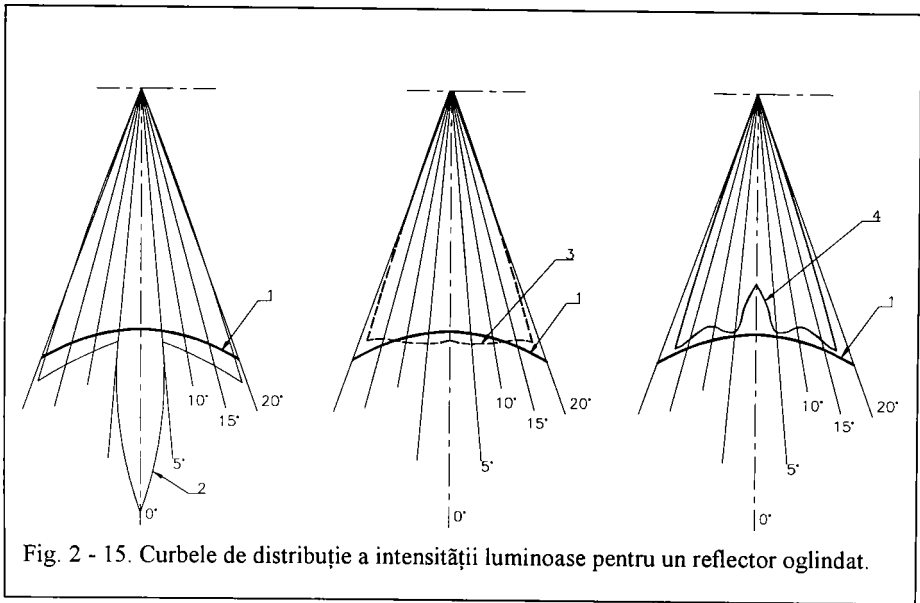


Fig. 2 - 15. Curbele de distribuție a intensității luminoase pentru un reflector oglindat.

## 2.4 METODA DE PROIECTARE A CONTURULUI REFLECTORULUI PENTRU SURSA PUNCTIFORMA PE BAZA BILANTULUI FLUXURILOR.

Proiectarea analitică a echipamentelor optice plecând de la curba fotometrică impusă corpurilor de iluminat este rar acoperită în literatura de specialitate, cu toate că bazele teoretice fundamentale sunt cunoscute. Pentru o simplificare a problemei se pleacă de la surse de lumină punctiforme și se iau în considerare reflectoare de dispersie cu contur simetric de rotație [35,37,38]. Cu reflectoare și surse de lumină de formă și dimensiuni arbitrare rezolvarea analitică a problemei este deosebit de complicată.

În ipoteza unei simetrii de rotație, considerând distribuția intensității luminoase a sursei punctiforme  $I_s(\varphi)$  și un contur de reflector în coordonate polare  $r(\varphi)$ , în conformitate cu Fig. 2 - 16, fluxul reflectat în interiorul unghiurilor  $\theta$  și  $\theta_0$  este dat de:

$$2\pi \int_{\varphi_0}^{\varphi} \rho I_s(\varphi) \sin \varphi d\varphi = 2\pi \int_{\theta_0}^{\theta} I(\theta) \sin \theta d\theta \quad (2.1)$$

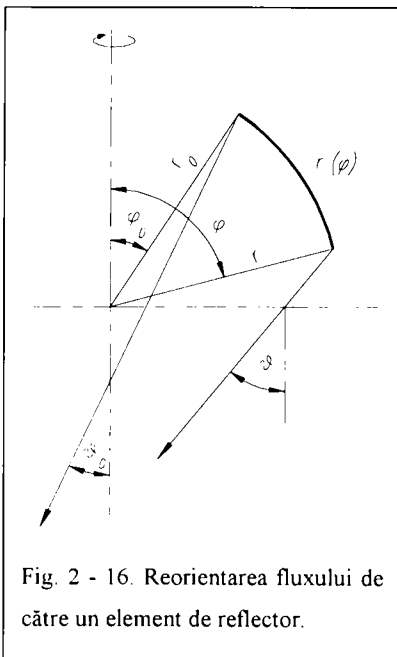


Fig. 2 - 16. Reorientarea fluxului de către un element de reflector.

În relația de mai sus  $I(\theta)$  reprezintă variația intensității luminoase dată de reflectorul corpului de iluminat, iar  $\rho$  factorul de reflexie.

De asemenea, cu mărimile definite mai sus se poate scrie intensitatea produsă de reflector la unghiul  $\theta$ :

$$I(\theta) = \rho I_s(\varphi) \frac{\sin \varphi d\varphi}{\sin \theta d\theta} \quad (2.2)$$

Pentru conturul de reflector  $r(\varphi)$ , luând în considerare legile reflexiei regulate se ajunge pe cale geometrică la o relație între unghiul făcut de raza incidentă cu axa și unghiul razei de lumină reflectate  $\theta$ .



$$\theta = \varphi - 2 \operatorname{arctg}\left(\frac{l}{r} \frac{dr}{d\varphi}\right) \quad (2.3)$$

În vederea determinării conturului reflectorului, relația (2.4) ne conduce la:

$$\ln \frac{r}{r_0} = \int_{\theta_0}^{\theta} \operatorname{tg} \frac{\varphi(\theta) - \theta}{2} \frac{d\varphi}{d\theta} d\theta = \int_{\varphi_0}^{\varphi} \operatorname{tg} \frac{\varphi - \theta(\varphi)}{2} d\varphi \quad (2.4)$$

Pentru a putea utiliza expresia (2.4) este necesar să cunoaștem o relație particulară  $\theta(\varphi)$  sau  $\varphi(\theta)$ . Aceste relații se obțin din ecuația (2.1) sau (2.2). De exemplu, cu reflexie uniformă și sursa de intensitate constantă se obține din ecuația (2.1) următoarea relație între  $\varphi$  și  $\theta$ :

$$\cos \varphi - \cos \varphi_0 = \frac{l}{\rho I_s} \int_{\theta}^{\theta_0} I(\theta) \sin \theta d\theta \quad (2.5)$$

Valorile asociate pentru  $\varphi$  și  $\theta$  obținute din ecuația (2.5) trebuie înserate în ecuația (2.4) pentru a obține conturul reflectorului. S-a procedat la realizarea unor programe care să furnizeze direct desenul reflectorului cu care s-ar obține o iluminare constantă pe o suprafață așezată sub corpul de iluminat.

Să considerăm o sursă punctiformă de intensitate luminoasă constantă  $I_s$  plasată la înălțimea  $h$  deasupra unui plan orizontal. La incidența normală iluminarea este  $I_s/h^2$ . Se pune problema determinării unui contur de reflector care să asigure o iluminare uniformă, de exemplu  $K \cdot I_s^2$  pe tot planul de lucru. Iluminarea totală într-un punct din plan, ținând cont și de lumina directă de la sursă va fi:

$$E = K * \frac{I_s}{h^2} = [I_s + I(\theta)] \frac{\cos^3 \theta}{h^2} \quad (2.6)$$

Intensitatea luminoasă ce trebuie să se obțină exclusiv de la reflector este astfel:

$$I(\theta) = I_s \left( \frac{K}{\cos^3 \theta} - 1 \right) \quad (2.7)$$

Alegând parametrii inițiali ai reflectorului  $\varphi_0$ ,  $\theta_0$ ,  $K$  și  $\rho$  se poate introduce  $I(\theta)$  din relația (2.7) în ecuația (2.5), iar rezolvarea acesteia ne conduce la soluția:

$$\cos \varphi = f(\theta) \quad (2.8)$$

Parametrul "K" se stabilește de către proiectant și arată de câte ori va fi mai mare intensitatea axială a CIL față de intensitatea luminoasă a sursei.

Conturul reflectorului în coordonate polare se obține introducând pe  $\varphi(\theta)$  din extras din relația (2.8) în (2.4). Pentru fiecare valoare a unghiului se va obține valoarea

corespunzătoare a distanței  $r$  de la focar la conturul reflectorului.

Uzual rezolvarea ecuațiilor (2.4) și (2.5) necesită integrare numerică, conturul reflectorului obținându-se astfel prin puncte a căror densitate se alege în funcție de pretențiile de execuție a reflectorului. În rare cazuri conturul reflectorului se poate obține sub forma explicită.

Este de remarcat că sursele liniare și reflectoarele liniare de lungime infinită pot fi tratate în același fel, cu excepția faptului că unghiul solid elementar este  $2d\varphi$  în loc de  $2\pi\sin\varphi d\varphi$ .

În continuare sunt prezentate, fără a intra în amănunte, programele realizate de autorul tezei în vederea aplicării metodei amintite. Din AUTOCAD se lansează programul în AutoLISP numit PROFIL.LSP.

- Pe parcursul rulării, utilizatorul trebuie să răspundă dacă dorește un reflector de revoluție (cu sursa punctiformă) sau un reflector în forma de jgheab, cu sursa liniară (de exemplu un tub fluorescent sau o sursă liniară cu halogen). În funcție de această opțiune se apelează unul din programele de calcul scrise în TurboPascal: LUMPT - pentru sursa punctiformă sau LUMLIN pentru sursa liniară.
- Se solicită introducerea unghiului  $\theta_0$  făcut de razele de lumină de la fundul reflectorului cu axa, și pasul, în grade, în funcție de care vor rezulta mai multe sau mai puține puncte pentru construcția reflectorului.
- Se solicită coordonatele față de sursă, de la care începe construcția reflectorului.
- Se solicită raportul între intensitatea luminoasă axială a corpului de iluminat și intensitatea luminoasă a sursei (considerată cu o distribuție uniformă).
- Se solicită utilizatorului să opteze pentru un reflector adânc, sau pentru unul larg, prezentate în Fig. 2 - 2.
- Se efectuează calculele și rezultatele se stochează într-un fișier numit PROFIL.DAT. După terminarea acestei operații se revine automat la programul inițial PROFIL.LSP care realizează graficul, la scară, al reflectorului. Se face și o interpolare pentru a obține o curbă continuă. Desenul poate fi cotate și utilizat în proiectul corpului de iluminat.
- Fișierul cu datele intermediare calculate poate fi consultat, dacă proiectantul dorește informații suplimentare.

Tab. 2 - 9. Profilul reflectorului în coordonate polare și carteziene.

$\theta$	$\varphi$	R	x	Y
0.00	7.13	40.3113	5.00	40.00
5.00	10.25	40.4164	7.19	39.77
10.00	16.57	40.6431	11.59	38.95
15.00	24.11	41.0088	16.75	37.43
20.00	32.66	41.5933	22.45	35.02
25.00	42.45	42.5395	28.71	31.39
30.00	53.95	44.1229	35.68	25.96
35.00	67.97	46.9384	43.51	17.61
40.00	86.03	52.5514	52.43	3.64
45.00	112.03	67.0627	62.17	-25.15

Iată un exemplu, realizat cu următorii parametri solicitați de calculator:  $\theta_0=0$ , factor de reflexie  $\rho=0,7$ , coordonatele punctului de început  $x=5, y=40$ ,  $K=2,5$ , reflector adânc. Din conținutul fișierului PROFIL.DAT (Tab. 2 - 9), se vede că deschiderea unghiulară a conului în interiorul căruia vom obține iluminare constantă este de  $2 \times 45^\circ$  (corespunzător deci suprafeței circulare cu raza egală cu h).

Desenul reflectorului este prezentat în Fig. 2 - 17, așa cum rezultă din calculator.

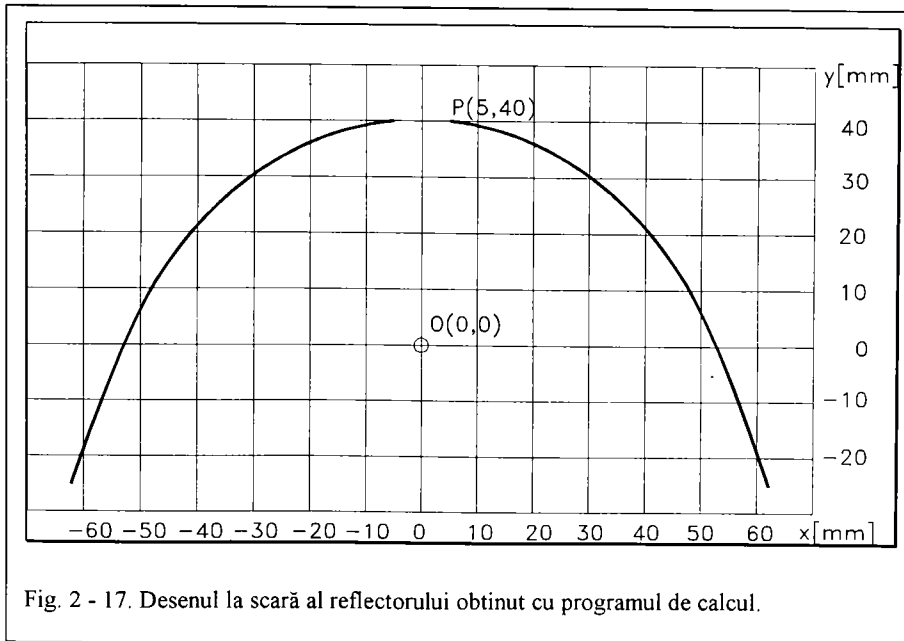


Fig. 2 - 17. Desenul la scară al reflectorului obținut cu programul de calcul.

## 2.5 METODA DE VERIFICARE A REFLECTOARELOR CU SIMETRIE DE ROTATIE SI SURSA DE LUMINA ELIPSOIDALA.

Vizamanos [147] pleacă de la metoda Waldram, căreia îi aduce perfecțiuni. Este luat în considerare tot un reflector cu simetrie de rotație.

Intensitatea luminoasă reflectată în direcția "j" produsă de către diferite zone "i" a reflectorului oglindat cu sursa de lumină de dimensiuni mari, poate fi exprimată astfel:

$$I_j = \sum_i \rho L A_i \cos \varepsilon_i \quad (2.9)$$

unde s-au făcut următoarele notații:

$\rho$  -reflectanța suprafeței, presupusă constantă în orice direcție,

L -luminanța sursei; pentru lămpile cu descărcare poate fi aproximată cu o constantă,

$\varepsilon_i$  -unghiul dintre normala la reflector și raza reflectată,

$A_i$  -aria suprafeței elementare care contribuie la intensitatea reflectată în direcția "j".

Din punctul de vedere al opticii geometrice produsul  $A_i \cos \varepsilon_i$  poate fi interpretat drept "pupila locală de ieșire" a sistemului sursă-reflector.

Aria elementară  $\Delta A_i$ , într-un reflector cu simetrie axială, formată din zone tronconice construite cu plane succesive perpendiculare pe axă, poate fi aproximată ca:

$$\Delta A_i = \alpha_i r_i \Delta r_i \quad (2.10)$$

unde:

$\alpha$  -lățimea unghiulară a pupilei locale de ieșire măsurată în plane succesive,

$r_i$  -raza medie a fiecărei zone în aceste plane

$$r_i = \frac{x_i + x_{i+1}}{2} \quad (2.11)$$

$$\Delta r_i = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} \quad (2.12)$$

$(x_i, y_i)$  = diferite puncte pe reflector (Fig. 2 - 18)

Pentru a evalua aria luminoasă a reflectorului în orice direcție "j" de reflexie, trebuie parcurse două etape de calcul:

1. Depistarea zonelor de pe reflector care reflectă lumina de la sursă pe direcția "j".
2. Calcularea, pentru zonele depistate și direcția "j", a lățimii unghiulare

Rezolvarea primei probleme este posibilă prin desenarea în planul meridian (Fig. 2 - 18) a tangentelor la extremitățile sursei, duse prin punctul medianei de pe fiecare zonă a reflectorului.

Cu aceste direcții, considerate ca direcții de incidență a luminii, se pot calcula direcțiile intervalului de reflexie (aplicând legea vectorială a reflexiei[147]),

$$\vec{T}^* = \vec{T} - 2(\vec{T} \cdot \vec{N})\vec{N} \quad (2.13)$$

unde:

$\vec{T}$  -vectorul unitar a razei incidente, funcție de  $\cos\beta$  și  $\sin\beta$ .

$\vec{N}$  -direcția normalei la reflector în punctul de coordonate  $(x_i, y_i)$ . Această direcție are parametrii directori  $(\cos n_i, \sin n_i)$ ,

$\vec{T}^*$  -direcția razei reflectate.

Dacă direcția  $\gamma$  în care dorim să cunoaștem intensitatea luminoasă, este plasată între unghiurile direcției reflectate  $\vec{T}_1^*$  și  $\vec{T}_2^*$ , atunci zona "i" de pe reflector contribuie la intensitatea luminoasă în direcția "j".

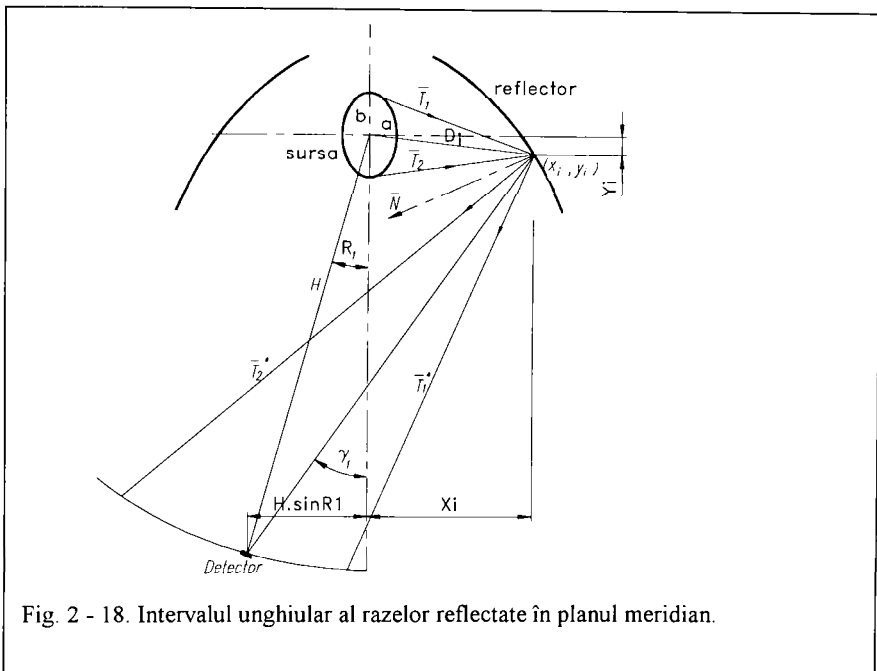


Fig. 2 - 18. Intervalul unghiular al razelor reflectate în planul meridian.

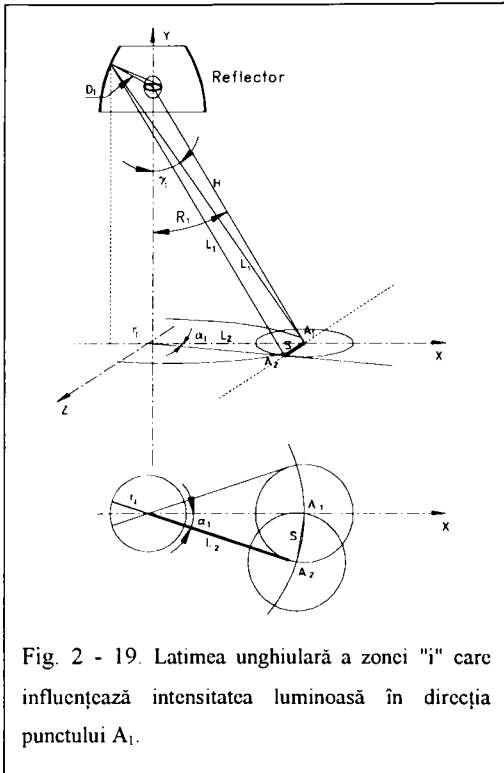


Fig. 2 - 19. Latimea unghiulară a zonci "i" care influențează intensitatea luminoasă în direcția punctului A<sub>1</sub>.

La calculul lățimii unghiulare (cea de-a doua etapă) pentru zona "i" a reflectorului și direcția "j", se pot face câteva aproximări urmărind graficul propus de Vizamanos [147].

În Fig. 2 - 18 este reprezentat un sistem format dintr-o sursă mare de lumină și un reflector cu simetrie de rotație. A<sub>1</sub> este poziția "detectorului" care se deplasează pe un contur circular de rază H într-un plan meridian. Partea de jos a figurii reprezintă un plan perpendicular pe axa sistemului. În acest plan se găsește "detectorul". Din Fig. 2 - 19 se obțin următoarele relații, din

considerente geometrice:

$$\frac{a}{D_i} = \frac{S}{L_1} \quad (2.14)$$

$$L_1 \sin \gamma_j = L_2 \pm r_i \quad (2.15)$$

$$L_2 = H \sin R_1 \quad (2.16)$$

unde R<sub>1</sub> este unghiul la care se găsește detectorul, măsurat din centrul sursei de lumina.

În partea de jos a Fig. 2 - 19 se observă că reflectorul este simetric și astfel se poate scrie ca :

$$\sin \frac{\alpha_i}{2} = \frac{S}{2L_2} \quad (2.17)$$

Substituind din (2.14) valoarea lui S apoi din (2.15) expresia pentru L<sub>1</sub> se obține:

$$\sin \frac{\alpha_i}{2} = \frac{aL_1}{2D_iL_2} = \frac{a(L_2 \pm r_i)}{2D_i \sin \gamma_j L_2} \quad (2.18)$$

Dacă "detectorul" se găsește la distanță mare de corpul de iluminat (situația cea mai des întâlnită), atunci în locul ecuației (2.15) vom folosi formula simplificată:

$$L_1 \sin \gamma_j = L_2 \quad (2.19)$$

și astfel obținem în final:

$$\sin \frac{\alpha_i}{2} = \frac{a}{2 D_i \sin \gamma_j} \quad (2.20)$$

În formula (2.20)  $\gamma_j$  este unghiul razei reflectate de la zona "i", a reflectorului spre detector. Dacă detectorul este departe de corpul de iluminat (cum s-a menționat mai sus), atunci  $\gamma_j = R_1$ . Dacă "detectorul" este așezat sub reflector (în puncte în care este acoperit de proiecția reflectorului, atunci:

$$\gamma_j = \arctg \frac{H \cdot \sin R_1 \pm x_i}{H \cdot \cos R_1 + y_i} \quad (2.21)$$

Pentru calculul lățimii unghiulare cu formula (2.20), notațiile au următoarele semnificații:

Marimea  $a$  este semiaxa sursei într-un plan perpendicular pe axă; dacă sursa este cilindrică, atunci  $a$  este raza cilindrului. Dacă sursa de lumină este elipsoidală, atunci  $a$  se poate obține din intersecția elipsei, într-un plan meridian, cu raza reflectată ca rezultat a considerării direcției  $\gamma_j$  ca rază incidentă.

Distanța  $D_i$  se calculează în funcție de coordonatele punctului de pe reflector:

$$D_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad (2.22)$$

3) Unghiul  $\alpha_i$  este semilățimea zonei "i" de pe reflector care contribuie la intensitatea luminoasă în direcția  $\gamma_j$ . Dacă  $\sin \frac{\alpha_i}{2} > 1/\sqrt{2}$  atunci  $\alpha_i = \pi/2$ .

Utilizarea metodei Vizamanos presupune un volum mare de calcule, fiind necesară elaborarea unui program pe calculator.

## 2.6 METODA DE PREDETREMINARE A CURBEI DE DISTRIBUTIE A INTENSITATII LUMINOASE PENTRU UN REFLECTOR PARABOIDAL CU SURSA COAXIALA LINIARA.

### 2.6.1 Elemente generale.

In Fig. 2 - 20.a este prezentată o secțiune printr-un reflector paraboloidal cu o sursă de lumină cilindrică plasată pe axa reflectorului. Holmes [71,73,74,75] consideră că fasciculul de lumină dat de reflector este compus dintr-o mulțime de imagini ale sursei, toate suprapunându-se de-a lungul axei fasciculului producând astfel un "miez" central de mare intensitate (specific, de altfel acestui tip de sistem optic).

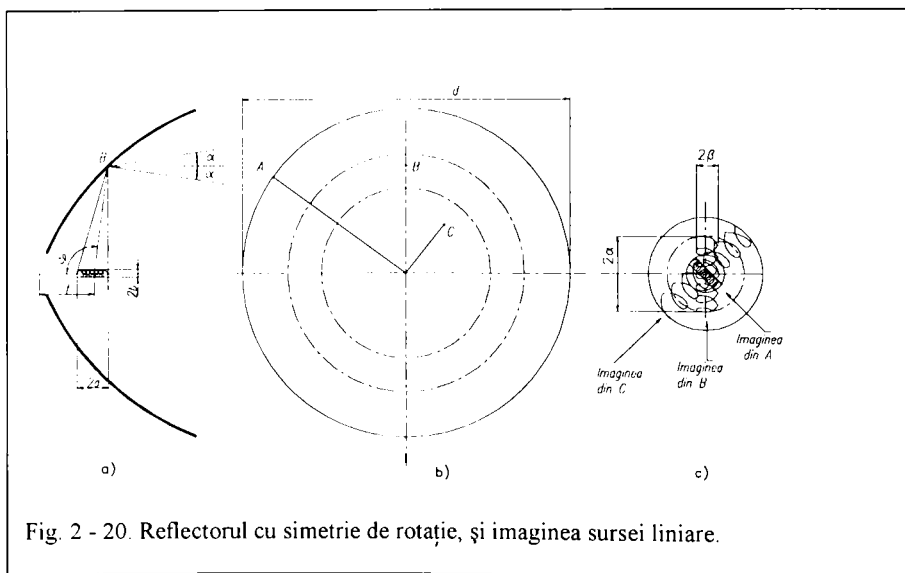


Fig. 2 - 20. Reflectorul cu simetrie de rotație, și imaginea sursei liniare.

In Fig. 2 - 20.c se prezintă imaginile filamentului pe un ecran virtual, produse în interiorul fasciculului de lumină, de către 3 puncte particulare situate pe reflector conform Fig. 2 - 20.b.

In cazul în care raportul între diametrul reflectorului, notat cu "d" și distanța focală "f" este mai mare decât 2,3 pentru deschiderea unghiulară maximă  $2\alpha_{\max}$  a fasciculului de lumină se folosește formula empirică [74]:

$$2\alpha_{\max} = 36.8 \frac{2a}{f} \quad (2.23)$$

unde 2a este lungimea sursei. Formula de mai sus este valabilă atunci când se face o



focalizare optimă, adică centrul sursei este puțin deplasat în fața focarului, astfel încât deschiderea fascicului să fie minimă. Pentru o sursă cilindrică a cărei diametru  $b$  nu este neglijabil, se poate folosi formula empirică [74]:

$$2\alpha_{\max} = 36.8 \frac{2a + 0.58b}{f} \quad (2.24)$$

Dacă raportul între diametrul reflectorului și distanța focală este mai mic de 2,3 coeficientul empiric 36,8 din relațiile de mai sus se înlocuiește cu  $7252.d/(d^2+16)^2$ .

### 2.6.2 Metoda de calcul.

Imaginile sursei de lumină, care compun pata fascicului ca în Fig. 2 - 20 .c sunt de aceeași luminanță. Mărimea, forma și orientarea lor depind de poziția ariei elementare de pe reflector din care sunt proiectate; luminanța este egală cu luminanța sursei înmulțită cu factorul de reflexie al suprafeței. Distribuția intensității luminoase din interiorul fascicului se calculează adunând efectul tuturor imaginilor.

Pentru orice element suficient de mic de pe reflector, cum este cel notat cu B în Fig. 2 - 20.b, mărimea unghiulară a imaginii (în grade de arc) este dată cu suficientă precizie de formulele:

$$\alpha = \frac{90}{\pi} \sin \theta (1 + \cos \theta) \frac{a}{f} \quad (2.25)$$

$$\beta = \frac{90}{\pi} (1 + \cos \theta) \frac{b}{f} \quad (2.26)$$

Valorile raportului  $\alpha/(a/f)$  și  $\beta/(b/f)$  depind doar de unghiul  $\theta$ . Acestea sunt calculate în coloana (2) și (3) din Tab. 2 - 10 în funcție de unghiul  $\theta$ .

De la o zonă elementară de pe reflector, situată la unghiul  $\theta$  față de axă (indicată punctat în jurul lui B din Fig. 2 - 20.b), geometria imaginilor suprapuse conduce la următoarea expresie pentru fracțiunea din circumferința acestei zone în care se vede imaginea sursei, atunci când privim de la unghiul măsurat față de axă:

$$n = \frac{\arcsin(\beta/\varphi)}{90} \quad (2.27)$$

În ecuația (2.27)  $\arcsin(\beta/\varphi)$  este exprimat în grade.

Formula (2.27) este valabilă pentru  $\varphi$  mai mare decât  $\beta$  și mai mic decât  $(\alpha^2 + \beta^2)^{1/2}$ . Pentru valori ale lui  $\varphi$  mai mari decât  $(\alpha^2 + \beta^2)^{1/2}$  fracția  $n$  este zero, iar pentru  $\varphi < \beta$  fracția  $n$  este egală cu unu.

Tab. 2 - 10. Factori reprezentativi de conversie pentru dimensiunea imaginii și proiecția ariei reflectorului.

Unghiul mijlocului zonei	Factori de conversie		Limitele zonei 01-02	Factor de arie zonală dK
	[°]			
	$\alpha/(a/f)$	$\beta/(a/f)$		
5°	4.98	57.2	0°-10°	0.0962
15°	14.6	56.3	10°-20°	0.295
25°	23.1	54.6	20°-30°	0.512
35°	29.9	52.1	30°-40°	0.762
45°	34.6	48.9	40°-50°	1.068
55°	36.8	45.1	50°-60°	1.456
65°	36.8	40.8	60°-70°	1.972
75°	34.8	36.1	70°-80°	2.687
85°	31.0	31.1	80°-90°	3.719
95°	26.1	26.2	90°-100°	5.28
105°	20.5	21.2	100°-110°	7.78
115°	15.0	16.5	110°-120°	12.07

În direcția axială pentru care  $\varphi=0$ , întreaga arie elementară apare luminoasă, cu luminanța egală cu a sursei înmulțită cu factorul de reflexie.

Dacă zona elementară este mărginită de unghiurile măsurate de la axă, se poate deduce ușor că proiecția ariei este:

$$dA = f^2 \frac{\delta\pi(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)}{(1 + \cos\theta_1)(1 + \cos\theta_2)} \quad (2.28)$$

În cazul în care se împarte reflectorul în zone de lățime unghiulară egală

$$\delta = \theta_2 - \theta_1 \quad (2.29)$$

și se notează cu  $\theta$  mijlocul zonei, proiecția ariei zonei devine:

$$dA = f^2 \frac{16\pi \sin\theta \sin(\delta/2)}{[\cos\theta + \cos(\delta/2)]^2} \quad (2.30)$$

Partea a doua a expresiei de mai sus reprezintă factorul zonal de arie dK și astfel

$$dA = f^2 dK \quad (2.31)$$

Valorile reprezentative pentru factorul zonal de arie sunt calculate în ultima coloană din Tab. 2 - 10,  $\delta$  fiind de  $10^\circ$  în acest caz. Intensitatea elementară  $dI_{\theta,\varphi}$  de la zona elementară de pe reflector situată la unghiul  $\theta$ , emisă în direcția  $\varphi$  de la axă, este dată de produsul dintre luminanță, aria zonei și fracțiunea "n" a lungimii de arc în care se vede imaginea sursei pe reflector.

$$dI_{\theta,\varphi} = L\rho f^2 n dK \quad (2.32)$$

Intreaga distribuție a intensității luminoase se poate obține prin integrare tabelară pentru toate zonele, începând de la fundul reflectorului spre margine.

Fiecare zonă contribuie la miezul central de intensitate uniformă până la deschiderea unghiulară. Intensitatea luminoasă se diminuează în continuare până la unghiul egal cu  $(\alpha + \beta)1/2$ .

Un exemplu al acestei metode de calcul este prezentat în continuare. În Tab. 2 - 11 sunt prezentate datele pe baza cărora se efectuează calculele a căror rezultat este inclus în Tab. 2 - 12 și Tab. 2 - 13.

Tab. 2 - 11. Date de calcul.

<u>Reflector:</u>	Diametrul	600 mm
	Distanța focală (f)	245 mm
	Unghiul de recepție	$\pm 63^\circ$
<u>Sursa de lumină:</u>	Lungime (2a)	60 mm (a/f = 0,122)
	Diametru(2b)	2 mm (b/f = 0,0041)
	Flux	6800 lm
	Luminanța presupusă	5 cd/mm <sup>2</sup>
<u>Fasciculul :</u>	Fluxul incident pe reflector	1500 lm
	Intensitatea elementară conform formulei :	
		$dI_{\theta,\varphi} = 3 dK \arcsin(\beta/\varphi) \quad [KCd]$

Tab. 2 - 12. Intensitățile luminoase calculate.

Zona	Mijlocul zonei		$\varphi$				
			0.2°	0.5°	1°	2°	4°
	$\beta$	$\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$	Intensitatea $dI_{\theta,\varphi}$ [KCd]				
0°-10°	0.233°	0.65°	26.0	8.0	-	-	-
10°-20°	0.230°	1.80°	24.2	11.7	-	-	-
20°-30°	0.223°	2.83°	138.2	40.6	19.8	9.8	-
30°-40°	0.213°	3.62°	205.9	57.6	28.1	14.0	-
40°-50°	0.200°	4.24°	277.0	75.4	36.9	18.4	9.2
50°-60°	0.184°	4.52°	292.5	94.4	46.4	23.1	11.5
60°-70°	0.173°	4.56°	95.0	32.2	15.8	7.9	3.9
Total	(φ=0,10=1274.6)[KCd]		1114.2	332.4	158.7	73.1	24

Fluxul conținut în fasciculul de mai sus (plecând de la o luminanță presupusă a sursei), este de 1183 lm.

Factorul de corecție care va fi aplicat pentru calculul intensității:

$$(1500 \cdot 0.9) / 1183 = 1.141$$

În final se poate calcula distribuția corectată a intensității luminoase (Tab. 2 - 13).

Tab. 2 - 13. Intensitatea luminoasă corectată.

Unghiul în fascicul ( $\varphi$ )	0°	0.2°	0.5°	1°	2°	4°
Intensitatea luminoasă corectată [MCd]	1.45	1.27	0.38	0.18	0.083	0.028

## 2.7. METODA DE PREDETERMINARE A CURBEI DE DISTRIBUTIE A INTENSITATII LUMINOASE PENTRU UN REFLECTOR PARABOLOIDAL ȘI O SURSĂ SFERICĂ.

H.W.Bodmann sistematizează o metodă analitică [35] de calcul a distribuției intensității luminoase produsă de combinația dintre un reflector parabolic oglindat și o sursă sferică.

Cu notațiile din Fig. 2 - 21, ecuația parabolei în coordonate polare (cu polul în focar) are forma:

$$r = \frac{2f}{1 - \cos\varphi} \quad (2.33)$$

Unghiul  $\varphi$  variază între  $\varphi_0$  și  $2\pi - \varphi_0$ .

Deschiderea unghiulară a fasciculului de lumină reflectată din punctul P depinde de dimensiunile sursei de lumină și de distanța acesteia la punctul de pe reflector.

$$\sin \sigma = \frac{R}{r} \quad (2.34)$$

Tinând seama de (2.33), formula (2.34) devine:

$$\sin \sigma = \frac{R/f}{2} (1 - \cos\varphi) \quad (2.35)$$

Deschiderea maximă a fasciculului are loc în punctul de pe reflector pentru care

$\varphi=\pi$ , și determină domeniul unghiular, de la axă, în care lucrează reflectorul. Astfel:

$$\sin \theta_{\max} = \frac{R}{f} \quad (2.36)$$

Intensitatea luminoasă a reflectorului văzut dintr-un punct situat pe axa optică, la distanță mare, este dată de formula:

$$I_0 = \rho LA_0 = \rho L \pi y^2 = \rho L 4 \pi f D \quad (2.37)$$

unde  $A_0$  este aria proiectată a reflectorului exprimată prin distanța focală și adâncime

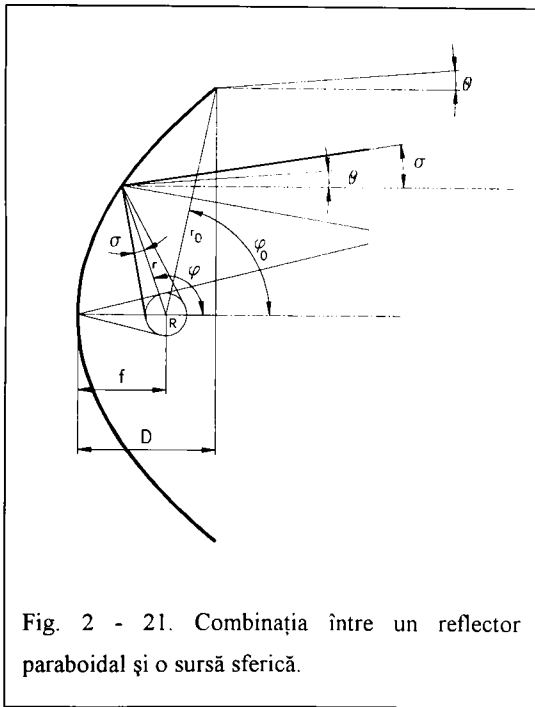


Fig. 2 - 21. Combinația între un reflector parabolic și o sursă sferică.

(făcând abstracție de obturarea datorată sursei de lumina). Factorul de reflexie  $\rho$  și luminanța sursei  $L$  sunt presupuse uniforme în domeniul unghiular în care reflectorul primește lumina (în caz contrar, se pot folosi valori medii pentru  $\rho$  și  $L$  din (2.37)). Când privim dintr-un unghi  $\theta \leq \theta_{\max}$  față de axă doar zonele de pe reflector pentru care  $\sigma \geq \theta$  pot contribui la intensitatea luminoasă după acea direcție. Fasciculul de deschidere minimă  $\theta_0$  este dat de punctele de pe reflector

pentru care

$$\sin \theta_0 = \frac{R}{r_0} = \frac{\frac{R}{f}}{1 + \frac{D}{f}} \quad (2.38)$$

Astfel, pentru unghiurile  $\theta < \theta_0$  la obținerea intensității luminoase contribuie întreg reflectorul.

Valoarea acestei intensități depinde de proiecția ariei reflectorului după direcția  $\theta$ :

$$I(\theta) = \rho LA_0 \cos\theta = I_0 \cos\theta \quad (2.39)$$

Pentru  $\theta > \theta_0$  se micșorează zonele de pe reflector care mai ajung să reflecte lumina după direcția  $\theta$ . Părțile din reflector care încă mai contribuie la intensitatea luminoasă în direcția  $\theta$  sunt cele pentru care deschiderea fasciculului reflectat,  $\sigma$ , este mai mare decât unghiul  $\theta$ . Relația (2.35) ne permite să stabilim aceste zone.

Dacă  $\varphi_1$  și  $\varphi_2$  indică limitele unghiulare ale zonelor active de pe reflector,  $A_1$  și  $A_2$  ariile corespunzătoare, se obține succesiv:

$$I(\theta) = \rho L(A_1 - A_2) \cos\theta \quad (2.40)$$

$$A_1 = 4\pi f D_1 = 4\pi f(r_1 - f); A_2 = 4\pi f D_2 = 4\pi f(r_2 - f) \quad (2.41)$$

Din (2.40) și (2.41) se obține:

$$I(\theta) = \rho L \cos\theta * 4\pi f(r_1 - r_2) \quad (2.42)$$

Folosind notația din relația (2.37), se obține

$$I(\theta) = \frac{I_0}{D} \cos\theta(r_1 - r_2) \quad (2.43)$$

Exprimând razele vectoriale  $r_1$  și  $r_2$  în funcție de  $\varphi_1$  și  $\varphi_2$  cu relația (2.33), intensitatea luminoasă (2.43) devine:

$$I(\theta) = \frac{I_0}{D} \cos\theta * 2f \left( \frac{1}{1 - \cos\varphi_1} - \frac{1}{1 - \cos\varphi_2} \right) \quad (2.44)$$

Pentru  $\theta > \theta_0$  și sursă sferică de rază  $R$ , din (2.35) se obține:

$$1 - \cos\varphi_1 = \frac{2}{Rf} \sin\theta \quad (2.45)$$

Unghiul  $\theta_2$  indică zona de pe reflector care reflectă un fascicul luminos de deschidere maximă. În cazul în care se face abstracție de obturarea produsă de sursă,  $\theta_0 = \pi$ , astfel încât:

$$1 - \cos\varphi_2 = 2 \quad (2.46)$$

Cu (2.45) și (2.46) introduse în (2.43) se obține:

$$I(\theta) = I_0 \cos\theta * \frac{2}{Df} \left( \frac{Rf}{2 \sin\theta} - \frac{1}{2} \right) \quad (2.47)$$

Bodmann utilizează relația (2.47) sub formă normalizată, cu notația:

$$I(\theta) / I_0 \cos\theta = \frac{n}{m} \quad (2.48)$$

acest raport reprezentând scăderea deschiderii reflectorului pentru  $\theta > \theta_0$ .

Se obține astfel din (2.47):

$$\frac{I(\theta)}{I_0 \cos \theta} = \frac{n}{m} = \frac{2}{D/f} \left( \frac{R/f}{\sin \theta_n} - \frac{1}{2} \right) \quad (2.49)$$

de unde:

$$\frac{\sin \theta_n}{R/f} = \frac{1}{1 + \frac{n}{m} D/f} \quad (2.50)$$

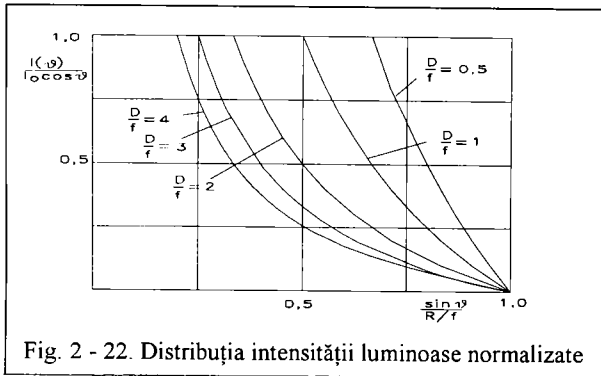


Fig. 2 - 22. Distribuția intensității luminoase normalizate

$I(\theta)/I_0 \cos \theta$  și  $(f/R) \sin \theta$  cu  $D/f$  drept parametru.

Această ecuație, împreună cu (2.36) și (2.38) conduc la o metodă rapidă de calcul a distribuției intensității luminoase reflectate.

Fig. 2 - 22 reprezintă rezultatele în funcție de variabilele normalizate

## 2.8 CONTRIBUTII ORIGINALE PRIVIND METODA DE PREDETERMINARE A CURBEI DE DISTRIBUTIE A INTENSITATII LUMINOASE PENTRU REFLECTOARE PARABOIALE CU SURSA LINIARA EXFOCALIZATA.

### A. Principiul metodei.

Metoda se referă la reflectoarele parabolice ale farurilor de autovehicule [108]. O zonă circulară de pe reflector (Fig. 2 - 23) receptează de la sursa de dimensiuni mici fluxul corespunzător unghiului solid:

$$\Delta\Omega = 2\pi(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) \quad (2.51)$$

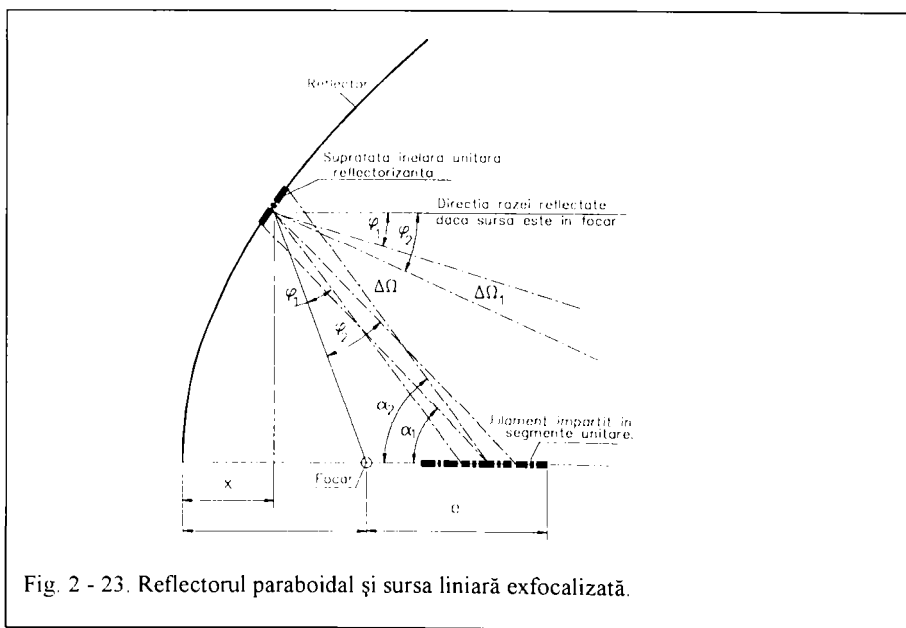


Fig. 2 - 23. Reflectorul paraboloidal și sursa liniară exfocalizată.

$$\Delta\Phi_1 = I_\alpha \Delta\Omega \quad (2.52)$$

$$I_\alpha = 2 I_0 \sin \alpha \quad (2.53)$$

Fluxul reflectat va avea valoarea proporțională cu factorul de reflexie al suprafeței:

$$\Delta\Phi_1' = \rho \Delta\Phi_1 \quad (2.54)$$

Fluxul reflectat se repartizează în interesul unui alt unghi solid. Unghiurile plane



care limitează acest unghi solid se calculează pe baza reflexiei regulate. Se consideră că punctul de măsurare a intensității luminoase este situat la o distanță de corpul de iluminat de 10 ori mai mare decât cea mai mare dimensiune a corpului de iluminat.

Fluxul reflectat se repartizează în interiorul unui alt unghi solid. Unghiurile plane care limitează acest unghi solid se calculează pe baza reflexiei regulate. Se consideră că punctul de măsurare a intensității luminoase este situat la o distanță de corpul de iluminat de 10 ori mai mare decât cea mai mare dimensiune a corpului de iluminat.

În acest caz corpul de iluminat se poate considera că este suficient de mic în comparație cu distanța, deci se poate considera că unghiul solid în care este redistribuită lumina are centrul în centrul corpului de iluminat.

$$\Delta\Omega' = 2\pi(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2) \quad (2.55)$$

În ipoteza unei intensități luminoase constante în interiorul acestui unghi solid, fluxul se poate exprima astfel:

$$\Delta\Phi_1' = \Delta\Omega' \cdot I_{\varphi_{1,2}} \quad (2.56)$$

Din (2.54) și (2.56) se obține:

$$\rho\Delta\Phi_1 = \Delta\Omega' \cdot I_{\varphi_{1,2}} \quad (2.57)$$

$$I_{\varphi_{1,2}} = \rho \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta\Omega'} \quad (2.58)$$

Înlocuind în (2.58) valoarea lui  $\Delta\Phi_1$  din (2.52) rezultă:

$$I_{\varphi_{1,2}} = \rho I_\alpha \frac{\Delta\Omega}{\Delta\Omega'} \quad (2.58)$$

Exprimând unghiurile solide în funcție de unghiurile plane, conform relației (2.51) și (2.55), din (2.58) rezultă:

$$I_{\varphi_{1,2}} = \rho I_\alpha \frac{\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2}{\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2} \quad (2.59)$$

Cu această formulă se calculează intensitatea luminoasă dată de elementul reflectorizat (cuprins între unghiurile plane  $\alpha_1$  și  $\alpha_2$ ) în interiorul fasciculului de lumină limitat de semiunghiurile la vârf  $\varphi_1$  și  $\varphi_2$ . Iluminarea la 25 m (distanța impusă de standardele internaționale) într-un plan normal pe direcția razei de lumină va fi:

$$E_{\varphi_{1,2}} = \rho I_\alpha \frac{\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2}{\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2} \cdot \frac{1}{625} \quad (2.60)$$

Pentru un filament liniar de la becul farurilor auto distribuția intensității luminoase se poate exprima în funcție de direcția  $\alpha$  astfel:

$$I_{\alpha} = 2 I_0 \sin \alpha \quad (2.61)$$

unde  $I_0$  este 42,6 [Cd], conform [108].

## B. Adaptarea metodei la calculul automat al reflectoarelor pentru faruri de autovehicule.

Pentru calculul prin metode numerice se consideră filamentul ca fiind format din "n" surse liniare puse cap la cap. Intensitatea luminoasă a acestei surse, de lungime suficient de mică, în direcția punctului P de pe reflector va fi

$$I_{\alpha P} = \frac{2I}{n} \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (2.62)$$

De la sursa de lumină elementară, un element de suprafață al reflectorului va reorienta fluxul între conurile cu semiunghiurile la vârf  $\varphi_1$  și  $\varphi_2$ . În interiorul acestui fascicul de lumină intensitatea luminoasă va fi, din (2.59) și (2.62):

$$I_{\alpha_1-\alpha_2; \varphi_1-\varphi_2} = \rho \frac{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2}{\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2} \cdot \frac{I}{n} \cdot 2 \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (2.63)$$

În continuare se prezintă algoritmul de calcul.

1. -Se împarte sursa în "n" elemente liniare.
2. -Se împarte reflectorul în "m" zone.
3. -Pentru fiecare zonă elementară de pe reflector se crează o matrice care conține:
  - limitele unghiulare  $\alpha_1$  și  $\alpha_2$  ale zonei elementare, respectiv abscisele  $x_1$ ,  $x_2$ ,
  - limitele unghiulare  $\varphi_1$  și  $\varphi_2$  în care este reorientat fluxul,
  - intensitatea luminoasă medie, cu formula (2.63)
4. - Repetă punctele 2 și 3 pentru toate cele "n" elemente liniare ce conțin sursa.

După parcurgerea etapelor de mai sus vom avea  $m \cdot n$  înregistrări ce conțin datele specificate la punctul 3.

Pentru calculul intensității luminoase totale după o anumită direcție  $\varphi$  se procedează astfel:

5. - Se caută în toate cele  $m \cdot n$  înregistrări dacă unghiul  $\varphi$  este cuprins între unghiurile  $\varphi_1$  și  $\varphi_2$  din înregistrarea respectivă.

6. - În cazul în care este îndeplinită condiția de la punctul 5, atunci înseamnă că perechea element de reflector - element de sursă, testată contribuie la intensitatea luminoasă totală din direcția  $\varphi$ . Partea de contribuție la intensitatea luminoasă este deja calculată la punctul 3. Se calculează de fapt:

$$I_{\varphi} = \sum_n \sum_m I_{\alpha_1-\alpha_2:\varphi_1-\varphi_2} \quad \text{daca} \quad \varphi_1 < \varphi < \varphi_2 \quad (2.64)$$

7. - Dacă este îndeplinită condiția 5, se rețin limitele zonei, prin abscisele  $x_1, x_2$  (calculate la punctul 5). Este evident că zonele elementare de pe reflector ce emit în direcția  $\varphi$  sunt alăturate, astfel că în final se selectează doar valoarea minimă a lui  $x_1$  și valoarea maximă a lui  $x_2$ .

8. - Se repetă punctele 5,6,7 pentru toate valorile unghiului  $\varphi$  care interesează.

În conformitate cu cele prezentate mai sus, s-a realizat un program în limbaj Turbo Pascal numit Refl\_03.pas care este apelat de un program realizat în limbaj AutoLISP (Refl\_03.lsp), din AutoCAD. Pe baza unor date inițiale (distanța focală, diametrul maxim al reflectorului, dimensiunile de montaj ale becului, excentricitatea filamentului față de focar, factorul de reflexie al reflectorului, intensitatea sursei de lumină într-un plan normal pe axa filamentului) se realizează următoarele:

- proiectarea automată a reflectorului (desenarea la scară, hașurare, cotare)
- curba de repartiție a intensității luminoase (sau a iluminării la distanța de 25 m)
- diagrama zonală a reflectorului.

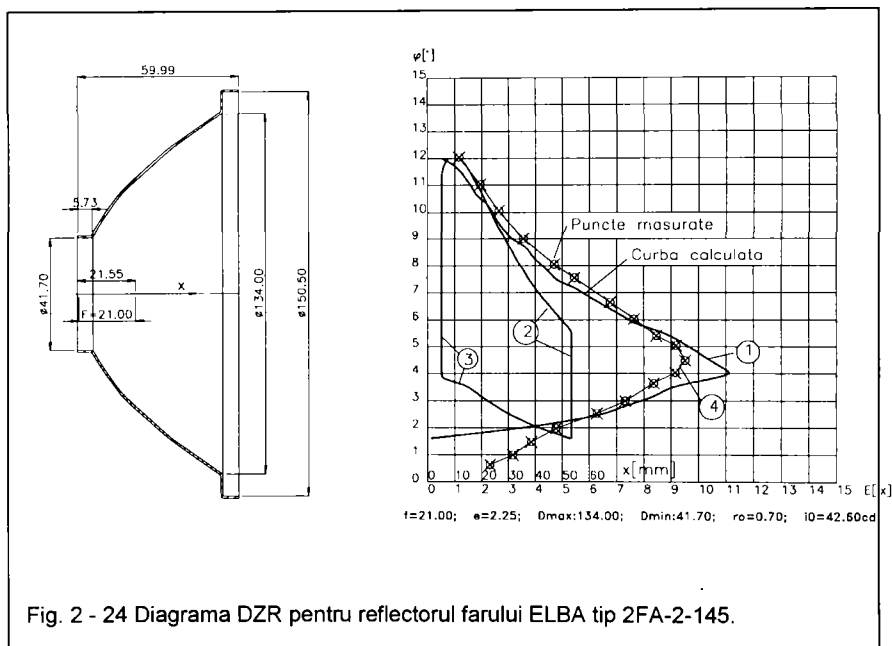
Diagrama zonală a reflectorului (DZR) este o noțiune nouă, propusă de autor pentru a avea informații privind:

- unghiurile în care reflectă lumina fiecare zonă a reflectorului;
- zonele de pe reflector care reflectă lumina într-o anumită direcție;
- unghiurile pentru care are influență zona de fund a reflectorului sau zona din apropierea flanșei;
- limitele unghiulare în care își aduce contribuția întregul reflector.

Să urmărim un exemplu concret, cu următoarele date de intrare:

- Distanța focală:  $f = 21 \text{ mm}$
- Excentricitatea focar - filament:  $e = 2,25 \text{ mm}$
- Diametrele reflectorului:  $D_{\max} = 134 \text{ mm}$ ;  $D_{\min} = 41,7 \text{ mm}$
- Factorul de reflexie:  $D = 0,7$
- Intensitatea becului:  $2I_0 = 2 \cdot 42,6 \text{ cd}$

Rezultatul final este prezentat în Fig. 2 - 24, care cuprinde așa cum s-a menționat, proiectul reflectorului la scară, cu cotele aferente, curba 1 de distribuție a intensității luminoase calculată (sau a iluminării la 25 m) și curbele 2, 3 care reprezintă diagrama zonală a reflectorului. Pe același desen este reprezentată, pentru comparație și distribuție a intensității luminoase obținută prin măsurări în Laboratorul Fotometric ELBA (curba 4).

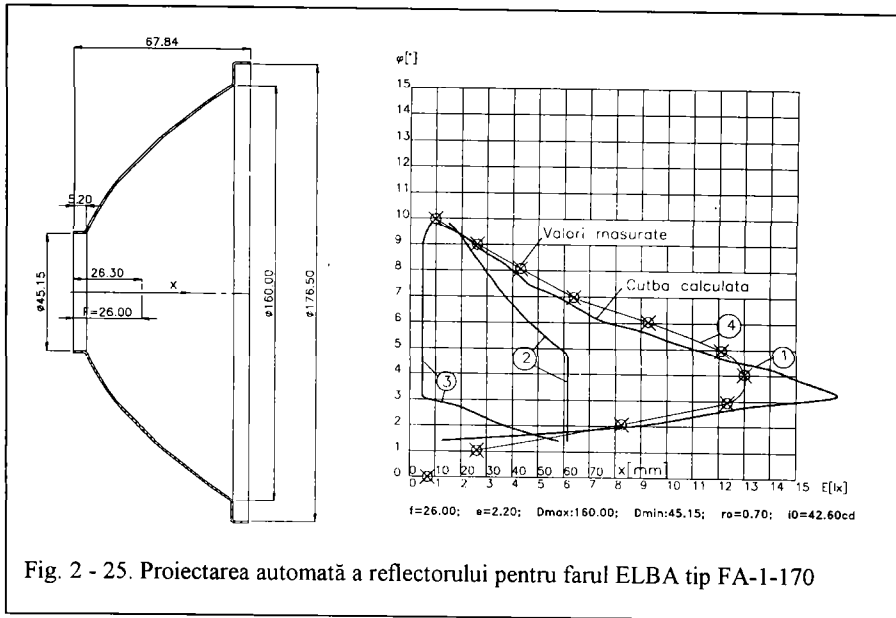


Interpretarea diagramei zonale a reflectorului se face ținând seama de faptul că pe abscisă sunt reprezentate distanțele (în mm) măsurate pe reflector începând cu vârful parabolei. În cazul analizat se observă următoarele:

- Curba 3 are o porțiune paralelă cu axa unghiurilor la distanța  $x=5,2$  mm de vârful parabolei. Aceasta este zona de la fundul reflectorului, care reflectă lumina în domeniul unghiular cuprins între  $4^\circ$  și  $11,5^\circ$ . Zona unde diametrul reflectorului este maxim corespunde la  $x = 53,5$  mm (porțiunea dreaptă a curbei 2). Din această zonă a reflectorului lumina este reorientată între  $1,8^\circ$  și  $5,7^\circ$

- Pentru a vedea, de exemplu, care este zona de pe reflector care contribuie la intensitatea luminoasă în direcția de  $8^\circ$ , se trasează o paralelă cu axa O - X care trece prin ordonata de  $8^\circ$ . Această paralelă intersectează curba 3 la  $x=5,2$  mm și curba 2 la  $x=34$  mm. Deci în direcția de  $8^\circ$  lucrează zona de la fundul reflectorului până la  $x = 34$

mm.



- In mod asemănător, se vede că în domeniul unghiular între  $4^\circ$  și  $5,7^\circ$  lucrează întreaga suprafață a reflectorului.

- Domeniul în care lucrează o anumită zonă (îngustă) de pe reflector se găsește ducând o verticală prin valoarea corespunzătoare a lui  $x$ . De exemplu, zona de pe reflector cu

$x = 30$  mm reflectă lumina între  $2,5^\circ$  și  $8,8^\circ$ .

Diagrama zonală a reflectorului este deosebit de utilă atât pentru proiectarea ulterioară a dispersorului, cât și pentru tehnologul care urmărește realizarea reflectoarelor prin ambutisare (având în vedere că din motive tehnologice apar abateri de la parabolă în anumite zone).

Parametrii geometrici aleși în exemplul prezentat mai sus, sunt de la un reflector existent în fabricație la SC ELBA S.A. (pentru farul 2FA-2-145, Fig. 2 - 24). In acest fel s-a putut compara curba calculată a distribuției iluminării cu valorile măsurate în laborator, pe un reflector aluminizat. Valorile măsurate sunt reprezentate prin puncte pe diagramă.

Un alt exemplu, de verificare a metodei propuse, s-a făcut pentru reflectorul farului asimetric FA-1-170 (Fig. 2 - 25). Datele de intrare, rezultatele furnizate de calculator și valorile obținute în urma măsurătorilor sunt prezentate în figura anexată.

În urma comparării rezultatelor teoretice cu cele măsurate se pot trage următoarele concluzii:

1. Măsurările realizate în Laboratorul Fotometric ELBA Timișoara (curba 4 Fig. 2 - 25 ) confirmă corectitudinea metodei propuse.
2. În zona maximului se produce o "rotunjire" a curbei calculate. Cauza o reprezintă faptul că suprafața reflectorului nu este "perfect" netedă, deci nu se realizează o oglindă perfectă. Aceasta este și cauza pentru care apare lumină în apropierea axei. În aceste direcții efectul este cumulat, având în vedere simetria de rotație în jurul axei reflectorului a curbei de distribuție a iluminării.

### **3. O MODELARE MATEMATICĂ A PROIECTĂRII CONTURULUI REFLECTORULUI ȘI VERIFICĂRII PENTRU SURSE DE LUMINĂ AVÂND DIMENSIUNI REALE.**

#### **3.1 INTRODUCERE LA METODĂ.**

Proiectarea sistemelor optice pentru corpurile de iluminat (CIL) este o etapă laborioasă, motiv pentru care de multe ori se reduce la alegerea parametrilor, dimensiunilor și poziției sursei de lumină și elementelor optice. Alegerea sistemului optic depinde de aplicația specifică pentru care este destinat CIL. Utilizarea calculatoarelor personale permite optimizarea sistemelor optice ceea ce conduce la creșterea performanțelor CIL și eliminarea cheltuielilor cu modelele experimentale.

În studiul sistemelor optice se au în vedere două categorii de probleme:

1. Problema directă, care constă în determinarea caracteristicilor fotometrice ale CIL pe baza unor parametri cunoscuți ai sursei de lumină și ai sistemului optic.
2. Problema inversă presupune determinarea sistemului optic optim pe baza parametrilor sursei de lumină și a caracteristicilor fotometrice care trebuie obținute de la CIL.

În interiorul unui sistem optic au loc fenomene care se presupune ca respectă legile opticii geometrice, transformările principale ale unei raze de lumină fiind:

- a) Translația simplă (trecerea fasciculului de lumină printr-un spațiu optic omogen);
- b) Reflexie (la întâlnirea suprafețelor reflectorizante apare o modificare selectivă a direcției și valorii optice a fasciculului de lumină în funcție de orientarea spațială și lungimea de undă);
- c) Refracție (modificarea direcției razei de lumină la trecerea dintr-un mediu în altul fiind însoțită și de o filtrare a luminii în mediul respectiv în funcție de lungimea de undă, ceea ce conduce și la modificarea valorii optice).

Formal, proiectarea CIL trebuie să se bazeze pe rezolvarea problemei inverse. Acest lucru este posibil doar în cazuri extrem de particulare. În cele ce urmează vom prezenta un model matematic de proiectare a corpurilor de iluminat cu reflectoare oglindate, ce constă în două etape:

- 1.- Proiectarea conturului reflectorului plecând de la curbele de distribuție a

intensității luminoase ale sursei de lumină și ale corpului de iluminat considerând sursa punctiformă.

2.- Verificarea CDIL pentru CIL, având în vedere dimensiunile reale ale sursei.  
Urmează corectarea, eventuală, a profilului reflectorului și repetarea punctului 2.

### 3.2 PROIECTAREA CONTURULUI REFLECTORULUI

Pentru simetrie de rotație avem relația între fluxul incident pe reflector (care ajunge de la sursa de lumină) și fluxul reflectat:

$$2\pi \int_{\varphi_0}^{\varphi} \rho I_s(\varphi) \sin \varphi d\varphi = 2\pi \int_{\theta_0}^{\theta} I(\theta) \sin \theta d\theta \quad (3.1)$$

unde:

$\rho$  -este factorul de reflexie al reflectorului,

$I_s(\varphi)$  -intensitatea luminoasă a sursei după direcția  $\varphi$ ,

$I(\theta)$  -intensitatea luminoasă a reflectorului după direcția  $\theta$ .

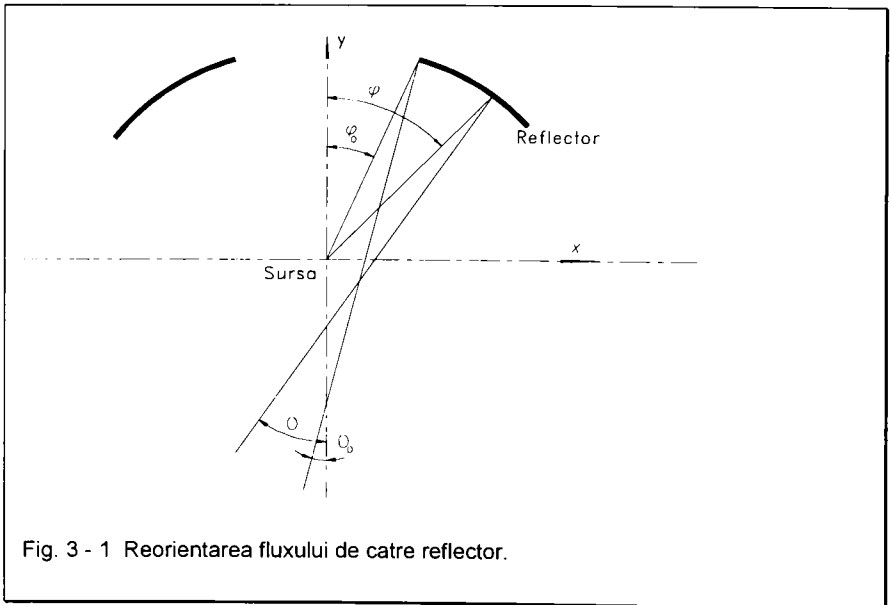


Fig. 3 - 1 Reorientarea fluxului de catre reflector.

Considerăm conturul reflectorului în coordonate polare  $r(\varphi)$ . La reflexie regulată între unghiuri (Fig. 3 - 4) avem relația:



$$\theta = \varphi - 2\alpha \quad (3.2)$$

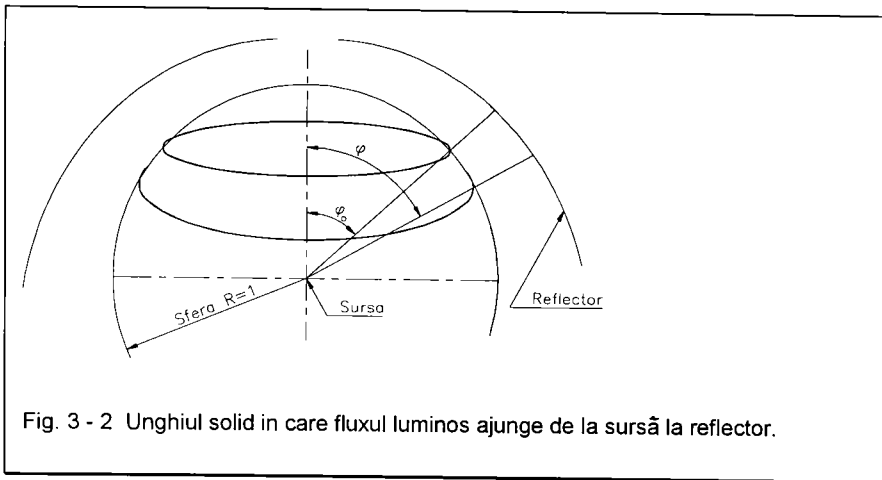


Fig. 3 - 2 Unghiul solid in care fluxul luminos ajunge de la sursă la reflector.

Pentru unghiul  $\mu$  între raza vectorie și tangenta la curba în coordonate polare  $r(\varphi)$  avem formula:

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{r}{r'} = \frac{r}{dr/d\varphi} \quad (3.3)$$

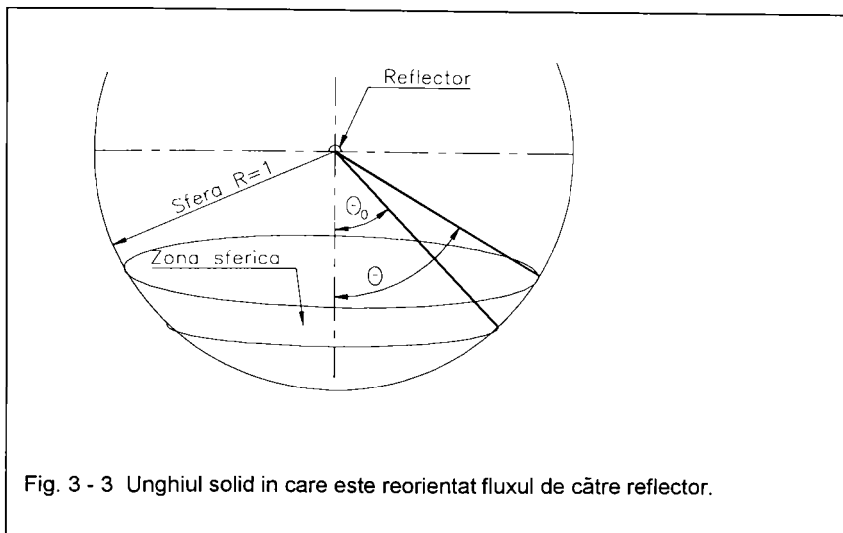
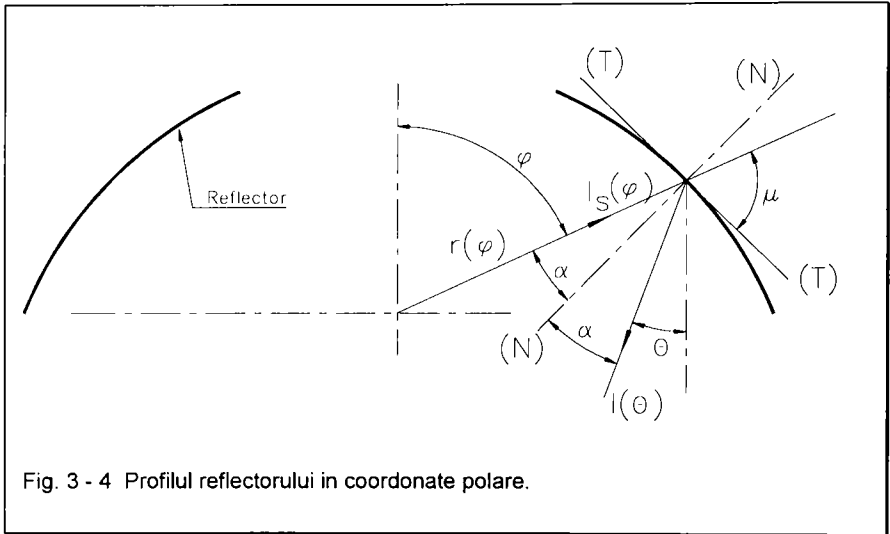


Fig. 3 - 3 Unghiul solid in care este reorientat fluxul de către reflector.

De asemenea, se obțin succesiv:

$$\alpha = 90 - \mu; \operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{r} = \frac{1}{r} \frac{dr}{d\varphi} \quad (3.4)$$



Relația (3.2) conduce la legătura între unghiul razei de lumină incidentă  $\varphi$ , unghiul razei reflectate  $\theta$  și raza vectorie într-un punct de pe o curbă oarecare în coordonate polare.

$$\theta = \varphi - 2 \operatorname{arctg} \left( \frac{1}{r} \frac{dr}{d\varphi} \right) \quad (3.5)$$

Din (3.5) se obține:

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi - \theta}{2} = \frac{1}{r} \frac{dr}{d\varphi} \quad (3.6)$$

Scopul nostru este de a găsi o expresie pentru raza vectorie. Din (3.6) se obține:

$$\ln \frac{r}{r_0} = \int_{\varphi_0}^{\varphi} \operatorname{tg} \frac{\varphi - \theta(\varphi)}{2} d\varphi = \int_{\theta_0}^{\theta} \operatorname{tg} \frac{\varphi(\theta) - \theta}{2} \frac{d\varphi}{d\theta} d\theta \quad (3.7)$$

$$r = r_0 e^{\int_{\theta_0}^{\theta} \operatorname{tg} \frac{\varphi(\theta) - \theta}{2} \frac{d\varphi}{d\theta} d\theta} \quad (3.8)$$

Pentru a utiliza formula (3.8) este necesar să cunoaștem o relație particulară  $\theta(\varphi)$  sau  $\varphi(\theta)$ . Aceasta se obține din formula (3.1), ce definește modul în care este reorientat

fluxul. Pentru sursa de intensitate luminoasă constantă  $I_s$  avem:

$$\cos \varphi - \cos \varphi_0 = \frac{1}{\rho} \int_{\theta}^{\theta_0} I(\theta) \sin \theta d\theta \quad (3.9)$$

Să presupunem că dorim să proiectăm un CIL care de la o înălțime oarecare ( $h$ ) să ilumineze uniform planul orizontal cu o valoare egală cu de "k" ori iluminarea maximă dată numai de sursă.

$$E = K * \frac{I_s}{h^2} = [I_s + I(\theta)] \frac{\cos^3 \theta}{h^2} \quad (3.10)$$

Din (3.10) rezultă intensitatea luminoasă (la unghiurile  $\theta$ ) ce trebuie să se obțină exclusiv de la reflector:

$$I(\theta) = I_s \left( \frac{k}{\cos^3 \theta} - 1 \right) \quad (3.11)$$

Relația (3.9) devine succesiv:

$$\cos \varphi - \cos \varphi_0 + \frac{1}{\rho} \int_{\theta}^{\theta_0} \left( \frac{k}{\cos^3 \theta} - 1 \right) \sin \theta d\theta \quad (3.12)$$

$$\cos \varphi = \cos \varphi_0 + \frac{1}{\rho} \left( \frac{k}{2} \operatorname{tg}^2 \theta + \cos \theta \right) \Big|_0^{\theta_0} \quad (3.13)$$

$$\cos \varphi = \cos \varphi_0 + \frac{k}{2\rho} \operatorname{tg}^2 \theta_0 + \frac{1}{\rho} \cos \theta_0 - \frac{k}{2\rho} \operatorname{tg}^2 \theta - \frac{1}{\rho} \cos \theta \quad (3.14)$$

Notăm cu "a" constanta:

$$a = \cos \varphi_0 + \frac{k}{2\rho} \operatorname{tg}^2 \theta_0 + \frac{1}{\rho} \cos \theta_0 \quad (3.15)$$

Unghiul  $\varphi(\theta)$  va avea forma de mai jos, care se poate include apoi în relația (3.8):

$$\varphi = \arccos \left( a - \frac{k}{2\rho} \operatorname{tg}^2 \theta - \frac{1}{\rho} \cos \theta \right) \quad (3.16)$$

În relația (3.8) intervine și derivata  $d\varphi/d\theta$ , care se poate obține prin derivarea relației (3.12):

$$\sin \varphi \frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{1}{\rho} \left( \frac{k}{\cos^3 \theta} - 1 \right) \sin \theta \quad (3.17)$$

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{1}{\rho} \frac{\sin \theta}{\sin \varphi} \left( \frac{k}{\cos^3 \theta} - 1 \right) \quad (3.18)$$

Unghiul  $\varphi$ , care mai apare în dreapta egalității (3.18) se înlocuiește cu formula (3.16).

Notând cu "j" funcția care apare în interiorul integralei din formula (3.8):

$$j = \operatorname{tg} \frac{\varphi(\theta) - \theta}{2} \frac{d\varphi}{d\theta} \quad (3.19)$$

și considerând pe "a" deja calculat cu formula (3.15), se poate descrie o funcție în TurboPascal astfel ( $\rho$  este notat "ro", raportul k este notat "rap"):

```
function j(teta:real):real;
var be,fi,d,ji,un:real;
begin
    be:=cos(teta);
    un:=a-rap/2/ro*(tan(teta))*(tan(teta))-1/ro*(cos(teta));
    fi:=arccos(un); {Formula (3.16)}
    d:=-1/ro*(sin(teta))/(sin(fi))*(rap/(be*be*be)-1); {Formula ....(3.18)}
    j:=(tan(((fi-teta)/2))*d);{Formula ....(3.19)}
end;
```

O metodă numerică de calcul a integralei funcției  $j(\theta)$  între limitele  $\theta_0$  și  $\theta$  poate avea forma de mai jos:

```
function integrala(teta:real):real;
const n=100;
var s,h,fh:real;
    i,k:integer;
begin
    h:=(teta-teta0)/n;
    k:=2;
    s:=j(teta0)+j(teta);
    for i:=1 to n-1 do
        begin
            k:=6-k;
            fh:=j(teta0+i*h);
            s:=s+k*fh;
```

```

end;
integrala:=h/3*s;
end;

```

În final, raza vectorie a curbei în coordonate polare, în funcție de unghiul  $\theta$  definită cu formula (3.8) se exprimă în TurboPascal astfel:

```

function rf(teta:real):real;
begin
rf:=rzero*exp(integrala(teta)){Formula (3.8)}
end;

```

Pentru a cunoaște unghiul  $\varphi$  al razei vectorie, se definește cu ajutorul relației (3.16) funcția:

```

function fif(teta:real):real;
begin
fif:=arccos(a-rap/2/ro*(tan(teta))*(tan(teta))-
1/ro*(cos(teta)));
end;

```

Programul de calcul va fi structurat astfel:

1. Introducerea datelor inițiale: unghiul  $\theta_0$  (de obicei  $\theta_0=0^\circ$ ), factorul de reflexie  $\rho$ , raportul  $k$ , coordonatele punctului de unde începe reflectorul ( $x_0, y_0$ ). Valoarea  $x_0$  reprezintă raza decupării prin care intră sursa de lumină în reflector iar  $y_0$  este distanța de la fundul reflectorului la centrul corpului luminos al sursei. Cu acestea se obține  $r_0$  și  $\varphi_0$ :

$$r_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \quad (3.20)$$

$$\varphi_0 = \operatorname{arctg}\left(\frac{x_0}{y_0}\right) \quad (3.21)$$

De asemenea, ca parametru de intrare se introduce pasul unghiului  $\theta$  pentru care se vor calcula coordonatele profilului reflectorului.

2. Pentru unghiurile  $\theta$  (stabilite prin  $\theta_0$  și pas) se calculează raza vectorie

și unghiul  $\varphi$  (respectiv coordonatele  $x, y$ ) care definesc conturul reflectorului. Se memorează:  $\theta, \varphi, r, x, y$ .

3. Se repetă punctul 2 pentru o nouă zonă (un nou unghi " $\theta + \text{pas}$ ") până se ajunge la o limită impusă pentru diametrul reflectorului ( $2x$ ), înălțimea reflectorului ( $y - y_0$ ) sau  $\varphi + \theta = 180^\circ$  (din considerente tehnologice).

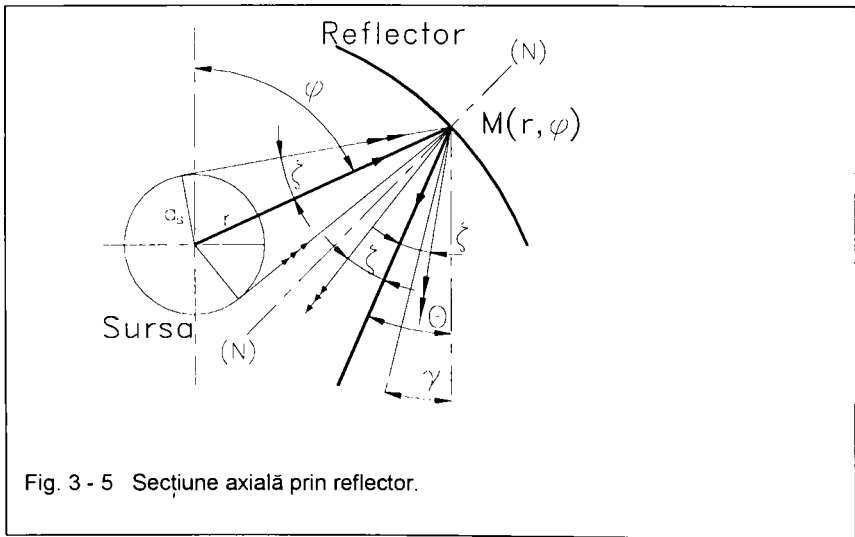
### 3.3 VERIFICAREA PROFILULUI REFLECTORULUI AVÂND ÎN VEDERE SURSA SFERICĂ DE DIMENSIUNI REALE.

Datorită dimensiunilor mari ale sursei de lumină, dintr-un punct  $M(r, \varphi)$  de pe reflector lumina nu este dirijată în exclusivitate după direcția  $\theta$  ci în domeniul  $(\theta - \xi) \div (\theta + \xi)$  unde:

$$\xi = \arcsin(a_s / r) \quad (3.22)$$

În formula de mai sus  $a_s$  este raza sursei de lumină, considerată sferică în acest caz, iar  $r$  este raza vectoroare a punctului de pe reflector (Fig. 3 - 5).

Când calculăm intensitatea luminoasă în direcția  $\gamma$  testăm toate zonele de pe



reflector pentru a vedea dacă:

$$\theta - \xi \sim \gamma \sim \theta + \xi \quad (3.23)$$

În cazul în care este îndeplinită această condiție înseamnă că zona respectivă "i"

de pe reflector contribuie la intensitatea luminoasă după direcția  $\gamma$  cu mărimea:

$$I_i = \rho L A_i \cos \varepsilon_i \quad (3.24)$$

în care :

- $\rho$  este factorul de reflexie al reflectorului,

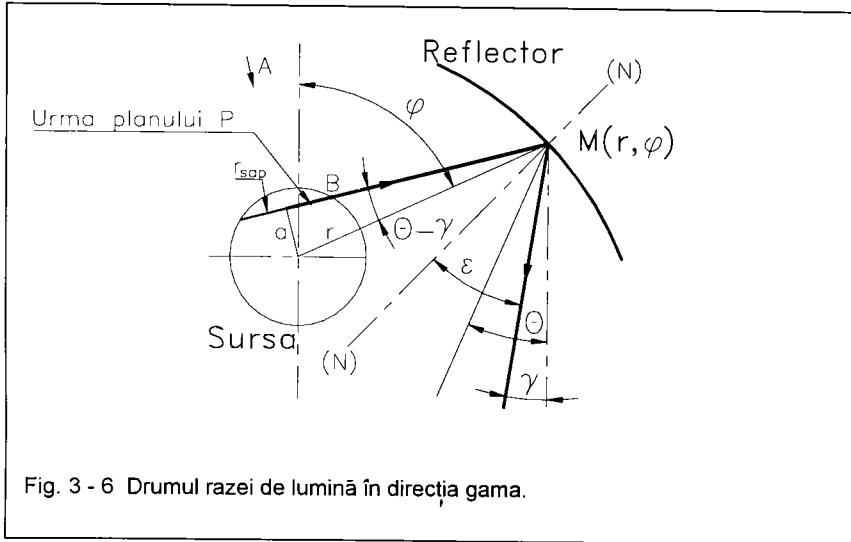


Fig. 3 - 6 Drumul razei de lumină în direcția gama.

- $L$  este luminanța sursei,

- $\varepsilon_i$  este unghiul între normala la reflector în punctul considerat și direcția razei reflectate (în direcția  $\gamma$ )

- $A_i$  este aria pății din zona "i" ce reflectă lumina în direcția  $\gamma$ .

$$A_i = R_i * \Delta R_i * 2 \alpha_i \quad (3.25)$$

unde:

$$R_i = (x_i + x_{i+1})/2 \quad (3.26)$$

$$\Delta R_i = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} \quad (3.27)$$

Unghiul  $2\alpha_i$  (în radiani) indică lățimea unghiulară a zonei luminoase în direcția  $\gamma$ .

Pentru calculul unghiului  $\alpha_i$  se urmărește traseul invers al unei raze de lumină.

Intr-un plan meridian, o rază de lumină din direcția  $\gamma$ , (Fig. 3 - 6), care pleacă de pe reflector din punctul M al zonei "i" provine de la punctul B al sursei. Secționăm sursa cu un plan P ce conține direcția MB și este perpendicular pe planul x-y.

Distanța de la centrul sursei la acest plan este:

$$a = r \sin(\theta - \gamma) \quad (3.28)$$

Unghiul  $\beta$  sub care se vede sursa în acest plan indică deschiderea fasciculusului luminos reflectat în punctul M (Fig. 3 - 7) și a cărei axă trece prin punctul A (Fig. 3 - 9), punct în care se găsește un prezumtiv observator.

Notând cu  $r_{sap}$  raza cercului obținut prin intersecția planului P cu sfera ce reprezintă sursa de lumină, se obține:

$$r_{sap} = \sqrt{a_s^2 - a^2} \quad (3.29)$$

Distanța de la centrul acestui cerc la punctul M de pe reflector este:

$$d_{iss} = r \cos(\theta - \gamma) \quad (3.30)$$

Unghiul  $\beta$  rezultă (Fig. 3 - 7) din relația:

$$\sin \beta = \frac{r_{sap}}{d_{iss}} \quad (3.31)$$

De asemenea, aceiași unghi (din legea reflexiei regulate) rezultă din Fig. 3 - 8:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{S}{L_1}; \text{ sau } S = L_1 \operatorname{tg} \beta \quad (3.32)$$

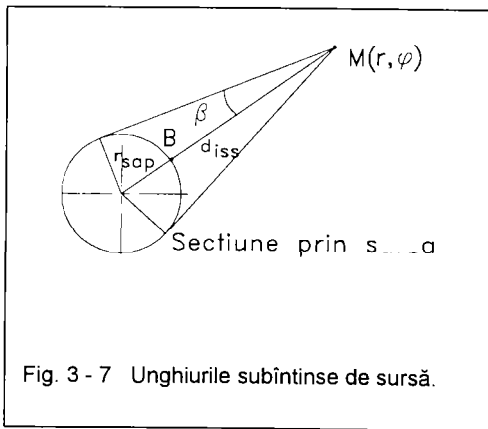


Fig. 3 - 7 Unghiurile subîntinse de sursă.

Punctul A se găsește într-un plan normal pe axa CIL și la distanță foarte mare de acesta, în punctul în care se găsește observatorul și în care se calculează intensitatea luminoasă în direcția  $\gamma$ .

Pentru unghiul  $\gamma$ , din Fig. 3 - 8 avem:

$$L_2 = L_1 \sin \gamma \quad (3.33)$$

Elementele reflectorizante succesive din componența zonei circulare "i" de pe reflector, vor furniza conuri de lumină succesive, a căror axă trece prin cercul de rază  $L_2$  din planul normal (Fig. 3 - 8). Ultimul con de lumină care încă mai atinge punctul unde se găsește observatorul A provine din punctul N de pe reflector și axa lui trece prin punctul C (Fig. 3 - 10). În acest moment se vede că semideschiderea unghiulară  $\alpha_i$  a zonei "i" de pe reflector care contribuie la intensitatea luminoasă în direcția  $\gamma_i$  (punctul A), corespunde



arcului MN și este egal cu unghiul AOC.

$$\sin \frac{\alpha_i}{2} = \frac{S}{2L_2} \quad (3.34)$$

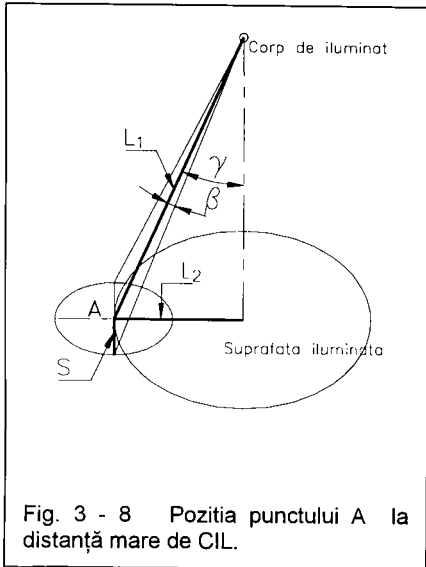


Fig. 3 - 8 Poziția punctului A la distanță mare de CIL.

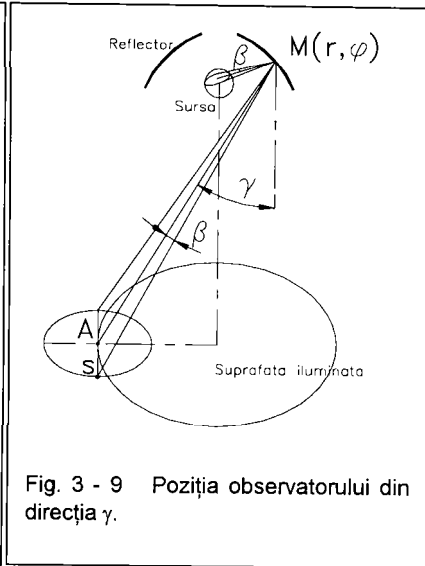


Fig. 3 - 9 Poziția observatorului din direcția  $\gamma$ .

Din desenele și relațiile prezentate se pot scrie următoarele relații:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{S}{2L_2} = \frac{S}{2L_1 \sin \gamma} = \frac{L_1 \operatorname{tg} \beta}{2L_1 \sin \gamma} \quad (3.35)$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\operatorname{tg}[\arcsin(r_{sap} / d_{iss})]}{2 \sin \gamma} \quad (3.36)$$

Pentru calculul unghiului  $\alpha$  se descrie o funcție în TurboPascal, care furnizează rezultatul având ca argumente:

- r-raza vectoroare a zonei "i" de pe reflector,
- unghiul  $\gamma$  în direcția căruia se calculează intensitatea luminoasă,
- unghiul  $\theta$  pe care îl face raza vectoroare r cu axa. Se ține seama de faptul că în anumite cazuri întreaga zonă inelară de pe reflector emite în direcția  $\gamma$ .

```
function falfa(r,tet,gam:real):real;
var aa,rsap,diss,temp:real;
begin
```

```

aa:=r*sin(tet-gam); {Formula (3.28)}
rsap:=sqrt(as*as-aa*aa); {Formula (3.29)}
diss:=r*cos(tet-gam); {Formula (3.30)}
if gam<>0 then temp:=tan(arcsin(rsap/diss))/2/(sin(gam))
    else temp:=1; {Formula (3.36)}
if abs(temp)<1 then falfa:=2*arcsin(temp) else falfa:=pi;
end;

```

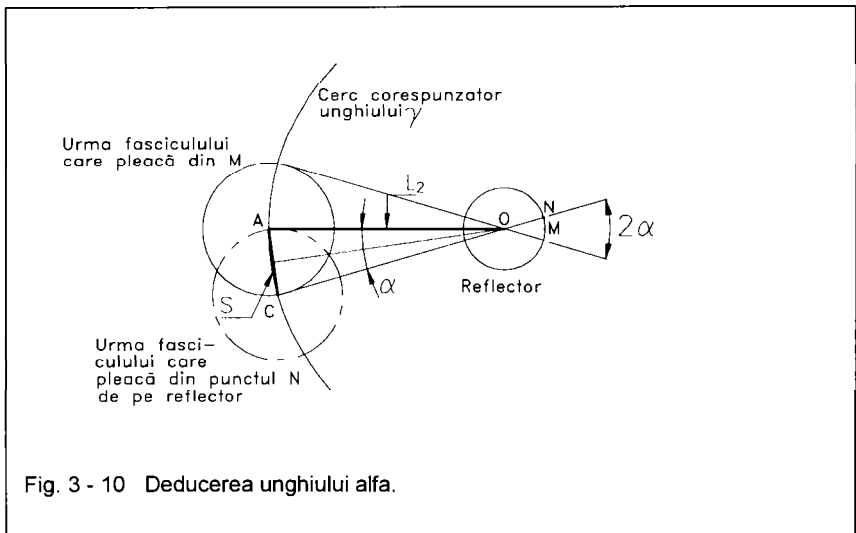


Fig. 3 - 10 Deducerea unghiului alfa.

Cunoscând unghiul  $\alpha$ , se calculează aria zonei  $i$  de pe reflector cu funcția de mai jos unde  $(x,y)$  sunt coordonatele carteziene ale începutului zonei " $i$ " iar  $(x1,y1)$  sunt coordonatele sfârșitului zonei " $i$ " (coordoanatele începutului zonei " $i+1$ ").

```

function aria(x,x1,y,y1,alfai:real):real;
var ri,deltari:real;
begin
    ri:=(x+x1)/2;{Formula (3.26)}
    deltari:=sqrt(sqr(x-x1)+sqr(y-y1));{Formula (3.27)}
    aria:=2*alfai*ri*deltari;{Formula (3.25)}
end;

```

Unghiul dintre axa reflectorului și direcția în care se calculează intensitatea luminoasă este (Fig. 3 - 6):

$$\varepsilon = \frac{(\varphi - \theta)}{2} + \theta - \gamma \quad (3.37)$$

În final, intensitatea luminoasă pentru o zonă se calculează cu formula (3.24). Pentru întregul reflector trebuie parcurse toate zonele acestuia, astfel încât:

$$I = I_0 + \sum I_i \quad (3.38)$$

unde  $I_0$  este intensitatea luminoasă directă de la sursă.

Pentru construirea curbei de distribuție a intensității luminoase, calculele se repetă pentru diferite valori ale unghiului  $\gamma$ .

### 3.4 PARTEA APLICATIVĂ. CONCLUZII LA METODA.

Modelul matematic prezentat în paragrafele 3.2 și 3.3 s-a materializat într-un program pe calculator care utilizează următoarele date de intrare:

- Fluxul luminos al sursei de lumină (sau puterea și eficacitatea luminoasă),
- Factorul de reflexie al suprafeței reflectorului,
- Diametrul sursei de lumină (presupusă sferică),
- Poziția centrului sursei față de capătul reflectorului,
- Diametrul decupării în reflector necesar montajului becului (sursei),
- Înălțimea la care se montează CIL și valoarea iluminării orizontale directe pe suprafața utilă, în condițiile în care se urmărește o iluminare uniformă în interiorul petei luminoase.

Ca rezultate se obțin:

a) după prima etapă, considerând sursa punctiformă:

- coordonatele punctelor ce definesc conturul reflectorului,
- legătura între unghiurile  $\theta$  și  $\varphi$ .

b) după a doua etapă, luând în considerare dimensiunile sursei de lumină

- distribuția intensității luminoase a CIL, în funcție de unghiul  $\gamma$ ,
- distribuția iluminării în planul util.

Rularea programului permite compararea rezultatelor pentru diferite valori ale parametrilor de mai sus, după cum se vede în figurile următoare.

Rezultatele se obțin atât tabelar cât și grafic, în lucrare fiind incluse doar graficele, care

sunt mai intuitive.

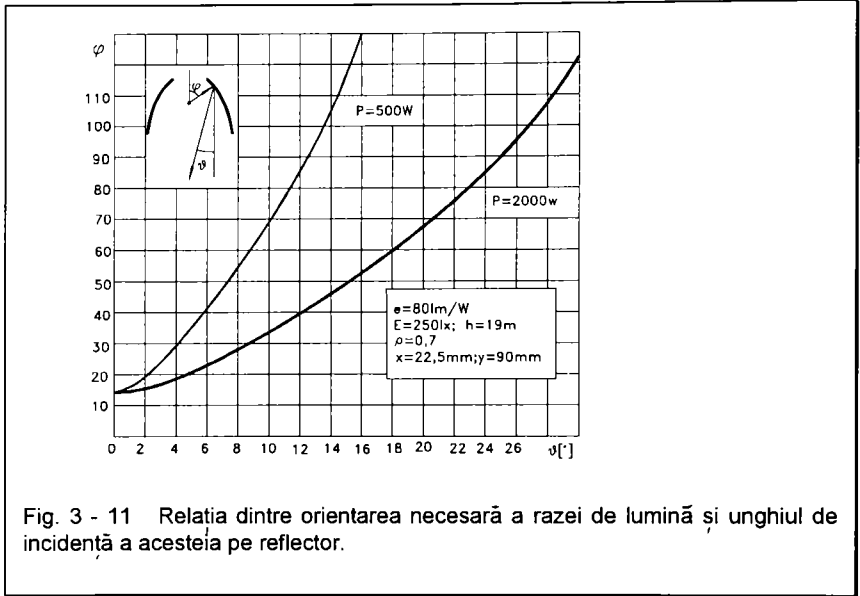


Fig. 3 - 11 Relația dintre orientarea necesară a razei de lumină și unghiul de incidență a acesteia pe reflector.

Cazurile prezentate au în comun faptul că s-au menținut constante: eficacitatea luminoasă a sursei de lumină ( $e=80\text{ lm/W}$ ), înălțimea de montaj ( $h=19\text{ m}$ ), iluminarea în planul orizontal ( $E=250\text{ lx}$ ) și coordonatele punctului de început al reflectorului în

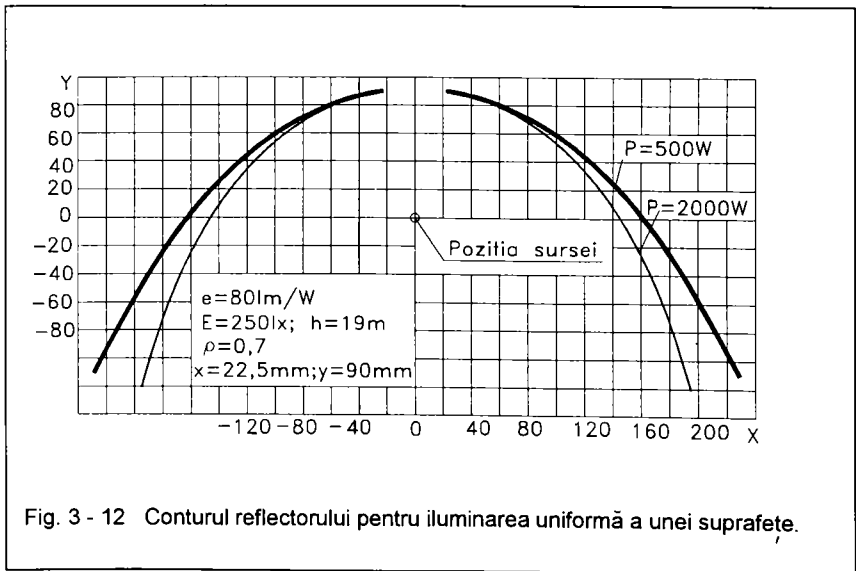


Fig. 3 - 12 Conturul reflectorului pentru iluminarea uniformă a unei suprafețe.

raport cu centrul sursei de lumină ( $x_0=22,5\text{mm}$ ,  $y_0=90\text{mm}$ ).

Din analiza graficelor rezultă următoarele:

- Forma reflectorului depinde de puterea sursei de lumină (având în vedere că s-a urmărit obținerea aceleași iluminări constante de 250 lx).
- Are loc o creștere rapidă a unghiului de incidență a razei de lumină pe reflector ( $\varphi$ ) față de creșterea unghiului  $\vartheta$  de reorientare a luminii pentru a asigura o iluminare uniformă.

Creșterea este cu atât mai apreciabilă cu cât puterea disponibilă a sursei de lumină este mai mică.

- La valori mici ale diametrului sursei de lumină (2 mm în cazul studiat, Fig. 3.13), în urma fazei de verificare se observă o abatere foarte mică de la iluminarea necesară de 250 lx. Având în vedere că verificarea se face prin altă metodă decât proiectarea conturului reflectorului, rezultă, cum este de așteptat, că acestea sunt compatibile și că modelele matematice utilizate în cele două etape sunt corecte.
- La surse de lumină de diametru mare (20 mm) se observă o abatere de la iluminarea dorită (de 250 lx) la depărtări unghiulare mici ( $\gamma=2^\circ$ ) față de verticala corpului de iluminat. Valoarea abaterii iluminării și unghiul la care apare se reduc pe măsură ce dimensiunile sursei de lumină scad. De remarcat faptul că astfel de abateri la unghiuri

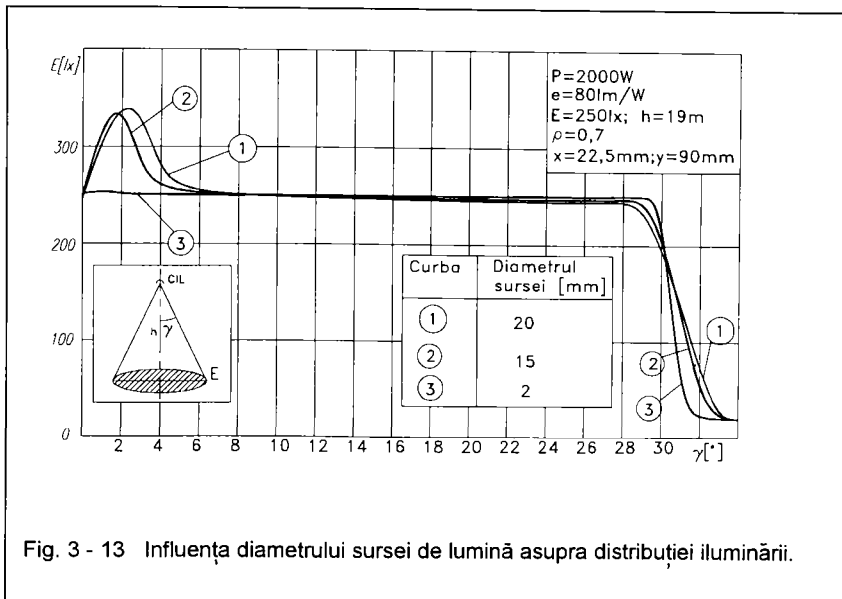


Fig. 3 - 13 Influența diametrului sursei de lumină asupra distribuției iluminării.

mici pentru surse de dimensiuni mari au fost sesizate, pe baza unor calcule grafice, de Waldram încă din anul 1970.

Pentru surse de puteri mai mici (500 W față de 2000 W, Fig. 3-14), la aceeași dimensiune a sursei de lumină (diametrul de 20 mm) unghiul acoperit de conul de lumină se reduce (de la  $\gamma_{\max}=28^\circ$  la  $\gamma_{\max}=14^\circ$ ). De asemenea apar abateri mai pronunțate ale iluminării față de valoarea proiectată: după un maxim la unghiuri mici urmează o scădere sub valoarea proiectată.

Observațiile de mai sus ne conduc la necesitatea stabilirii unei legături între deschiderea unghiulară a fascicului de lumină furnizat de CIL și disponibilitățile de flux luminos al sursei (lămpi electrice).

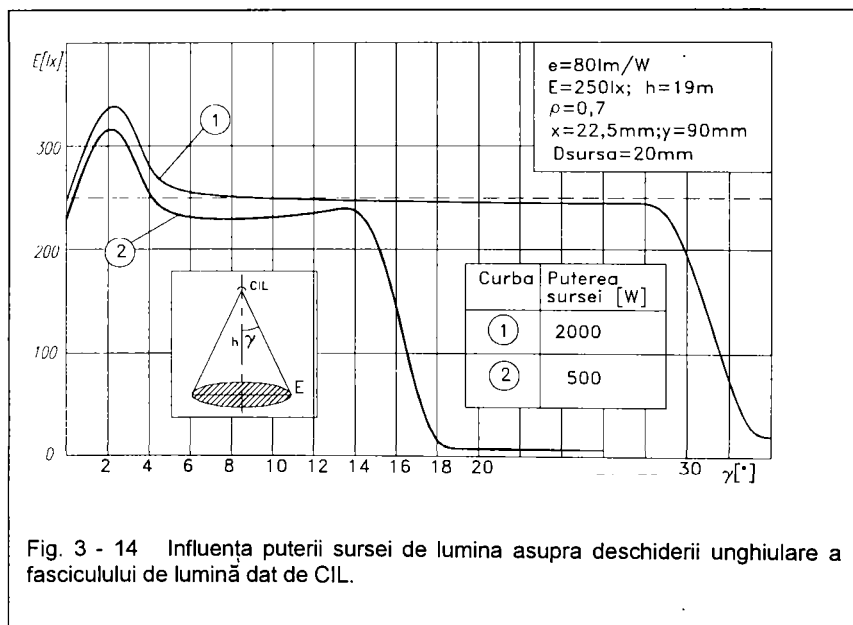


Fig. 3 - 14 Influența puterii sursei de lumina asupra deschiderii unghiulare a fascicului de lumină dat de CIL.

$$K = \frac{E}{E_{os}} \quad (3.39)$$

Vom folosi noțiunea de factor de amplificare al corpurilor de iluminat "K", definit prin relația (3.39) ca raport între iluminarea orizontală ( $E=\text{constant}$  ce trebuie asigurată de corpul de iluminat și iluminarea orizontală dată numai de sursă (considerată la aceeași înălțime "h") în punctul din planul util aflat pe verticala lămpii ( $E_{os}$ ). Prin analogie, factorul de amplificare K reprezintă raportul dintre intensitatea luminoasă

axială a corpului de iluminat (reflector și lumina directă de la sursă) și intensitatea luminoasă a sursei în aceeași direcție. Se precizează faptul că în acest caz, al iluminării uniforme pe o suprafață, direcția intensității luminoase maxime a corpului de iluminat nu coincide cu direcția axială a acestuia.

Presupunând fluxul sursei de lumină uniform distribuit în spațiu, din (3.39) se obține (3.40).

$$K = \frac{E \cdot h^2}{\phi_e / 4\pi} \quad (3.40)$$

$$E \cdot (\pi h^2 \cdot \text{tg}^2 \theta_{\max}) = \frac{\phi_e}{4\pi} \cdot 2\pi [\rho(\cos \varphi_{\min} - \cos \varphi_{\max})(1 - \cos \theta_{\max})] \quad (3.41)$$

Pe de altă parte vom folosi bilanțul fluxurilor (3.41) în planul util limitat de conul cu semideschiderea unghiulară  $\theta_{\max}$  fluxul necesar asigurării iluminării uniforme în interiorul conului de lumină este egal cu fluxul recuperat de reflector (între unghiurile  $\varphi_{\min}$  și  $\varphi_{\max}$ ) la care se adaugă fluxul direct al lămpii.

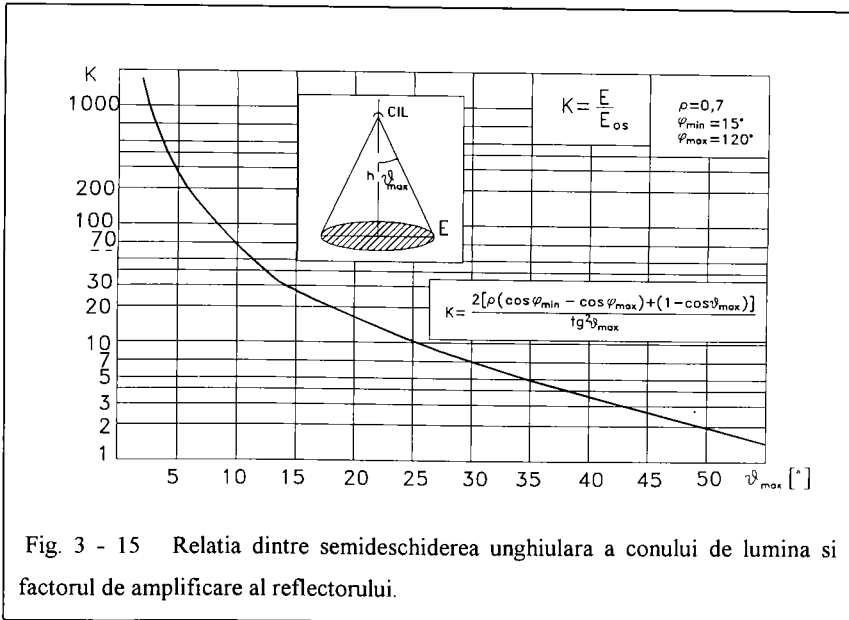


Fig. 3 - 15 Relația dintre semideschiderea unghiulară a conului de lumină și factorul de amplificare al reflectorului.

Din relațiile (3.40) și (3.41) se obține expresia (3.42) pentru factorul de amplificare K.

$$K = \frac{2[\rho(\cos \varphi_{\min} - \cos \varphi_{\max}) + (1 - \cos \theta_{\max})]}{\text{tg}^2 \theta_{\max}} \quad (3.42)$$

De remarcat că aceeași expresie (3.42) se obține din ecuația (3.14) pentru  $\theta_0=0^\circ$ .

Pentru valori uzuale ale factorului de reflexie ( $\rho=0,7$ ) și ale unghiurilor plane ce limitează reflectorul văzut din centrul sursei ( $\varphi_{\min}=15^\circ$ ,  $\varphi_{\max}=120^\circ$ ) se trasează diagrama factorului de amplificare K în funcție de semideschiderea unghiulară limită ( $\theta_{\max}$ ) a conului de lumină. Reprezentarea s-a făcut la o scară semilogaritmică cu scopul de a fi ușor de utilizat (Fig. 3-15).

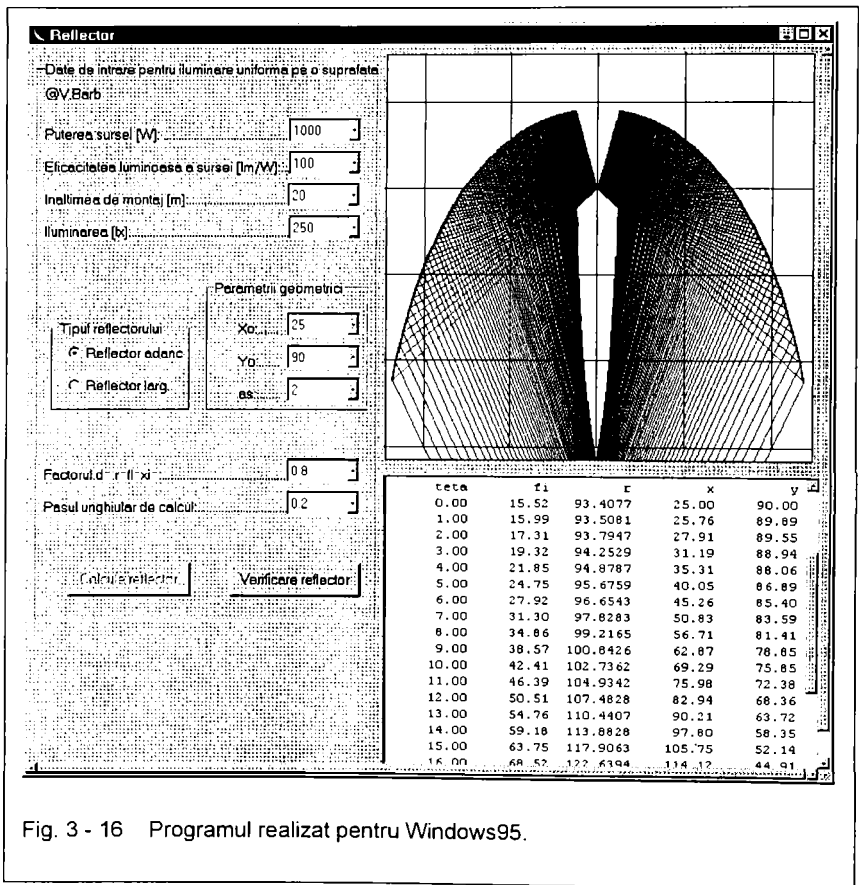


Fig. 3 - 16 Programul realizat pentru Windows95.

Factorul de amplificare K tinde la infinit când  $\theta_0=0$  și conturul reflectorului va fi o parabolă, cum este de așteptat pentru o sursă de lumină infinit mică.

De altfel, înlocuind în ecuația (3.8) sau (3.7) pe  $\theta=0=\text{constant}$ , se obține ecuația parabolei în coordonate polare cu polul în focar (3.43).

$$r = r_0 \frac{2}{1 + \cos \varphi} \quad (3.43)$$

Diagrama factorului de amplificare poate deveni un instrument deosebit de util



proiecțiilor de corpuri de iluminat, datorită informațiilor eficiente și rapide pe care le poate furniza;

a) Dacă se dorește proiectarea unui corp de iluminat cu o anumită deschidere unghiulară, din diagramă se citește valoarea corespunzătoare a factorului de amplificare și folosind relația (3.40) se pot obține:

- fluxul lămpii, dacă se cunoaște iluminarea necesară  $E$  într-un plan util aflat la distanța  $h$ ;

- înălțimea de montaj  $h$ , dacă se cunoaște fluxul lămpii și iluminarea necesară;

- valoarea iluminării  $E$ , cunoscând fluxul lămpii și înălțimea de montaj.

b) Dacă se urmărește proiectarea unui corp de iluminat având la dispoziție datele pentru factorul de amplificare din formulele (3.40), (3.39) sau chiar (3.10), se obține limita fizică pentru conul de lumină al corpurilor de iluminat. Orice tentativă de a depăși

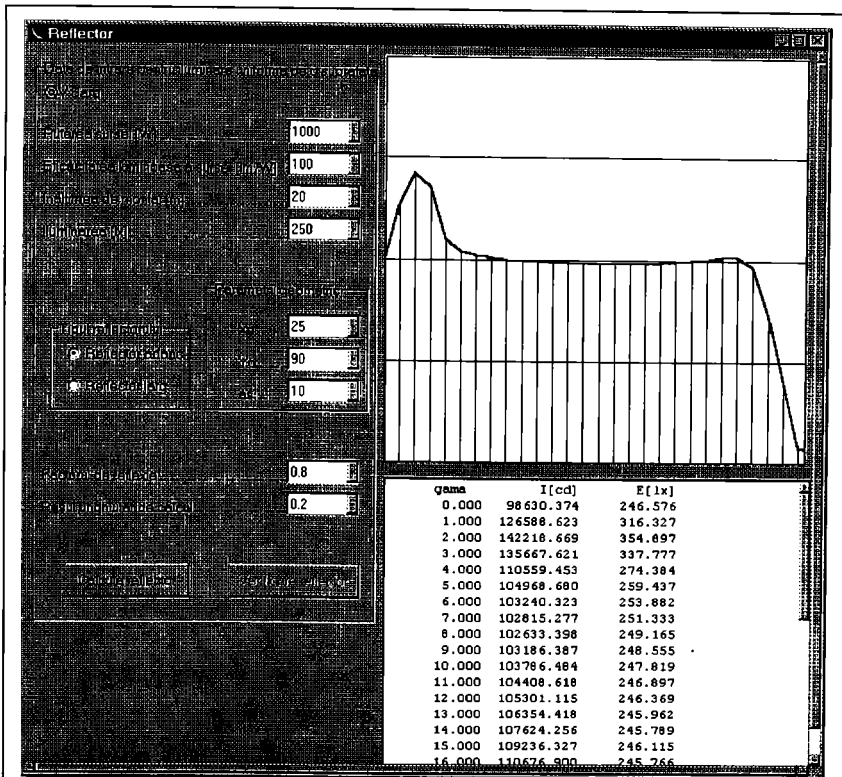


Fig. 3 - 17 Interfața programului de verificare pentru sursa de lumină sferică.

această limită în condițiile date este de prisos.

Autorul și-a propus o modelare matematică a fenomenelor fizice care au loc în corpurile de iluminat cu reflectoare ogândate, cu scopul de a pune la punct o tehnologie de proiectare și verificare. A fost urmărită o situație practică deseori întâlnită în aplicațiile sistemelor de iluminat: realizarea unei iluminări directe uniforme pe planul util.

Cu modele matematice puse la punct s-a realizat o aplicație pe calculator ce permite, pe baza unor date inițiale, determinarea conturului reflectorului cu simetrie de rotație și verificarea curbei de distribuție a intensității luminoase (sau a iluminării în planul util), având în vedere surse de lumină de formă sferică. Programul se poate extinde, cu modificările aferente, și la surse de lumină elipsoidale, cilindrice, etc.

În urma aplicării pe calculator a modelului matematic și rulării pentru diverși parametrii de intrare, s-a dovedit a fi deosebit de utilă introducerea noțiunii de factor de amplificare a corpului de iluminat și stabilirea relației între acest factor și deschiderea unghiulară maximă a conului de lumină în interiorul căruia se poate asigura o iluminare uniformă (Fig. 3-15).

Programul de calcul este conceput în final în limbajul DELPHI pentru sistemul de operare Windows95, interfața cu utilizatorul fiind prezentată în Fig. 3 - 16 și Fig. 3 - 17.

Metoda prezentată în acest capitol a fost aplicată de autor corpului de iluminat tip IEV-03-400W, ale cărui scule și dispozitive sunt în curs de execuție în vederea punerii în fabricație de serie la ELBA Timișoara.

## 4. CONTRIBUȚII LA MODELAREA GEOMETRIEI SPAȚIALE A REFLECTOARELOR OGLINDATE ȘI APLICARE LA CORPURILE DE ILUMINAT STRADAL.

### 4.1 SISTEME DE COORDONATE UTILIZATE ÎN LUMINOTEHNICĂ ȘI STABILIREA UNOR FORMULE DE TRANSFORMARE.

Curba de distribuție a intensității luminoase (CDIL) a unui corp de iluminat se poate reprezenta grafic într-un sistem de coordonate rectangular sau polar.

Sistemul de coordonate rectangular este utilizat de regulă pentru proiectoare și pentru spoturi luminoase, permițând evaluarea cu precizie a discontinuităților care apar în repartiția intensității luminoase pentru intervale relativ restrânse ale unghiurilor de analizat. Diagrama polară de repartiție a intensității luminoase este utilizată în majoritatea aplicațiilor deoarece furnizează o impresie vizuală clară asupra distribuției fluxului luminos.

Dacă distribuția intensității luminoase prezintă o simetrie de rotație, este suficient să se prezinte diagrama polară într-un singur semiplan care trece prin axa de simetrie. De regulă direcția verticală corespunde axei corpului de iluminat și coincide cu unghiul de 0 grade.

În cazul în care distribuția intensității luminoase nu prezintă o simetrie de rotație, trebuie construite curbe în mai multe plane. Orientarea acestor plane conduce la trei sisteme de coordonate utilizate în mod curent [165,166]:

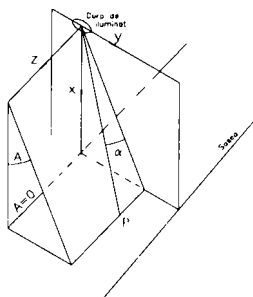
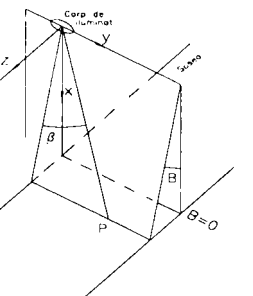
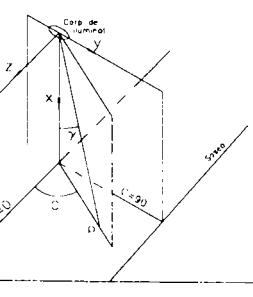
- sistemul A- $\alpha$ ,
- sistemul B- $\beta$ ,
- sistemul C- $\gamma$ .

Înafara celor trei sisteme, trebuie luat în considerare și sistemul trirectangular  $x,y,z$ , caracterizat prin cosinuşii directori ai vectorului de poziție în spațiu. Insistăm asupra acestor sisteme de coordonate deoarece ele vor fi utilizate la stabilirea legăturii între fluxul luminos incident pe reflector și orientarea necesară din spațiu a fluxului luminos

reflectat.

În Tab. 4-1 se face o sistematizare a sistemelor de coordonate.

Considerând o anumită direcție  $r$  din spațiu, definită în oricare din sistemele de

Figura explicativă	Observații. Relații vectoriale.
<p>A. Sistemul de coordonate A-<math>\alpha</math> și x,y,z</p> 	<p><u>Sistemul de coordonate x,y,z</u>            -axa x, verticală, orientată spre șosea,            -axa y orizontală, perpendiculară pe planul vertical ce conține axa șoselei,            -axa z, paralelă cu axa șoselei.            -l, m, n cosinuzii directori            -r o direcție din spațiu  <math>\vec{r} = l * \vec{i} + m * \vec{j} + n * \vec{k}</math></p> <p><u>Proprietățile sistemului A-<math>\alpha</math></u>            - Un plan particular care trece prin axa Oz este înclinat cu unghiul A față de planul xOz.            - O direcție definită din spațiu se găsește în planul A și</p> $\vec{r} = \cos \alpha * \cos A * \vec{i} + \cos \alpha * \sin A * \vec{j} + \sin \alpha * \vec{k}$
<p>B. Sistemul de coordonate B-<math>\beta</math> și x,y,z.</p> 	<p>Sistemul de coordonate B-<math>\beta</math> se caracterizează prin faptul că o direcție din spațiu se poate stabili:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- precizând unghiul B pe care-l face planul xOy cu planul ce trece prin axa Oy și în care se găsește direcția r.</li> <li>- precizând unghiul <math>\beta</math> pe care-l face direcția r cu planul xOz.</li> </ul> $\vec{r} = \cos B * \cos \beta * \vec{i} + \sin \beta * \vec{j} + \sin B * \cos \beta * \vec{k}$
<p>C. Sistemul de coordonate C-<math>\gamma</math></p> 	<p>În sistemul de coordonate C-<math>\gamma</math> axa de rotație a planului C este verticală și trece prin axa Ox a corpului de iluminat. O poziție a unui plan particular este definită prin unghiul C pe care-l face cu planul de referință C=0 (planul xOz considerat în lungul șoselei). O direcție anumită în planul C este stabilită prin unghiul <math>\gamma</math> în raport cu axa Ox.</p> $\vec{r} = \cos \gamma * \vec{i} + \sin \gamma * \sin C * \vec{j} + \sin \gamma * \cos C * \vec{k}$

coordonate amintite, cu ajutorul relațiilor vectoriale din Tab. 4-1 se obțin formulele de conversie dintr-un sistem de coordonate în altul (Tab. 4-2)..

Tab. 4-2. Relații de transformare între sistemele de coordonate.		
a). Se cunosc cosinuzii directori l, m, n în sistemul trirectangular x, y, z.		
Sistemul A- $\alpha$	Sistemul B- $\beta$	Sistemul C- $\gamma$
$\begin{cases} A = \arctan \frac{m}{l} \\ \alpha = \arcsin n \end{cases}$	$\begin{cases} B = \arctan \frac{n}{l} \\ \beta = \arcsin m \end{cases}$	$\begin{cases} C = \arctan \frac{m}{n} \\ \gamma = \arccos l \end{cases}$
b). Se cunoaște direcția din spațiu în sistemul A- $\alpha$ .		
Sistemul x,y,z	Sistemul B- $\beta$	Sistemul C- $\gamma$
$\begin{cases} l = \cos \alpha * \cos A \\ m = \cos \alpha * \sin A \\ n = \sin \alpha \end{cases}$	$\begin{cases} B = \arctan \frac{\tan \alpha}{\cos A} \\ \beta = \arcsin(\cos \alpha * \sin A) \end{cases}$	$\begin{cases} C = \arctan \frac{\sin A}{\tan \alpha} \\ \gamma = \arccos(\cos \alpha * \cos A) \end{cases}$
c). Se cunoaște direcția din spațiu în sistemul B- $\beta$ .		
Sistemul x,y,z	Sistemul A- $\alpha$	Sistemul C- $\gamma$
$\begin{cases} l = \cos B \cos \beta \\ m = \sin \beta \\ n = \sin B \cos \beta \end{cases}$	$\begin{cases} A = \arctan \frac{\tan \beta}{\cos B} \\ \alpha = \arcsin(\sin B * \cos \beta) \end{cases}$	$\begin{cases} C = \arctan \frac{\tan B}{\sin \beta} \\ \gamma = \arccos(\cos B * \cos \beta) \end{cases}$
d). Se cunoaște direcția din spațiu în sistemul C- $\gamma$ .		
Sistemul x,y,z	Sistemul A- $\alpha$	Sistemul B- $\beta$
$\begin{cases} l = \cos \gamma \\ m = \sin \gamma * \sin C \\ n = \sin \gamma * \cos C \end{cases}$	$\begin{cases} A = \arctan(\tan \gamma * \sin C) \\ \alpha = \arcsin(\sin \gamma * \cos C) \end{cases}$	$\begin{cases} B = \arctan(\tan \gamma * \cos C) \\ \beta = \arcsin(\sin \gamma * \sin C) \end{cases}$

Formulele prezentate sunt deosebit de utile în stabilirea legăturii între fluxul luminos incident pe reflector și fluxul reorientat în spațiu înspre zonele de interes. Aceste formule, împreună cu altele folosite în calcule luminotehnice au fost introduse într-o bibliotecă de funcții BIBLIO.TPU care sunt apoi apelate la nevoie din programe realizate în limbajul TurboPascal.

## 4.2 CONTRIBUTII PRIVIND O ECUATIE GENERALA REFLECTOARELOR OGLINDATE.

Sunt cunoscute proprietățile optice ale curbelor obținute prin secțiuni conice, la care, dacă sursa de lumină este plasată într-un focar, lumina reflectată trece prin cel de-al doilea focar [28,53]. De asemenea, așa cum s-a demonstrat în Cap.3, este posibil, pentru reflectoarele cu simetrie de rotație, să se determine curba de profil astfel încât să se obțină o anumită distribuție a intensității luminoase reflectate. În practică este necesar, de multe ori, să se realizeze suprafețe reflectorizante nesimetrice care să corespundă unor cerințe specifice sistemelor de iluminat. Se pune astfel problema determinării unei suprafețe spațiale care nu mai are o simetrie de rotație și care trebuie să reorienteze fluxul luminos incident în direcțiile și în cantitățile necesare. Acest subiect prezintă un deosebit interes pentru proiectarea corpurilor de iluminat rutier care în final sunt apreciate în funcție de luminanțele obținute pe suprafața șoselei. În literatura de specialitate referirile la această temă sunt rare [91] și sunt prezentate doar rezultatele obținute, fără a se menționa și bazele teoretice care au stat la proiectarea reflectoarelor nesimetrice.

Având în vedere legile opticii geometrice privind reflexia luminii, se introduc notațiile:

- $r_0$  - versorul ce reprezintă direcția razei incidente respectiv a intensității luminoase,

- $n_0$  - direcția normalei la suprafața reflectorizantă,

- $d_0$  - versorul razei de lumină reflectate.

În Fig. 4-1a sunt prezentați cei trei versori în concordanță cu cele două legi ale opticii geometrice amintite.

În Fig. 4-1b este proiectat versorul  $d_0$  pe direcția  $n_0$ , obținându-se vectorul  $no(n_0 \cdot d_0)$ , din punctul A până în punctul B.

Din Fig. 4-1c se obține ecuația vectorială (4.1).

$$\overline{r_0} = \overline{d_0} - 2 \cdot \overline{n_0} \cdot (\overline{d_0} \cdot \overline{n_0}) \quad (4.1)$$

Această ecuație este deosebit de importantă atât pentru predeterminarea curbei de distribuție a intensității luminoase cât și pentru stabilirea ecuației generale ce descrie conturul reflectoarelor oglindate.

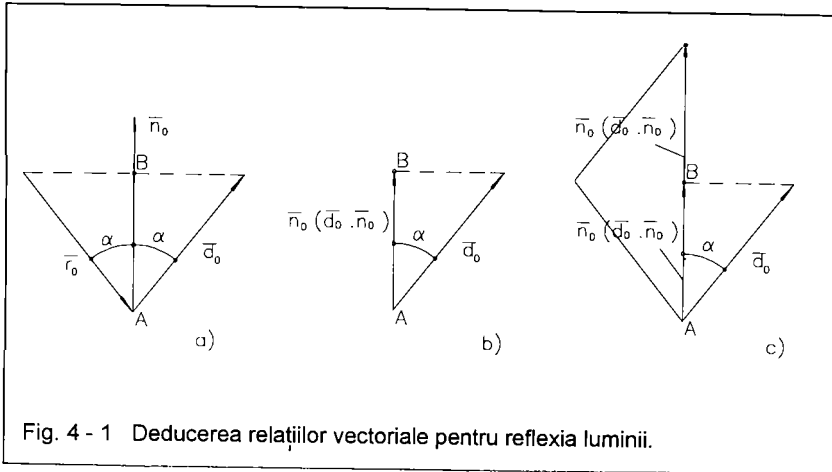


Fig. 4 - 1 Deducerea relațiilor vectoriale pentru reflexia luminii.

Înmulțind scalar ecuația (4.1) cu versorul  $\bar{d}_0$  se obține:

$$\bar{r}_0 \cdot \bar{d}_0 = 1 - 2(\bar{d}_0 \cdot \bar{n}_0)^2 \quad (4.2)$$

$$(\bar{d}_0 \cdot \bar{n}_0) = \sqrt{\frac{1 - (\bar{d}_0 \cdot \bar{r}_0)}{2}} \quad (4.3)$$

Apoi, înlocuind (4.3) în (4.1) obținem:

$$\bar{r}_0 = \bar{d}_0 - 2\bar{n}_0 \sqrt{\frac{1 - (\bar{d}_0 \cdot \bar{r}_0)}{2}} \quad (4.4)$$

Se obține astfel cu relația (4.5) versorul  $\bar{n}_0$  ce definește orientarea suprafeței reflectorizante în funcție de direcția incidentă și înspre care se dorește reorientarea luminii.

$$\bar{n}_0 = \frac{\bar{d}_0 - \bar{r}_0}{\sqrt{2(1 - \bar{d}_0 \cdot \bar{r}_0)}} \quad (4.5)$$

Considerând o origine O în raport cu care se definește conturul reflectorului și în care se presupune că este plasată sursa de lumină, ecuația vectorială a suprafeței oglindate se deduce din condiția ca tangenta la suprafață (obținută prin derivarea vectorului de poziție  $\bar{r}$ ), să fie perpendiculară pe versorul  $\bar{n}_0$ , conform relației (4.6).

$$d\bar{r} \cdot \bar{n}_0 = 0 \quad (4.6)$$

$$d\bar{r} \cdot \frac{\bar{d}_0 - \bar{r}_0}{\sqrt{2(1 - \bar{d}_0 \cdot \bar{r}_0)}} = 0 \quad (4.7)$$

$$\overline{dr} \cdot (\overline{d_0} - \overline{r_0}) = 0 \quad (4.8)$$

Utilizarea ecuației diferențiale (4.8) permite obținerea secvențială a suprafeței reflectorizante în funcție de direcția  $d$  în care se dorește reorientarea luminii. Se impune o condiție de limită, concretizată printr-un punct inițial cunoscut din spațiu de la care începe construcția reflectorului. Acest punct se stabilește de către proiectant, în funcție de gabaritul în care trebuie să se încadreze reflectorul. Trebuie precizat faptul că direcția  $d$  înspre care se reorientează lumina nu este constantă, ci este într-o relație directă cu cerințele impuse sistemului de iluminat privind distribuția spațială a intensității luminoase.

Din analiza sistemelor de coordonate prezentate rezultă că din punctul de vedere al definirii geometriei reflectorului sistemul  $B-\beta$  este cel mai convenabil. De asemenea, rezolvarea ecuației diferențiale (4.8) s-a dovedit posibilă prin utilizarea acestui sistem de coordonate. Astfel, pentru un anumit unghi  $B$  (constant) se realizează o secțiune prin reflector cu un plan ce trece prin axa  $Oy$ , care coincide cu axa sursei de lumină la corpurile de iluminat stradal. Pentru diverse unghiuri  $\beta$  din acest plan va fi posibilă calcularea razei vectoriale  $r$  ce determină puncte de pe reflector. De asemenea, pentru un unghi  $\beta$  constant (și  $B$  variabil) se obține o intersecție a suprafeței spațiale reflectorizante cu un con ce are vârful în origine, axa de simetrie suprapusă peste axa  $Oy$  a sistemului trirectangular și unghiul la vârf al conului egal cu  $(\pi-2\beta)$ .

Notând cu  $r$  raza vectorială a unui punct curent de pe reflector, se obține vectorul  $r$  (de versor  $r_0$ ) ce definește suprafața spațială reflectorizantă (4.9) în funcție de unghiurile  $B_1$  și  $\beta_1$ . Diferențiala acestui vector va fi de forma (4.10).

$$\overline{r} = r \cos B \cos \beta \overline{i} + r \sin \beta \overline{j} + r \sin B \cos \beta \overline{k} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} \overline{dr} = & (dr \cos B \cos \beta - r \sin B \cos \beta dB - r \cos B \sin \beta d\beta) \overline{i} \\ & + (dr \sin \beta + r \cos \beta d\beta) \overline{j} \\ & + (dr \cos B \cos \beta + r \cos B \cos \beta dB - r \sin B \sin \beta d\beta) \overline{k} \end{aligned} \quad (4.10)$$

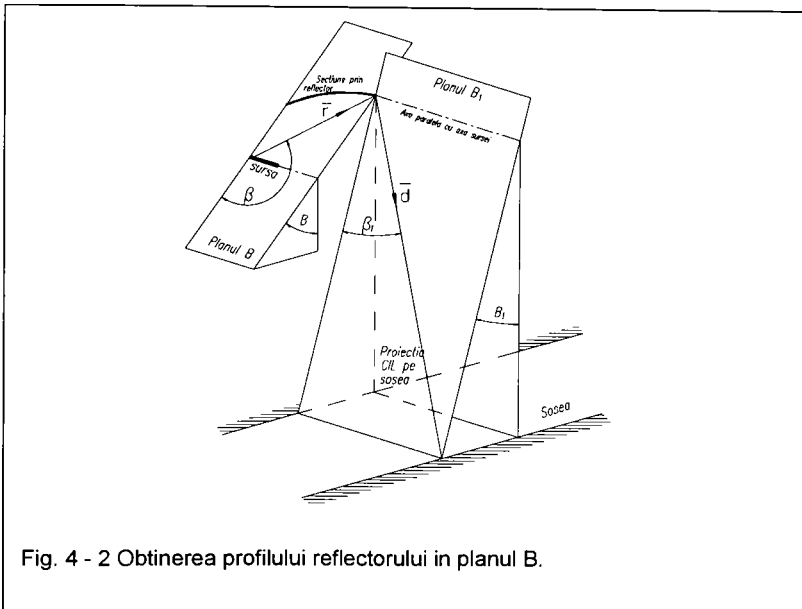
$$\overline{d_0} = \cos B_1 \cos \beta_1 \overline{i} + \sin \beta_1 \overline{j} + \sin B_1 \cos \beta_1 \overline{k} \quad (4.11)$$



$$\begin{aligned} \overline{d_0} - \overline{r_0} &= (\cos B_1 \cos \beta_1 - \cos B \cos \beta) \overline{i} \\ &+ (\sin \beta_1 - \sin \beta) \overline{j} \\ &+ (\sin B_1 \cos \beta_1 - \sin B \cos \beta) \overline{k} \end{aligned} \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} &dr \cos B \cos \beta [\cos B_1 \cos \beta_1 - \cos B \cos \beta] \\ + dr \sin \beta [\sin \beta_1 - \sin \beta] + dr \sin B \cos \beta [\sin B_1 \cos \beta_1 - \sin B \cos \beta] \\ &- dBr \sin B \cos \beta [\cos B_1 \cos \beta_1 - \cos B \cos \beta] \\ &+ dBr \cos B \cos \beta [\sin B_1 \cos \beta_1 - \sin B \cos \beta] \\ &- d\beta r \cos B \sin \beta [\cos B_1 \cos \beta_1 - \cos B \cos \beta] \\ &\quad + d\beta r \cos \beta [\sin \beta_1 - \sin \beta] \\ &- d\beta r \sin B \sin \beta [\cos B_1 \cos \beta_1 - \sin B \cos \beta] = 0 \end{aligned} \quad (4.13)$$

Se notează cu  $B_1$  și  $\beta_1$  unghiurile ce definesc direcția versorului  $\overline{d_0}$  înspre care trebuie reorientat fluxul luminos reflectat de o suprafață oglinduită elementară, din jurul vectorului  $r$ . Astfel diferența dintre versorii  $\overline{d_0}$  și  $\overline{r_0}$  care intervine în ecuația (4.8) se



poate scrie sub forma (4.12).

Produsul scalar din (4.8), folosind vectorii calculați cu formulele (4.10) și (4.12) conduce la o ecuație diferențială (4.13).

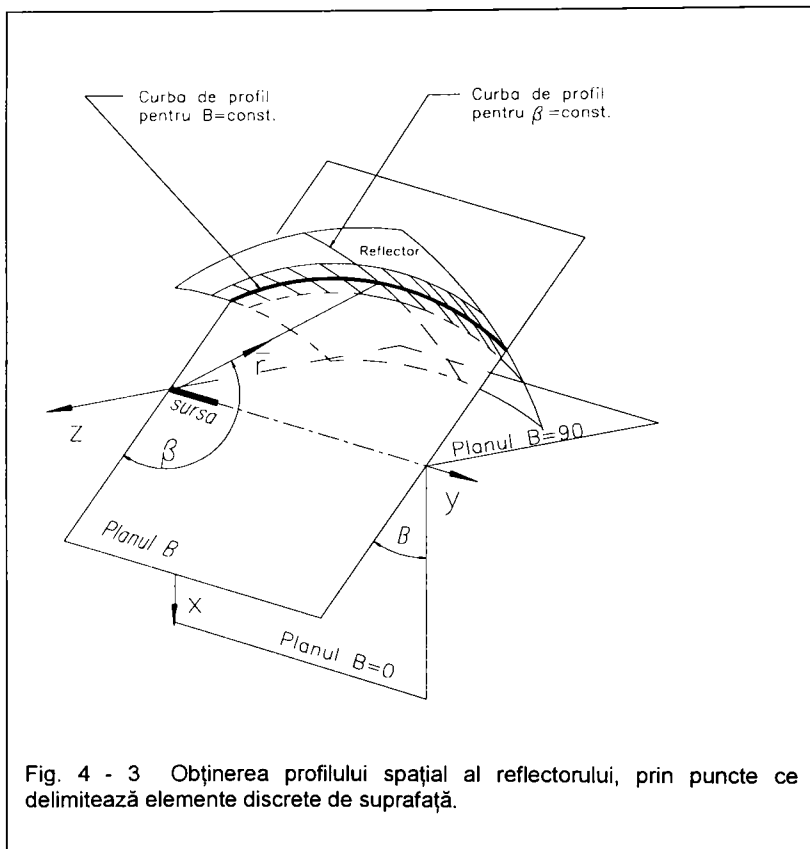


Fig. 4 - 3 Obținerea profilului spațial al reflectorului, prin puncte ce delimitează elemente discrete de suprafață.

În ecuația (4.13) este posibilă o grupare a termenilor sub forma (4.14) în care  $K_1$ ,  $K_2$  sunt exprimați în funcție de unghiurile sistemului de coordonate  $B$ - $\beta$ .

$$K \cdot dr = K_1 \cdot r \cdot dB + K_2 \cdot r \cdot d\beta \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned}
K &= \cos B \cos \beta [\cos B_1 \cos \beta_1 - \cos B \cos \beta] + \sin \beta [\sin \beta_1 - \sin \beta] \\
&\quad + \sin B \cos \beta [\sin B_1 \cos \beta - \sin B \cos \beta] \\
K_1 &= \sin B \cos \beta [\cos B_1 \cos \beta_1 - \cos B \cos \beta] \\
&\quad - \cos B \cos \beta [\sin B_1 \cos \beta_1 - \sin B \cos \beta] \\
K_2 &= \cos B \sin \beta [\cos B_1 \cos \beta_1 - \cos B \cos \beta] \\
&\quad - \cos \beta [\sin \beta_1 - \sin \beta] \\
&\quad + \sin B \sin \beta [\cos B_1 \cos \beta_1 - \sin B \cos \beta]
\end{aligned} \tag{4.15}$$

Din ecuația (4.14) se obține expresia (4.16), cu notațiile din (4.15).

$$\frac{dr}{r} = \frac{K_1}{K} dB + \frac{K_2}{K} d\beta \tag{4.16}$$

Făcând notațiile (4.17), prin integrare, din (4.16) se obțin succesiv ecuațiile (4.18), (4.19) și (4.20)

$$\begin{cases} A_1 = \frac{K_1}{K} \\ A_2 = \frac{K_2}{K} \end{cases} \tag{4.17}$$

$$\int_{r_0}^r \frac{dr}{r} = \int_{B_0(B_0, \beta_0), \beta_0(B_0, \beta_0)}^{B(B_1, \beta_1), \beta(B_1, \beta_1)} A \cdot dB + A_2 \cdot d\beta \tag{4.18}$$

Pentru concizia prezentării integrală din partea dreapta a expresiei (4.18) s-a notat cu  $A_3$ ,

$$\ln r - \ln r_0 = A_3 \tag{4.19}$$

$$r = r_0 \cdot e^{A_3} \tag{4.20}$$

În ecuația generală (4.20) a suprafeței spațiale oglindate,  $A_3$  este funcție implicită de  $B, \beta, B_1, \beta_1$ . De asemenea  $B_1$  și  $\beta_1$  sunt în relație cu  $B$  și  $\beta$  din condiții lumino-tehnice: fluxul luminos receptat de către reflector în interiorul unghiului solid delimitat de unghiurile  $[B, B+dB]$  și  $[\beta, \beta+d\beta]$ , înmulțit cu factorul de reflexie al suprafeței, este egal cu fluxul luminos necesar sistemului de iluminat în interiorul unghiului solid delimitat de unghiurile  $[B_1(B, \beta), B_1(B+dB, \beta+d\beta)]$ , respectiv  $[\beta_1(B, \beta), \beta_1(B+dB, \beta+d\beta)]$ .

Rezolvarea ecuației generale (4.20) și îndeosebi a integralei  $A$  se face prin

metode numerice, stabilind intervalele unghiulare dB și dβ ce definesc fînețea cu care se calculează coordonatele spațiale ale suprafeței reflectorizante (Fig. 4-2 , Fig. 4-3 ). Odată calculat cu formula (4.20) un nou punct de pe reflector, raza vectorie r și coordonatele B,β devin valori de start pentru calculul unui alt punct. Din cele prezentate se vede că este posibilă prezentarea suprafeței reflectorizante sub forma unei ecuații generale, cu condiția să fie cunoscută legătura între direcția de incidență a luminii pe o arie elementară a reflectorului și direcția în spațiu înspre care trebuie reorientat fluxul luminos.

### VERIFICAREA ECUATIEI GENERALE PENTRU CAZURI PARTICULARE CUNOSCUTE

Este deosebit de intuitivă aplicarea și verificarea ecuației generale la câteva cazuri particulare.

#### A. Ecuația unei suprafețe reflectorizante care reorientează toată lumina primită de la sursă într-o singură direcție definită prin unghiurile $B_1=0$ și $\beta_1=0$ .

O secțiune axială plană prin reflector corespunde unghiului  $\beta=180^\circ$  (planul xOz) iar unghiul B variază de la 0 la o valoare oarecare B. Inlocuind valorile de mai sus în (4.15) se obțin relațiile (4.21).

$$\begin{cases} K = \cos B * (-l) * (l + \cos B) + \sin B * (-l) * \sin B = -(l + \cos B) \\ K_l = \sin B * (-l) * (l + \cos B) + \cos B * \sin B = -\sin B \end{cases} \quad (4.21)$$

Din (2.17) se obține valoarea (4.22) pentru  $A_1$ .

$$A_1 = \frac{K_l}{K} = \frac{\sin B}{l + \cos B} = \tan \frac{B}{2} \quad (4.22)$$

Se poate calcula integrala  $A_3$  având în vedere că  $d\beta=0$  ( $\beta$  este constant și definește o secțiune prin reflector).

$$A_3 = \int_0^B A_1 \cdot dB = \int_0^B \tan \frac{B}{2} \cdot dB = -2 \ln \left[ \cos \frac{B}{2} \right] \quad (4.23)$$

$$r = r_0 \cdot e^{-2 \ln \cos \frac{B}{2}} = r_0 \cdot e^{\ln \frac{1}{\cos^2 \frac{B}{2}}} \quad (4.24)$$

$$r = r_0 \cdot \frac{l}{\cos^2 \frac{B}{2}} = r_0 \cdot \frac{2}{1 + \cos B} \quad (4.25)$$

Inlocuind expresia obținută pentru  $A_3$  în ecuația generală (4.20) rezultă (4.24) și apoi (4.25).

Am obținut, cum era de așteptat, ecuația parabolei în coordonate polare, în care  $r$  este distanța focală și corespunde punctului de unde începe construcția reflectorului (pentru valoarea la limita  $B=0$ ).

#### **B. Ecuația unei suprafețe care inversează sensul de propagare a radiației luminoase.**

O secțiune prin reflector cu un plan  $B$  reorientează lumina în același plan  $B_1=B$ . În acest plan o direcție spre reflector definită prin unghiul  $\beta$  inversează sensul razei de lumină, deci  $\beta_1=\beta-\pi$

Inlocuind valorile lui  $B_1$  și  $\beta_1$ , respectiv  $B$  și  $\beta$  în expresia lui  $K_1$  și  $K_2$  se obține  $K_1=0$  și  $K_2=0$ . Deci  $A_1=0$ ;  $A_2=0$  și  $A_3=0$ . În final rezulta  $r=r_0$ , care în coordonate polare definește un cerc (referitor la planul  $B$ ). Este de altfel cunoscută proprietatea suprafețelor sferice (care în secțiune sunt cercuri), de a reflecta lumina înapoi spre sursă, dacă aceasta se găsește în centrul sferei.

### **4.3 DETERMINAREA DISTRIBUTIEI SPATIALE OPTIME A INTENSITĂȚII LUMINOASE PENTRU CORPURILE DE ILUMINAT, ÎN VEDEREA SATISFACERII NORMATIVELOR INTERNATIONALE PRIVIND SISTEMELE DE ILUMINAT ELECTRIC STRADAL.**

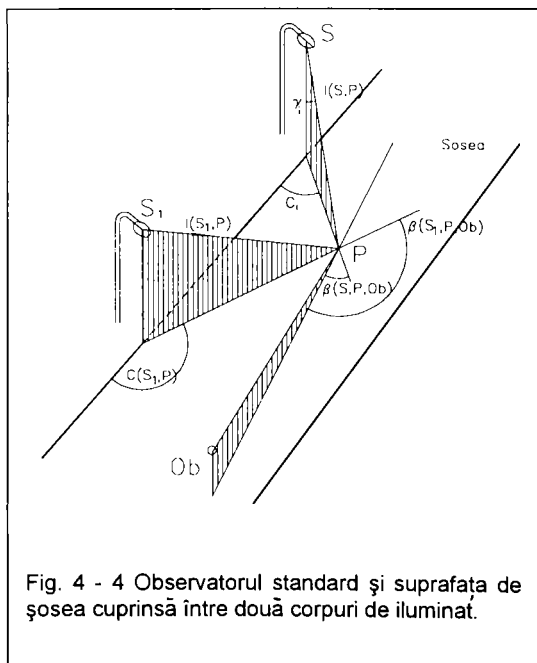
#### **A. CRITERII DE APRECIERE A PERFORMANTELOR PENTRU SISTEMELE DE ILUMINAT STRADAL.**

În conformitate cu recomandările Comisiei Internaționale de Iluminat (CIE), un iluminat destinat căilor rutiere trebuie să satisfacă condiții cantitative (luminanța medie,

$L_m$ ) și calitative (uniformitatea generală a luminanței  $U_o$ , uniformitatea longitudinală  $U_l$ , incrementul pragului de contrast vizual, indicele global de orbire  $G$ ). Nu sunt însă specificate criteriile și performanțele pentru corpurile de iluminat. Acestea trebuie stabilite în corelare cu sistemul de iluminat în care sunt incluse.

În continuare sunt prezentate pe scurt aspecte privind performanțele sistemelor de iluminat, în concordanță cu recomandările CIE [49], care au început să fie aplicate în ultimii ani și la noi în țară, renunțându-se astfel la aprecierea sistemelor de iluminat rutier pe baza luminanței în planul orizontal. Detalii privind parametrii luminotehnici auți în vedere se găsesc în referințele bibliografice [40,164,165,166].

Se consideră un observator standard (Fig. 4 - 4), șoferul unui autoturism aflat la înălțimea de 1,5 m de la șosea, al cărui câmp vizual se întinde pe un interval cuprins între 60 m și 160 m. Se face precizarea că în conformitate cu standardele internaționale [49], primii 60m de șosea sunt iluminați de faza de întâlnire a farurilor autovehiculului în care se află observatorul. În acest sens, sistemul fix de iluminat



stradal se proiectează pentru distanțe mai mari de 60m unde influența luminii de întâlnire a autovehiculului în mișcare este neglijabilă. Calculele se efectuează pentru intervalul de pe șosea cuprins între două corpuri de iluminat succesive, primul aflându-se la 60m de observator. Acest observator se consideră plasat în mijlocul benzii de circulație. De exemplu, pe o șosea cu lățimea de 10 m și două benzi de circulație, amplasare unilaterală a corpurilor de iluminat, observatorul standard va avea două poziții: -la 2,5 m de marginea șoselei pentru observatorul standard al

unei benzi de circulație,

-la 7,5 m de marginea pe care sunt plantate corpurile de iluminat pentru observatorul standard corespunzător celeilalte benzi de circulație.

Mărimile luminotehnice care caracterizează sistemul de iluminat sunt raportate la observatorul standard și la câmpul lui vizual.

Luminanța  $L$  într-un punct este definită de formula (4.26) [40].

$$L = q(\beta, \gamma) \cdot E_p(C, \gamma, h) \quad (4.26)$$

Marimile care intervin în formule au semnificația următoare:

$q$  - este coeficientul de luminanță,

$\beta$  - unghiul între planul vertical de observare (ce trece prin punctul în care se găsește observatorul și prin punctul de pe șosea în care se calculează luminanța) și planul vertical de incidență a intensității luminoase,

$\gamma$  - unghiul făcut de direcția intensității luminoase și axa verticală a corpului de iluminat (în sistemul de coordonate  $C$ - $\gamma$ )

$E_p$  - iluminarea orizontală în punctul  $P$  de pe șosea, produsă de un singur corp de iluminat.

$C$  - unghiul între planul vertical  $C$  (care trece prin corpul de iluminat și prin punctul de pe șosea) și planul de referință  $C=0$ ,

$h$  - înălțimea corpului de iluminat față de suprafața șoselei.

Luminanța unui punct de pe șosea se calculează însumând luminanțele produse de toate corpurile de iluminat care influențează imaginea din câmpul vizual al observatorului.

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n \quad (4.27)$$

$$L = q(\beta, \gamma) * \frac{I(C, \gamma) * \cos^3 \gamma}{h^2} \quad (4.28)$$

Coeficientul de luminanță  $q$  este dat tabelar (sau grafic) în funcție de caracteristicile reflectorizante ale suprafeței căii rutiere [49]. Formula (4.26) se utilizează când se cunosc diagramele izolux ale corpului de iluminat. Din formula (4.26) se deduce (4.27), în care intervine intensitatea luminoasă  $I$  într-o direcție definită de unghiurile  $C$  și  $\gamma$ .

Pentru calculul luminanței se utilizează frecvent formula (4.29) în care  $r(\beta, \gamma)$

este coeficientul de lumananță redus, de asemenea dat în tabele (tab.3.1) în funcție de natura drumului.

$$L = \frac{I(C, \gamma) \cdot r(\beta, \gamma)}{h^2} \quad (4.29)$$

Pentru "n" corpuri de iluminat luate în considerare, lumananța dată de acestea într-un singur punct de pe șosea se calculează cu relația (4.30).

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i, \gamma_i) \cdot r(\beta_i, \tan \gamma_i)}{h^2} \quad (4.30)$$

Comisia Internațională de Iluminat recomandă (tab.3.2) încadrarea în anumite limite privind:

- Luminanța medie  $L_m$  (4.31), unde m este numărul punctelor în care s-a împărțit suprafața din câmpul vizual al observatorului standard. Câmpul vizual al observatorului se consideră că fiind suprafața de șosea aflată între 60m și 160m în fața acestuia.

$$L_m = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m L_i \quad (4.31)$$

- Uniformitatea generală  $U_0$  (4.32),

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_m} \quad (4.32)$$

unde  $L_{\min}$  este lumananța minimă din câmpul vizual

- Uniformitatea longitudinală  $U_l$  (4.33),

$$U_l = \left[ \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \right]_{long} \quad (4.33)$$

care se referă la axa de-a lungul șoselei care trece prin punctul în care se afla observatorul.

Luminanța punctuală din (4.30) se poate exprima și sub forma (4.34).

$$L = \frac{I}{h^2} (\dots + r_{n-1} * I_{n-1} + r_n * I_n + \dots) \quad (4.34)$$

Comitetul Internațional de Iluminat a stabilit valori concrete pentru criteriile de mai sus, în funcție de categoria drumului și de mediul ambiental (Tab.3.2) [49].



Tab. 4 - 2 Parametri luminotehnici recomandați de CIE, în funcție de categoria șoselei.

Categorii drumului		Mediul ambiental (fondul)	Luminanța medie. Lm [Cd/m <sup>2</sup> ]	Uniformitatea	
Caracteristici	Clasa			U <sub>o</sub>	U <sub>i</sub>
Autostrăzi	A	Orice mediu	2,0	0,4	0,7
Străzi cu circulație mare	B1	Luminos	2,0	0,4	0,7
	B2	Întunecat	1,0	0,4	0,7
Străzi principale	C1	Luminos	2,0	0,4	0,5
	C2	Întunecat	1,0	0,4	0,5
Străzi comerciale	D	Luminos	2,0	0,4	0,5
Străzi cu circulație redusă	E1	Luminos	1,0	0,4	0,5
	E2	Întunecat	0,5	0,4	0,5

De asemenea, pentru aprecierea calității iluminatului se utilizează indicele de orbire și pragul de contrast vizual, asupra cărora nu vom insista.

Cercetarile referitoare la sensibilitatea de contrast arată că adaptarea ochiului depinde foarte mult de distribuția luminanțelor în câmpul vizual în care este observat un obiect.

Sensibilitatea de contrast este maximă când luminanța fondului este local constantă. Apare astfel necesitatea ca distribuția spațială a intensității luminoase furnizate de corpurile de iluminat aflate în câmpul observatorului, să asigure în anumite condiții concrete (natura suprafeței șoselei, dimensiunile șoselei, înălțimea la care se găsesc corpurile de iluminat, distanța între stâlpi, etc.) această uniformitate a luminanțelor. Pentru fabricanții corpurilor de iluminat, cât și pentru utilizatori se pune problema care este cea mai bună distribuție a intensității luminoase? Răspunsul la întrebare nu se poate obține direct și nu există recomandări concrete privind această caracteristică luminotehnică a corpurilor de iluminat.

## **B. METODĂ DE STABILIRE A DISTRIBUȚIEI SPAȚIALE OPTIME PENTRU INTENSITATEA LUMINOASĂ A CORPURILOR DE ILUMINAT STRADAL, MONTATE UNILATERAL PE STRĂZI CU DOUĂ BENZI DE CIRCULAȚIE .**

Preocupări anterioare legate de stabilirea curbelor de distribuție a intensității luminoase pentru iluminatul rutier se întâlnesc în referințele bibliografice [52,138]. În [138] este prezentată o metodă grafică, iar în [52] sunt analizate diverse sisteme de

iluminat prezentându-se curbe de distribuție a intensității luminoase în sistemul de coordonate A- $\alpha$  (se menționează că s-a făcut apel la un program de optimizare, fără a se prezenta detalii).

La determinarea distribuției intensității luminoase optime pentru un corp de iluminat trebuie urmată, în principiu, o cale inversă față de procedeul utilizat la proiectarea și verificarea unei instalații de iluminat rutiere având în vedere criteriul luminanței conform CIE.

Performanțele corpurilor de iluminat trebuie să fie stabilite în corelare cu

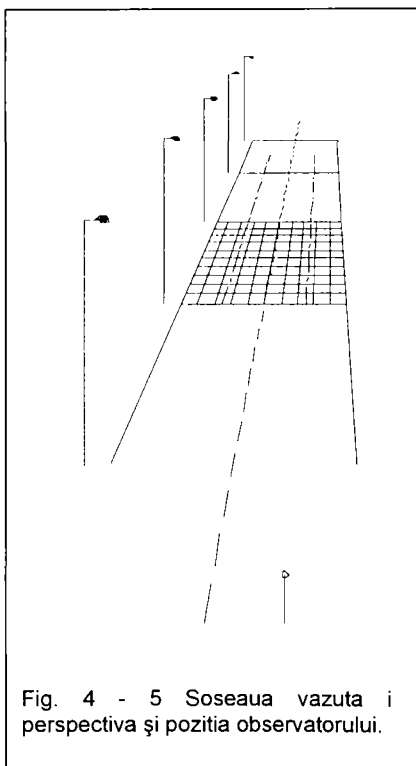


Fig. 4 - 5 Soseaua vazuta i perspectiva și pozitia observatorului.

instalația de iluminat în care sunt incluse.

Sunt luate în considerare condițiile specifice instalației de iluminat în care n r lem n re privind:

- -categoria șoselei și frecvența traficului pentru care CIE recomandă valoarea anumitor mărimi fotometrice ( $L_m, U_o, U_l, G, T_l$ ),
- -natura acoperământului șoselei, (în funcție de care sunt stabilite tabele cu coeficientul de luminanță redus),
- -geometria șoselei și amplasarea corpurilor de iluminat (care conduc la mărimi unghiulare ce i tervin în calcul).

În calculul luminanței punctuale, după cum s-a văzut în subcapitolul precedent, intervine coeficientul de luminanță redus,  $r(\beta, tgy)$ , care este dat în tabele, în funcție de natura suprafeței

drumului. Este deosebit de sugestivă prezentarea acestui coeficient de luminanță într-o diagramă care reprezintă suprafața cii rutiere. Se ia drept unitate de lungime înălțimea  $h$  la care se găsește montat corpul de iluminat, în raport cu care se determina toate celelalte dimensiuni liniare ce caracterizează instalația de iluminat, respectiv geometria șoselei și poziția surselor de lumina. Transpunerea în planul șoselei se face deosebit de

usor considerând sistemul american de plasare a observatorului, aflat întotdeauna orientat cu privirea într-o direcție paralelă cu axa șoselei.

Luminanța  $L$  a unui punct  $P$  de pe suprafața șoselei (Fig. 4 - 4), în direcția observatorului este formată din suprapunerea luminanțelor produse de intensitățile luminoase  $I_n$  ale mai multor corpuri de iluminat  $S$ , în direcția aceluși punct  $P$ , așa cum rezulta din Fig. 4 - 6 unde șoseaua este văzută de sus. Dependența luminanței  $L$  de intensitățile luminoase se poate scrie cu relația (4.35) în care coeficientul de luminanță redus depinde de poziția corpului de iluminat  $S$  și a observatorului  $Ob$  fata de punctul considerat  $P$  (Fig. 4 - 6).

Considerând intensitățile luminoase drept necunoscute în ecuația (4.35) se observă că sunt posibile mai multe soluții. Relația (4.35) conduce la un sistem de ecuații de forma (4.36) în care indicele  $j$  se referă la direcția de observare,  $n$  la corpul de iluminat iar  $p$  la punctul observat.

$$L_{pj} = \frac{1}{h^2} \sum_{n=1}^N r_{pj} \cdot I_{pn} \tag{4.35}$$

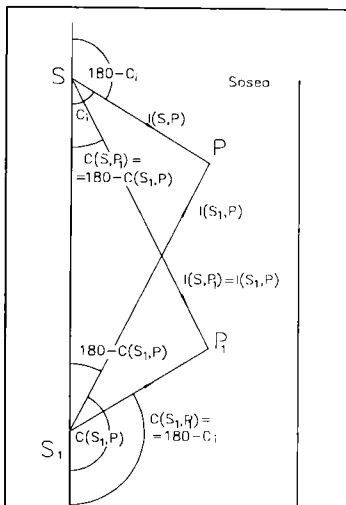


Fig. 4 - 6 Intensitatea luminoasă în raport cu două puncte simetrice față de axa transversală.

De asemenea, se pune condiția ca luminanțele în diverse puncte să fie egale între ele și implicit constante. În funcție de natura sistemului de ecuații care se formează va fi urmată o anumită cale de rezolvare:

a) Dacă sistemul de ecuații este determinat se utilizează formula (4.36).

$$\sum_{n=1}^N r_{pj} \cdot I_{pn} - h^2 \cdot L_{pj} = 0$$

b) Pentru un sistem de ecuații supradeterminat se utilizează metode de minimizare (de exemplu metoda celor mai mici pătrate).

Trebuie avut în vedere faptul că nu există intensități luminoase negative. Când acestea apar ca rezultat al calculelor, se vor înlocui cu zero urmând un proces iterativ, în aceste condiții. Din acest motiv curbele de distribuție a intensității

luminoase în diverse plane prezintă discontinuități (salturi bruște). Urmează un proces de netezire a curbelor pentru a conduce la soluții tehnice posibile.

La amplasarea corpurilor de iluminat la intervale mari (de exemplu, de patru ori înălțimea de suspendare), influența predominantă asupra luminanței o au doar două corpuri de iluminat: cele între care se găsește punctul de control. Un astfel de sistem este prezentat în Fig. 4 - 6.

Se stabilesc următoarele condiții inițiale pe baza cărora urmează să se efectueze calculele:

- ⇒ -Corpul de iluminat are o distribuție simetrică a intensității luminoase față de un plan axial vertical, astfel încât este îndeplinită condiția  $I(C, \gamma) = I(180 - C, \gamma)$ .
- ⇒ -Lățimea șoselei se consideră egală cu înălțimea de montaj "h" a corpului de iluminat. La această înălțime "h" vor fi raportate toate celelalte dimensiuni liniare.

$$L_p = L_0 = I(C_i, \gamma_j) \cdot r(S, P, Ob) + I(S_1, P) \cdot r(S_1, P, Ob) \quad (4.37)$$

- ⇒ -Șoseaua se consideră asfaltată (clasa R3, conform CIE), cu două benzi de circulație, montaj unilateral al corpurilor de iluminat,
- ⇒ -Se iau în calcul doar două corpuri de iluminat succesive, din considerentul că intensitatea luminoasă este astfel distribuită încât acoperă doar intervalul dintre doi stâlpi.

Pentru corpul de iluminat S din Fig. 4 - 6 se ia o pereche de valori  $C_i, \gamma_j$  care determină o direcție unică a intensității luminoase în spațiul tridimensional. Această direcție corespunde unui punct P de pe suprafața șoselei. Având acest punct se poate calcula perechea de valori  $C(S_i, P), \gamma(S_i, P)$ , care determină orientarea intensității luminoase de la cealaltă sursă  $S_1$  spre același punct P (Fig. 4 - 6). Luminanța în punctul P produsă de cele două surse S și  $S_1$ , în direcția observatorului standard trebuie să satisfacă relația (4.37), să fie constantă (din considerente de uniformitate a luminanței), și să fie egală cu luminanța  $L_0$  în punctul situat exact sub corpul de iluminat ( $C=0$  și  $\gamma=0$ ).

Datorită distribuției simetrice a intensității luminoase spațiale față de un plan vertical ce trece prin axa corpului de iluminat, este îndeplinită condiția (4.38),

$$I(C, \gamma) = I(180 - C, \gamma) \quad (4.38)$$

și există un punct  $P_1$  în direcția căruia vom avea aceleași intensități luminoase ca și cele

care intervin în formula de mai sus, sursele de lumină care corespund acestora sunt inversate. Vom avea astfel orientarea  $(180-C_i, \gamma_j)$  ce corespunde sursei  $S_1$  în direcția punctului  $P_1$  cu intensitatea luminoasă (4.39).

$$I(S_1, P_1) = I(180 - C_i, \gamma_j) = I(C_i, \gamma_j) \quad (4.39)$$

Intensitatea luminoasă de la sursa  $S$  spre  $P_1$  are orientarea determinată de

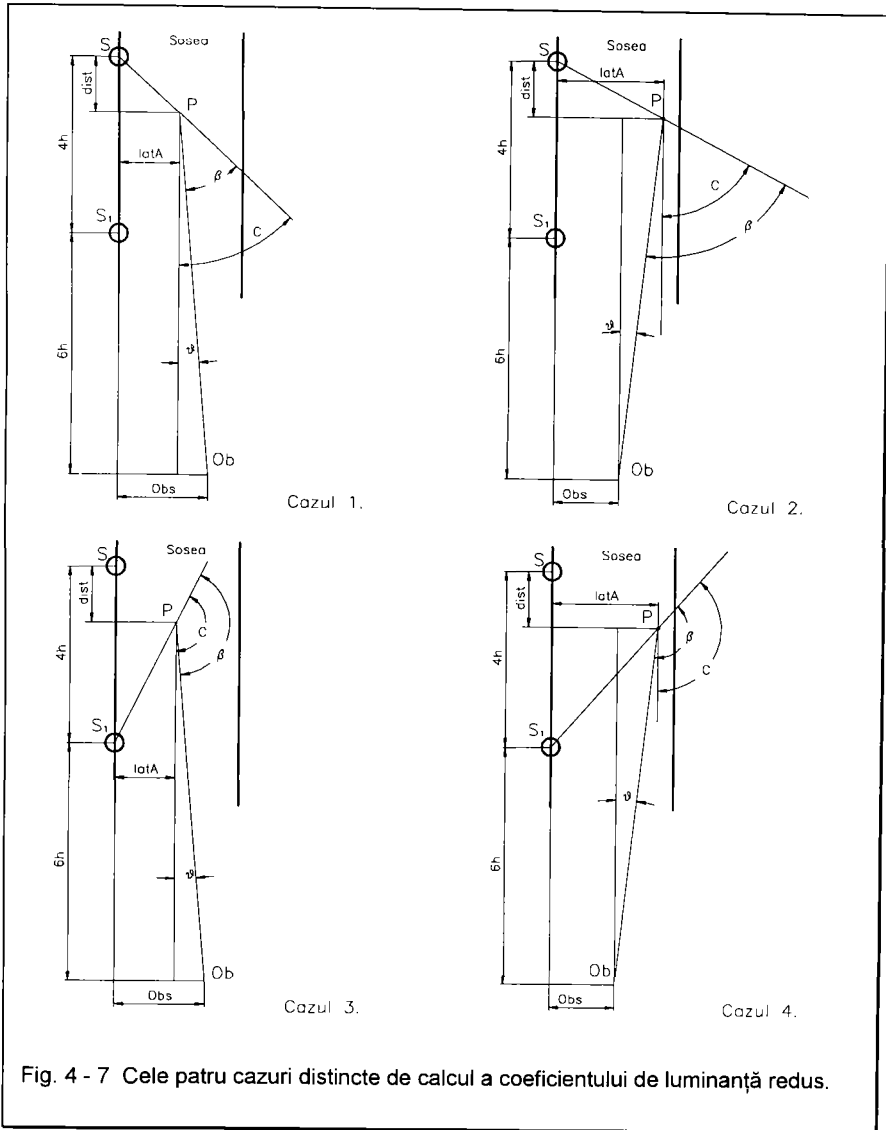


Fig. 4 - 7 Cele patru cazuri distincte de calcul a coeficientului de luminanță redus.

unghiurile  $180-C(S_1,P)$  și  $\gamma(S_1,P)$ .

$$\begin{aligned} I(S, P_1) &= I((180 - C(S_1, P)), \gamma(S_1, P)) = \\ &= I(C(S_1, P), \gamma(S_1, P)) = I(S_1, P) \end{aligned} \quad (4.40)$$

Luminanța în punctul  $P_2$  pe direcția observatorului va fi:

$$L_{P_1} = I(C_i, \gamma_j) \cdot r(S_1, P_1, Ob) + I(S_1, P) \cdot r(S, P_1, Ob) = L_0 \quad (4.41)$$

Se obține astfel, din formulele de mai sus un sistem de ecuații (4.37) și (4.41) ale cărui soluții sunt de forma (4.42), în care  $I(S_1,P)$  se obține cu (4.43).

$$I(C_i, \gamma_j) = \frac{r(S_1, P, Ob) \cdot I(S_1, P) + L_0}{r(S, P, Ob)} \quad (4.42)$$

$$I(S_1, P) = \frac{L_0 [r(S, P, Ob) - r(S_1, P_1, Ob)]}{r(S, P_1, Ob) * r(S, P, Ob) - r(S_1, P, Ob) * r(S_1, P_1, Ob)} \quad (4.43)$$

În formulele de mai sus, coeficientul de luminanță redus este căutat și interpolat din tabele recomandate de Comisia Internațională de Iluminat [49] în funcție de unghiul  $\gamma$  (sistemul de coordonate C- $\gamma$ , Tab. 4-1) și de unghiul  $\beta$ , care se calculează în funcție de pozițiile în spațiu ale sursei de lumina S, punctului de observat P și a observatorului standard Ob. Pentru calculul unghiului  $\beta$  se disting 4 cazuri prezentate în Fig. 4 - 7 , de care s-a ținut seama la întocmirea programului de calcul.

În programul de calcul IDEAL.PAS (Anexa 1) s-au făcut următoarele notații pentru coeficienții de luminanță reduși, în vederea adaptării la limbajul de programare:

$$r(S,P,Ob) \rightarrow rb ;$$

$$r(S,P_1,Ob) \rightarrow r4\_b ;$$

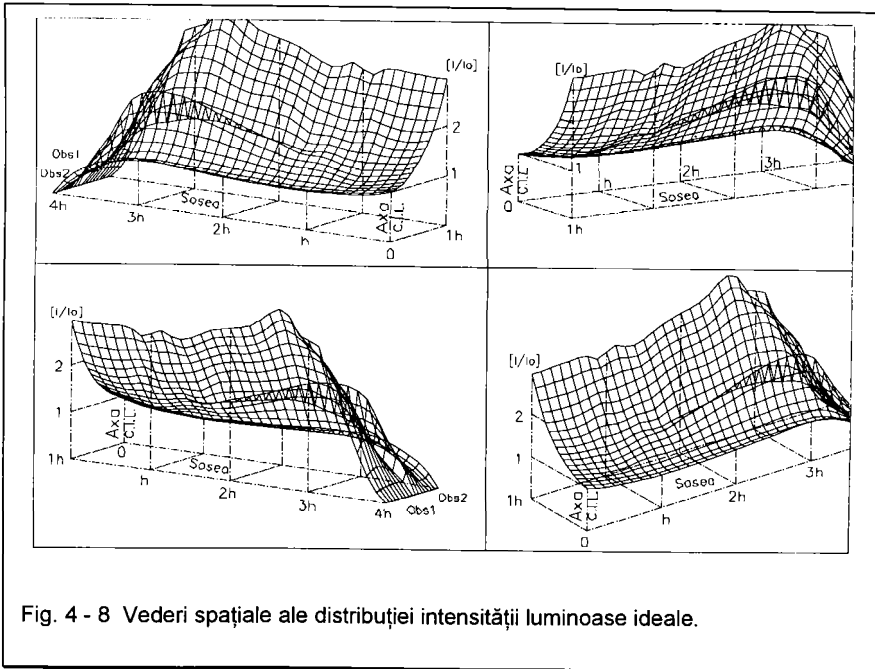
$$r(S_1,P,Ob) \rightarrow rb\_4 ;$$

$$r(S_1,P_1,Ob) \rightarrow r\_b .$$

Tab. 4 - 3 Distribuția intensității luminoase ideale. Valorile sunt raportate la intensitatea luminoasă axială a CIL.

Lung\lat	0.000	0.125	0.250	0.375	0.500	0.625	0.750	0.875	1.000
0.000	1.000	1.045	1.122	1.266	1.435	1.670	1.974	2.408	2.941
0.250	0.885	0.938	1.018	1.151	1.325	1.568	1.907	2.380	2.940
0.500	0.828	0.865	0.936	1.074	1.292	1.574	1.930	2.374	2.958
0.750	0.795	0.822	0.927	1.061	1.267	1.609	2.040	2.438	2.941
1.000	0.768	0.804	0.979	1.154	1.345	1.598	1.953	2.455	2.886

1.250	0.771	0.792	0.965	1.175	1.333	1.630	2.034	2.468	2.892
1.500	0.780	0.815	0.984	1.211	1.385	1.765	2.177	2.555	2.919
1.750	0.797	0.830	1.026	1.318	1.464	1.934	2.363	2.755	3.140
2.000	0.816	0.841	1.080	1.448	1.545	1.989	2.446	2.838	3.258
2.250	0.849	0.861	1.127	1.592	1.630	2.067	2.521	2.925	3.371
2.500	0.875	0.870	1.155	1.704	1.669	2.177	2.690	3.228	3.692
2.750	0.910	0.891	1.198	1.755	1.628	2.221	2.764	3.243	3.704
3.000	0.929	0.882	1.194	1.746	1.503	2.136	2.679	2.941	3.238
3.250	0.874	0.815	1.139	1.686	1.350	1.823	2.093	2.435	2.487
3.500	0.710	0.623	0.891	1.303	0.897	1.197	1.535	1.817	1.509
3.750	0.484	0.358	0.475	0.669	0.468	0.569	0.649	0.646	0.529
4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Calculule prezentate mai sus se reiau pentru toate direcțiile  $C_i$ , și dorite.

Pe baza celor de mai sus s-a întocmit un program de calcul ale cărui rezultate sunt prezentate tabelar în Tab. 4 - 3 și Tab. 4 - 4, sub forma diagramei polare (Fig. 4 - 9) în spațiu (Fig. 4 - 8) și prin curbe de nivel corespunzator punctelor de pe șosea, Fig. 4 - 10 a și b. Se menționează faptul că o distribuție ideală poate fi determinată doar în anumite condiții concrete în ceea ce privește înălțimea de montaj a corpurilor de iluminat și

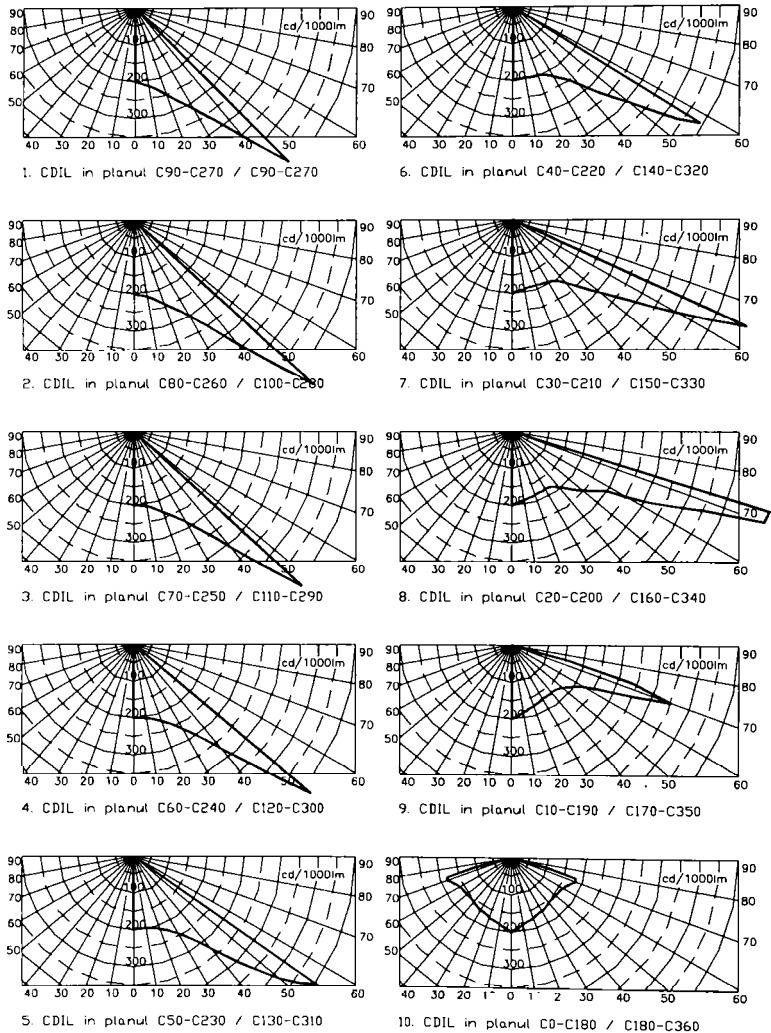


Fig. 4 - 9 Distribuția, în coordonate polare, a intensității luminoase ideale.

intervalul de amplasare, dimensiunile și natura suprafeței șoselei.

În ipoteza în care dimensiunile liniare se raportează la înălțimea de montaj "h", iar intensitățile luminoase sunt raportate la intensitatea luminoasă axială a corpului de iluminat, valoarea de calcul a luminanței constante  $L_0$  va fi egală numeric cu



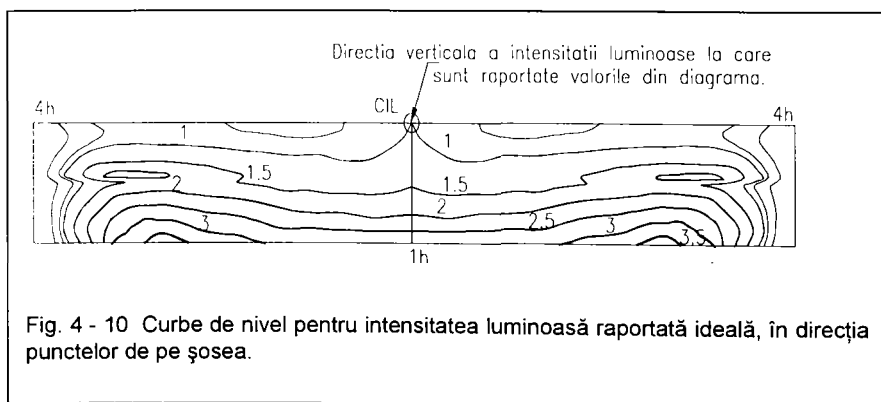
coeficientul de lumananță redus corespunzator unghiurilor  $\gamma=\beta=0^\circ$ . In acest fel se obține o generalizare a rezultatelor, după cum se vede în Tab. 4 - 3, în care atât distanțele la punctele de calcul cât și intensitatea luminoasă sunt prezentate în valori raportate. Pentru particularizare se iau în considerare dimensiunile reale ale sistemului (de exemplu, înălțimea de montaj și lățimea șoselei egală cu 10m, distanța dintre corpurile de iluminat 40m), lumananța necesară (de exemplu 2cd/m<sup>2</sup>), rezulta într-o prima etapă intensitatea luminoasa axială, de aproximativ 200cd/1000lm (corespunzator unui flux luminos al sursei de 33000lm), apoi distribuția polară a intensității luminoase pentru diverse plane definite de unghiul "C", în Fig. 4 - 9 și Tab. 4 - 4.

Se observă că planul principal, în care intensitatea luminoasă este maximă, se situează la unghiul C=20. De asemenea, în planul C=90 intensitatea luminoasă crește continuu, de la  $\gamma=0$  până la  $\gamma=45$ . Este deosebit de interesant faptul că în planul C=0 intensitatea luminoasă este aproximativ constantă pana la  $\gamma=70$ .

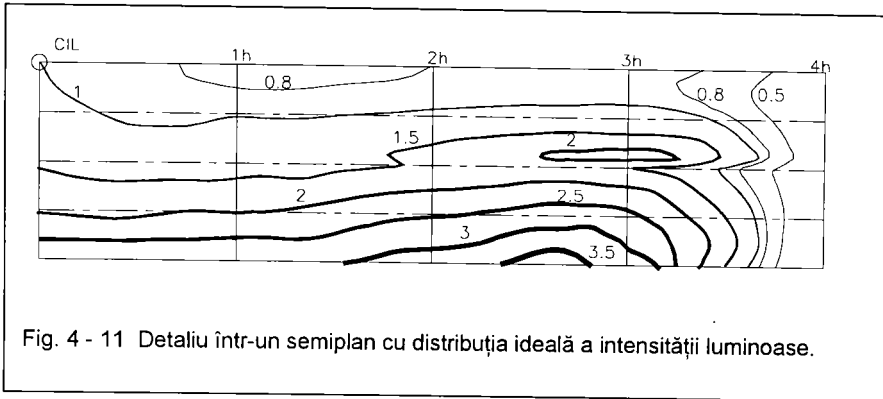
Tab. 4 - 4 Intensitățile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta ideală.

Gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270	
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	
0.0	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
2.5	202	202	200	200	198	198	196	196	196	194	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0	206	204	202	200	198	196	194	194	192	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.5	210	206	204	202	198	196	192	190	188	186	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.0	214	210	206	204	198	194	190	188	184	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.5	220	216	210	206	200	194	188	186	182	178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.0	228	222	216	210	202	196	188	184	178	176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.5	238	232	224	216	206	196	188	184	176	174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.0	250	242	232	222	210	198	188	182	174	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.5	264	254	242	230	216	200	190	180	172	168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.0	278	266	252	238	222	204	190	180	170	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.5	294	280	266	250	232	210	192	180	168	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0	314	300	282	264	242	218	194	178	166	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.5	340	324	304	282	256	228	196	180	166	162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.0	368	352	330	302	274	238	202	180	166	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37.5	406	390	362	330	296	254	210	186	166	158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40.0	454	438	408	368	328	274	224	196	166	156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42.5	514	498	464	412	366	302	240	206	166	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

45.0	588	572	532	468	410	332	258	218	168	154	0	0	0	0	0	0	0	0
47.5	0	660	616	540	458	366	282	232	172	154	0	0	0	0	0	0	0	0
50.0	0	0	0	626	516	404	308	246	178	154	0	0	0	0	0	0	0	0
52.5	0	0	0	0	564	460	342	260	184	154	0	0	0	0	0	0	0	0
55.0	0	0	0	0	604	532	384	278	194	156	0	0	0	0	0	0	0	0
57.5	0	0	0	0	0	590	440	296	206	156	0	0	0	0	0	0	0	0
60.0	0	0	0	0	0	0	506	354	224	160	0	0	0	0	0	0	0	0
62.5	0	0	0	0	0	0	590	416	254	162	0	0	0	0	0	0	0	0
65.0	0	0	0	0	0	0	684	480	300	168	0	0	0	0	0	0	0	0
67.5	0	0	0	0	0	0	0	560	364	174	0	0	0	0	0	0	0	0
70.0	0	0	0	0	0	0	0	710	450	182	0	0	0	0	0	0	0	0
72.5	0	0	0	0	0	0	0	714	336	180	0	0	0	0	0	0	0	0
75.0	0	0	0	0	0	0	0	0	156	100	0	0	0	0	0	0	0	0
77.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



În concluzie, pentru un corp de iluminat rutier trebuie să existe un plan principal situat la un unghi  $C$  apropiat de  $20^\circ$  (Fig. 4 - 9, diagrama polară 8). Fără îndoială, realizarea practică a unui astfel de corp de iluminat nu este posibilă. Ceea ce se impune însă, este apropierea cât mai mare de această situație ideală.



#### 4.4 APLICAREA ECUAȚIEI GENERALE A REFLECTOARELOR OGLINDATE LA DETERMINAREA SUPRAFEȚELOR REFLECTORIZANTE, ÎN VEDEREA OBTINERII DISTRIBUȚIEI OPTIME A INTENSITĂȚII LUMINOASE PENTRU SISTEMELE ELECTRICE DE ILUMINAT STRADAL.

Fluxul luminos necesar pentru realizarea luminanței dorite pe o porțiune de șosea trebuie să țină seama de fluxul disponibil al corpului de iluminat  $\Phi_{CIL}$  într-un anumit unghi solid. Astfel apare coeficientul de adaptare  $K$ , care face legătura între cele două fluxuri: cel disponibil și cel necesar  $\Phi_{nec}$ .

$$\Phi_{CIL} = K \cdot \Phi_{nec} \quad (4.44)$$

Constanta  $K$  ține seama de eventualele neconcordanțe între fluxul necesar și fluxul sursei de lumină, având în vedere că se urmărește obținerea unor luminanțe date pe suprafața unei șosele ale cărei dimensiuni sunt de asemenea cunoscute.

La rândul său, fluxul corpului de iluminat se compune din fluxul direct  $\Phi_s$  dat de sursa de lumină și fluxul reorientat de către reflector  $\Phi_r$ . Se obține astfel, cu formula (4.45) fluxul reflectorului.

$$\Phi_r = K \cdot \Phi_{nec} - \Phi_s \quad (4.45)$$

În vederea proiectării conturului reflectorului se examinează distribuția optimă a

intensității luminoase din care se obțin următoarele concluzii:

- Având în vedere dimensiunile reale ale sursei de lumină, nu este posibilă proiectarea directă a conturului reflectorului. Se impune o etapă de verificare pentru dimensiunile geometrice reale ale sursei.
- O suprafață elementară de pe reflector este calculată să reorienteze fluxul dintr-o zonă a sursei de lumină într-o anumită direcție spre șosea. Pe acea suprafață va ajunge însă flux luminos și din alte zone ale sursei care va fi reorientat spre alte direcții decât cea pentru care a fost proiectată suprafața.

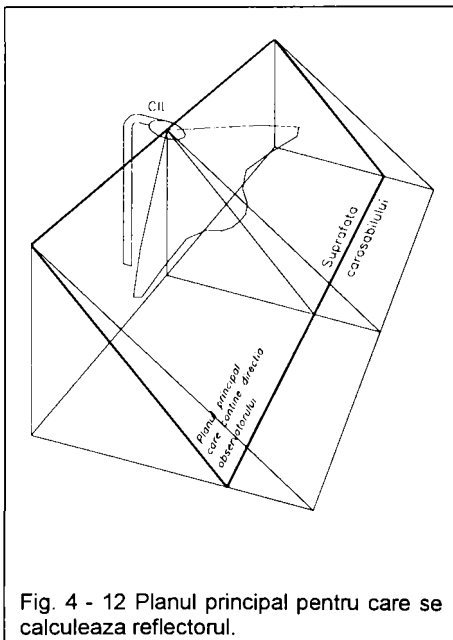


Fig. 4 - 12 Planul principal pentru care se calculeaza reflectorul.

Se consideră secțiunea principală pentru care se proiectează reflectorul, acel plan (Fig. 4-12) care trece prin centrul corpului de iluminat și conține direcția în lungul șoselei ce corespunde observatorului standard, din următoarele motive:

- ◆ -Uniformitatea longitudinală conform CIE se calculează pe baza luminanței punctelor de pe șosea situate pe această direcție (coloana corespunzătoare lățimii raportate de 0.75 din Tab. 4-').
- ◆ -Sursa de lumină tubulară cu descărcări în vapori de sodiu are o lungime mare (67mm), în comparație

cu diametrul acesteia (9mm), fapt ce conduce la un fascicul de lumină reflectată ce se întinde și peste zonele învecinate urmei planului principal pe șosea.

- ◆ -Observatorul standard se găsește suficient de aproape de marginea căii rutiere (la 3/4 din lățimea străzii pentru șosele cu două benzi de circulație), fapt ce justifică obținerea intensității luminoase maxime pe această direcție și nu la limita șoselei cum rezultă din distribuția ideală a intensității luminoase. În cazul în care planul principal ar trece prin marginea opusă a șoselei (unde intensitățile luminoase ideale sunt maxime), o mare parte din fluxul luminos va trece dincolo de suprafața utilă

(datorită dimensiunilor mari ale sursei de lumină) provocând și o "poluare luminoasă" a mediului înconjurător.

Intr-o prima ipoteză se presupune că sursa de lumină este liniară și reflectorul cilindric (mai precis, o zonă de pe reflector) și intensitatea luminoasă  $I_s$  a sursei este constantă în interiorul unghiului solid limitat de extremitățile reflectorului, precum și în

direcția șoselei. Aceasta presupune că fiecare element suficient de îngust de reflector limitat de unghiul  $\delta B$  se reorientează permanent în spațiu astfel încât lumina să fie reflectată într-un plan ce conține direcția  $B_1$ .

Fluxul furnizat de reflector este egal cu fluxul interceptat de acesta înmulțit cu factorul de reflexie. În ipoteza unei surse liniare și a unui reflector cilindric ecuația (4.45) devine:

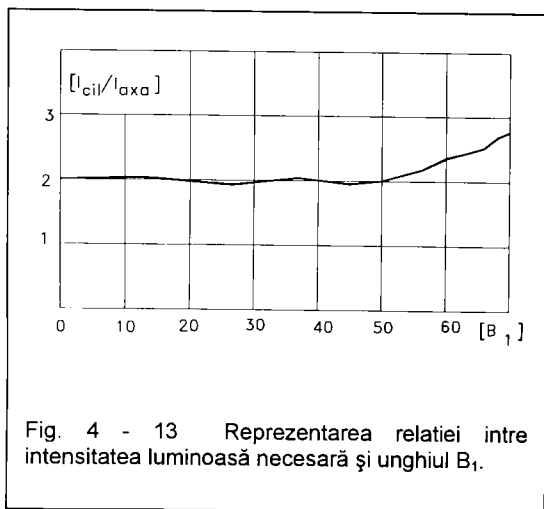


Fig. 4 - 13 Reprezentarea relației între intensitatea luminoasă necesară și unghiul  $B_1$ .

$$2 \cdot \rho \int_{B^0}^B I_s \cdot dB = 2 \cdot K \int_{B_1^0}^{B_1} I_{nec}(B_1) \cdot dB_1 - 2 \int_{B_1^0}^{B_1} I_s \cdot dB_1 \quad (4.46)$$

Relația (4.46) se referă la sistemul de coordonate  $B$ - $\beta$  iar  $I_{nec}(B_1)$  este distribuția ideală a intensității luminoase în planul principal, rezultată din condiția de luminanță constantă, după cum s-a arătat în capitolul precedent. În etapa de stabilire a geometriei reflectorului se are în vedere influența luminii directe de la sursă asupra planului util cât și a luminii reflectate oglindat. În etapa de simulare (verificare) se au în vedere și interreflexiile oglindate, și o componentă globală difuză, în funcție de materialul reflectorizant utilizat.

În Fig. 4 - 13. este reprezentată intensitatea luminoasă necesară (de la întregul corp de iluminat), în valori raportate la intensitatea luminoasă axială a corpului de iluminat, în punctele de pe șosea corespunzătoare direcției observatorului, adică pentru coloana cu valoarea raportată 0.75 din Tab 4-4.

Se stabilesc limitele unghiulare pentru reflector ( $B_{\max} - B_{\min}$ ) și pentru planul util, astfel încât, prin integrare numerică se determină constanta  $K$  din relația (4.46). Pentru a obține legătura între unghiul  $B$  de pe reflector și unghiul  $B_1$  de pe șosea, se stabilesc valori succesive pentru  $B_1$  și se obține astfel unghiul corespondent  $B$ , conform relației (4.47)

$$B = B_{\min} + \frac{I}{\rho} \cdot \int_{B_{\min}^0}^{B_1} \left( \frac{K \cdot I_{nec}(B_1)}{I_s} - I \right) dB_1 \quad (4.47)$$

În cazul în care se stabilește  $K=1$ , atunci rezultă în mod automat unghiul  $B_{1\max}$  (spre șosea), din ecuația de bilanț a fluxurilor luminoase.

Odată stabilită legătura între  $B$  și  $B_1$  (Fig. 4 - 14), se calculează prin metode numerice variația unghiului  $B_1$  corespunzător unei variații stabilite pentru unghiul  $B$  (pasul unghiular pe reflector).

Urmărind secțiunea principală, în sistemul de coordonate  $B-\beta$  se deduc formulele pentru unghiul  $\beta_1$  (Fig. 4-15) și  $d\beta_1$  în funcție de  $B_1$  și de variația acestuia  $\Delta B_1$ . S-a notat cu  $D_{ob}$  distanța de la marginea șoselei pe care se găsesc corpurile de

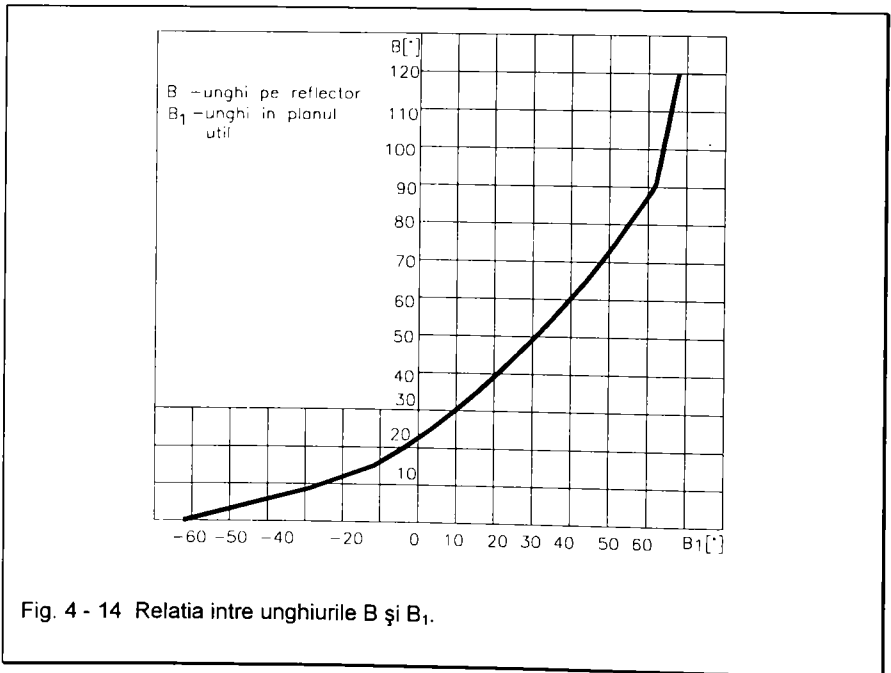


Fig. 4 - 14 Relația între unghiurile  $B$  și  $B_1$ .

iluminat, la observatorul standard, raportată la înălțimea de montaj "h":

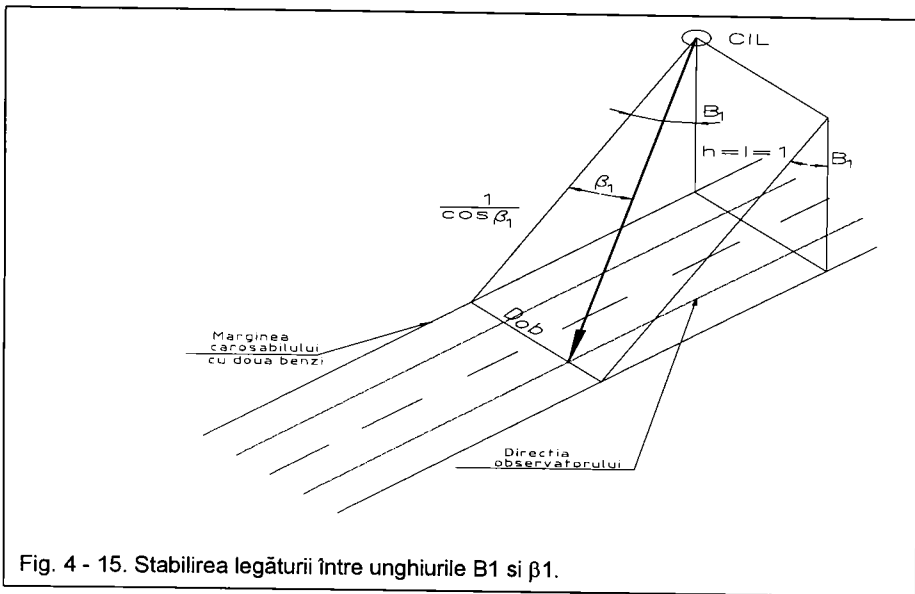


Fig. 4 - 15. Stabilirea legăturii între unghiurile B1 și β1.

$$\beta_1 = \arctan(D_{ob} \cdot \cos B_1) \quad (4.48)$$

$$d\beta_1 = \frac{-D_{ob} \cdot \sin B_1}{1 + (D_{ob} \cdot \cos B_1)^2} dB_1 \quad (4.49)$$

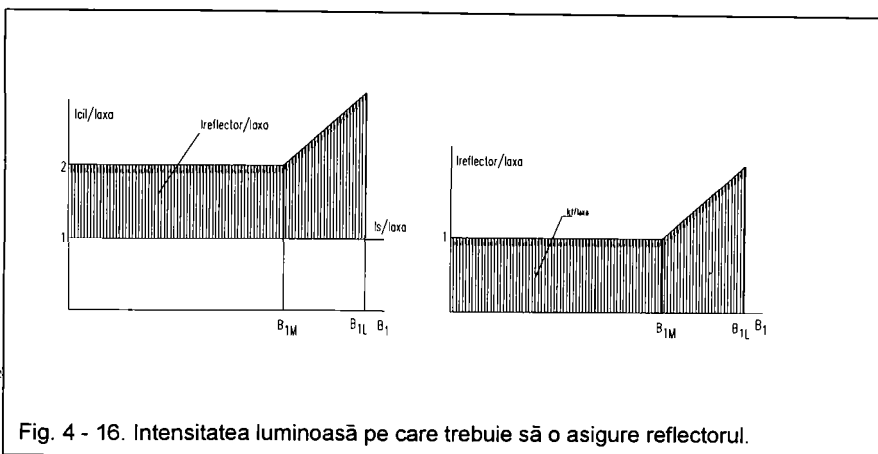


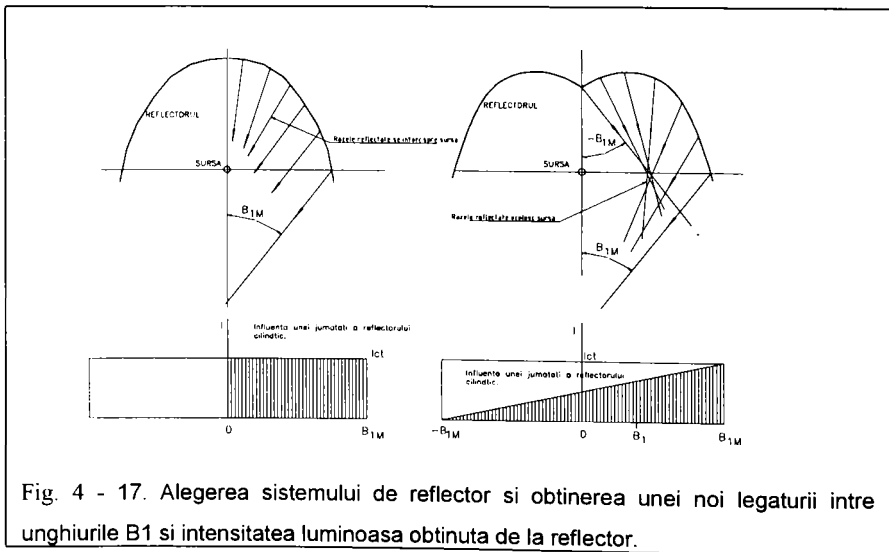
Fig. 4 - 16. Intensitatea luminoasă pe care trebuie să o asigure reflectorul.

Se observă, din distribuția ideală a intensității luminoase în planul observatorului, că într-o anumită zonă este necesar ca intensitatea luminoasă să fie

constantă (Fig. 4-16).

De asemenea, din motive legate de protejarea sursei de lumină față de radiațiile reflectate, lumina incidentă pe suprafața de la fundul reflectorului, după reflexie nu trebuie să mai intersecteze planul de simetrie ce trece prin axa sursei (Fig. 4-17). La corpurile de iluminat prevăzute cu surse de lumină tubulare, cu balon transparent (cu descărcări în vapori de sodiu la înaltă presiune), există pericolul ca radiațiile ce se întorc spre tubul de descărcare să provoace o încălzire suplimentară, ceea ce conduce la creșterea tensiunii electrice pe arc și la scurtarea apreciabilă a duratei de viață a lampii [69]. Având în vedere aceste considerente, distribuția constantă a intensității luminoase dată de reflector se înlocuiește cu o variație liniară, cu condiția ca în final, prin compunerea efectului produs de către cele două jumătăți simetrice de reflector, să se obțină intensitățile luminoase necesare (Fig. 4-16).

Din egalitatea fluxurilor în cele două situații, și considerând că reflectorul are un plan axial de simetrie, se obține funcția liniară (4.50) a intensității luminoase  $I(B_1)$ . În această formulă intensitatea luminoasă constantă  $I_{ct}$  din intervalul unghiular  $0$  și  $B_{1M}$  este înlocuită cu o intensitate variabilă (liniar), în funcție de unghiul  $B_1$  în intervalul unghiular  $-B_{1M}$  și  $+B_{1M}$ .





$$I = I_{ct} \left( \frac{B_1}{2B_{1M}} + \frac{1}{2} \right) \quad (4.50)$$

Pentru a afla legătura între unghiurile  $B_1$  (înspre zona în care se reorientează lumina) și  $B$  (de incidență pe reflector), se folosește egalitatea dintre fluxul incident pe reflector (atenuat datorită factorului de reflexie  $\rho$ ) și fluxul necesar (4.51). S-a notat cu  $I_s$  intensitatea luminoasă a sursei de lumină, presupusă constantă.

$$\rho \cdot 2 \int_{B_0}^B I_s \cdot dB = 2 \int_{-B_{1M}}^{B_{1M}} I_{ct} \cdot \left( \frac{B_1}{2B_{1M}} + \frac{1}{2} \right) \cdot dB_1 \quad (4.51)$$

În cazul în care reflectorul este complet,  $B_0$  este egal cu zero și se obține prin integrare relația (4.52).

$$\frac{I_s}{I_{ct}} \cdot \rho \cdot B = \frac{B_1^2}{2 \cdot 2 \cdot B_{1M}} + \frac{B_1}{2} + \frac{B_{1M}}{4} \quad (4.52)$$

Ceea ce prezintă interes este funcția inversă  $B_1(B)$  deoarece se stabilesc pași constanți pentru unghiul  $B$  de pe reflector. În urma rezolvării ecuației de mai sus se reține doar soluția pentru intervalul de interes  $B_1 > -B_{1M}$ , conform formulei (4.53).

$$B_1 = -B_{1M} + \sqrt{B_{1M}^2 - 2 \cdot 2 \cdot B_{1M} \cdot \left( \frac{B_{1M}}{4} - \rho \cdot \frac{I_s}{I_{ct}} \cdot B \right)} \quad (4.53)$$

De asemenea, pentru derivata unghiului  $B_1$  se obține formula (4.54). Se observă că această formulă se poate aplica dacă se cunoaște unghiul  $B_1$ , obținut din formula (4.53) în funcție de unghiul  $B$ , și pasul de calcul  $dB$ .

$$dB_1 = \frac{\rho \cdot \frac{I_s}{I_{ct}} \cdot dB}{\frac{B_1}{2B_{1M}} + \frac{1}{2}} \quad (4.54)$$

Aplicarea celor prezentate mai sus s-a realizat la proiectarea reflectorului pentru corpul de iluminat tip PVS B - 01, omologat și pus în fabricație la ELBA Timișoara. S-a avut în vedere echiparea acestui produs cu surse de lumină tubulare, cu descărcare în

vapori de sodiu la înaltă presiune din considerente de eficacitate luminoasă (peste 120 lm/W). După validarea rezultatelor luminotehnice obținute, conducerea S.C ELBA S.A. a optat pentru extinderea utilizării acestui reflector și la corpul de iluminat PVSB-12BM, cu pondere ridicată în producția fabricii.

Aplicarea ecuației generale stabilite în paragraful 4.2, se face în limbajul Pascal prin definirea unei funcții de forma prezentată în continuare, cu ajutorul căreia se calculează raza polară a unui punct de pe reflector.

```

function r(r0,B,beta,B1,beta1,dB,dBeta,dB1,dBeta1:real):real;
  var c1:real;
  function K1(B,beta,B1,beta1:real):real;
    begin
      K1:=sin(B)*cos(beta)*(-cos(B)*cos(beta)+cos(B1)*cos(beta1))-
      cos(B)*cos(beta)*(-sin(B)*cos(beta)+sin(B1)*cos(beta1));
    end;
  function K2(B,beta,B1,beta1:real):real;
    begin
      K2:=cos(B)*sin(beta)*(-cos(B)*cos(beta)+cos(B1)*cos(beta1))
      -cos(beta)*(-sin(beta)+sin(beta1))
      +sin(B)*sin(beta)*(-sin(B)*cos(beta)+sin(B1)*cos(beta1));
    end;
  function K(B,beta,B1,beta1:real):real;
    begin
      K:=cos(B)*cos(beta)*(-cos(B)*cos(beta)+cos(B1)*cos(beta1))
      +sin(beta)*(-sin(beta)+sin(beta1))
      +sin(B)*cos(beta)*(-sin(B)*cos(beta)+sin(B1)*cos(beta1));
    end;
  function A1(B,beta,B1,beta1:real):real;
    begin
      A1:=K1(B,beta,B1,beta1)/K(B,beta,B1,beta1);
    end;
  function A2(B,beta,B1,beta1:real):real;
    begin
      A2:=K2(B,beta,B1,beta1)/K(B,beta,B1,beta1);
    end;
  function A3(B,beta,B1,beta1,dB,dBeta,dB1,dBeta1:real):real;
    var c1,c2,c3,c4:real;

```

```

    begin
    c1:=A1(B,beta,B1,beta1);
    c2:=A1(B+dB,beta+dBeta,B1+dB1,beta1+dBeta1);
    c3:=A2(B,beta,B1,beta1);
    c4:=A2(B+dB,beta+dBeta,B1+dB1,beta1+dBeta1);
    A3:=(c1+c2)/2*dB+(c3+c4)/2*dBeta;
    end;
begin
    c1:=A3(B,beta,B1,beta1,dB,dBeta,dB1,dBeta1);
    r:=r0*exp(c1);
end;

```

Parametrii transmiși acestei funcții sunt:

- $\Delta B$ ,  $\Delta\beta$  pașii unghiulari de calcul a punctelor de pe reflector care se stabilesc în funcție de precizia dorită și de posibilitățile calculatorului.
- $r_0$  – raza vectoare anterioară, de la direcția căreia se aplică variațiile unghiulare  $\Delta B$  și  $\Delta\beta$ . Inițial se alege un punct de la care începe construcția reflectorului (deci valori de start pentru  $r_0$ ,  $B$  și  $\beta$ ), în funcție de gabaritul dorit pentru reflector.
- $B$  și  $\beta$  rezultă din valorile de start și din pașii unghiulari  $\Delta B$ ,  $\Delta\beta$ .
- $B_1$  rezultă din ecuația (4.53).
- $\beta_1$  rezultă din ecuația (4.48) care reprezintă condiția ca razele de lumină reflectate să urmărească punctele de pe șosea din direcția observatorului standard.

Funcția descrisă mai sus este inclusă în *unit*-ul *biblio.pas*, împreună cu alte proceduri și funcții apelate de programe prezentate în anexe.

## **5. CONTRIBUTII LA SIMULAREA DISTRIBUTIEI INTENSITATII LUMINOASE A CORPURILOR DE ILUMINAT PRIN APLICAREA METODELOR REALITATII VIRTUALE.**

### **5.1 Simularea funcționării corpurilor de iluminat și “realitatea virtuală”.**

Predeterminarea distribuției intensității luminoase reprezintă problema esențială pe care și-o pune proiectantul unui corp de iluminat (CIL). Simularea pe calculator a funcționării CIL, în sensul prezentei teze, o reprezintă obținerea distribuției spațiale a intensității luminoase pentru o anumită configurație geometrică a reflectoarelor și sursei de lumină. Se presupune, deci, că a fost parcursă o prima etapă, de dimensionare, urmând să se procedeze cu această ocazie la verificarea performanțelor luminotehnice care sunt așteptate de la acest CIL. Parcurgerea primei etape (de dimensionare sau proiectare) are de multe ori în vedere o sursă punctiformă, care, în asociere cu distribuție impusă a intensității luminoase, conduce la o formă inițială a reflectoarelor. În realitate, sursa de lumină nu este punctiformă, ci, în unele cazuri ajunge la dimensiuni comparabile cu ale reflectoarelor. Un reflector calculat pentru o sursă punctiformă, în asociere cu o sursă cu dimensiuni reale poate da, în anumite situații, rezultate nefavorabile scopului propus [53].

Având în vedere complexitatea fenomenelor luminotehnice care se petrec în interiorul corpurilor de iluminat, se studiază, de regulă, cazul reflectoarelor oglindate sau perfect difuzante.

Studiile teoretice efectuate asupra reflectoarelor, în asociere cu sursele de lumină de dimensiuni mari se limitează adeseori la reflectoare cu simetrie de rotație.

Realizarea unor corpuri de iluminat performante presupune adaptarea acestora la condițiile concrete de utilizare. Dezvoltarea uimitoare a tehnicii de calcul din ultimii ani a favorizat o relansare a preocupărilor în direcția tehnicii iluminatului. De la grafica pe calculator cu programele CAD (Computer Aided Design), până la “realitatea virtuală” și apoi “realitatea vizuală” a fost doar un pas. Specialiștii în programarea calculatoarelor au dezvoltat tehnici de calcul pentru a reprezenta pe monitorul calculatorului imagini cât mai apropiate de

realitate. Astfel, au apărut două metode de bază pentru evaluarea efectelor luminii asupra obiectelor reprezentate pe calculator [2,3,44,46,47,48,65,153,154,155]:

- metoda "ray tracing", de urmărire a drumului invers parcurs de o rază de lumină ;
- metoda "radiosity" care realizează o interpretare sintetică a proprietăților fizice ale luminii și a comportării psiho-fiziologice a ochiului uman.

Metoda "ray-tracing" se bazează pe faptul că lumina străbate spațiul cu medii optice omogene (aer, apă, sticlă, etc) în linie dreaptă, astfel încât o putem modela printr-o rază, frecvent utilizată în optica geometrică. În principiu, metoda se aplică pentru redarea imaginii obiectelor a căror luminanță depinde de locul unde este plasat observatorul. Suprafețele acestor obiecte sunt oglindate sau semioglindate.

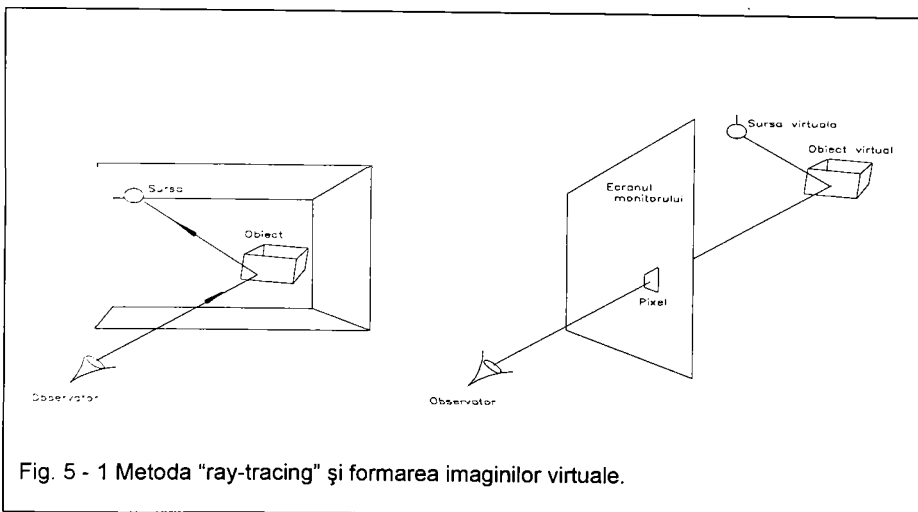


Fig. 5 - 1 Metoda "ray-tracing" și formarea imaginilor virtuale.

În Fig. 5-1 este prezentată schematic această metodă: în stânga este redat fenomenul care are loc în realitate, iar în dreapta este prezentat modul de prelucrare pe calculator a imaginii obiectului. Prin ochiul observatorului și prin fiecare "pixel" de pe ecranul monitorului se trasează o rază de lumină care întâlnește obiectul virtual apoi pe baza legilor reflexiei se stabilește direcția din spațiu și se testează dacă întâlnește sau nu sursa de lumină. Această sursă de lumină poate fi sursa virtuală sau o altă suprafață reflectorizantă iluminată de sursa virtuală. După cum se poate observa, imaginea sursei de lumină care se vede pe suprafața reflectorizantă (care este oglindată sau semioglindată) depinde de direcția

observatorului. Metoda “ray-tracing” este astfel dependentă de poziția observatorului: suprafața obiectului privită din altă direcție are altă luminanță.

Metoda “radiosity” utilizează în calcule mărimi energetice, neevaluate fotometric. Rațiunea metodei constă în faptul că interpretarea imaginii se face direct de către ochiul uman care privește monitorul calculatorului. Termenul “radiosity”, introdus de producătorii de programe pentru imagini virtuale, este similar cu “emitanța energetică” și reprezintă densitatea de suprafață a fluxului radiant care pleacă de la suprafața sursei de lumină sau de la o suprafață care reflectă lumina. Ca o caracteristică de bază, metoda “radiosity” se pretează la modelarea suprafețelor perfect difuzante sau apropiate de proprietățile acestora. Metoda se bazează pe teoria reflexiilor multiple în incinte în care sunt plasate obiecte a căror suprafețe sunt difuzante.

Calculul are în vedere împărțirea suprafețelor în elemente suficient de mici și calcularea emitanței energetice a acestora. Printre suprafețele care se află în cavitate sunt incluse și sursele de lumină. Luminanța fiecărui pixel de pe monitor este proporțională cu luminanța energetică a suprafețelor corespondente din scena virtuală. Ca o caracteristică a acestei metode este faptul că suprafețele fiind perfect difuzante și odată calculată luminanța punctuală a acestora, ea nu se mai modifică odată cu schimbarea poziției observatorului. Aceasta este diferența esențială dintre metoda “ray-tracing” și metoda “radiosity”. Ca o consecință, metoda “radiosity” necesită un volum mai mic de calcule, fiind deseori preferată de creatorii “realității virtuale”.

Mărimile cu care operează cele două metode și procedeele de calcul ne sugerează aplicarea acestora la analiza elementelor optice pentru corpurile de iluminat. Se impun de la început câteva observații care particularizează aplicarea metodelor realității virtuale în cazul corpurilor de iluminat:

Aplicarea metodei “ray-tracing” la identificarea formei reflectorului care se pretează utilizării la un anumit corp de iluminat s-a făcut în două variante:

a) În Fig. 5 - 8 este prezentat elementul optic al unui corp de iluminat, cu suprafețe reflectorizante divizate în elemente suficient de mici. Se stabilește o direcție D din spațiu pentru care se dorește calcularea intensității luminoase și se urmărește drumul invers al razelor de lumină. Rezultă astfel cazurile tipice notate cu a), b) și c) care sunt corelate cu numărul de reflexii multiple pe care le suportă lumina care în final se propagă după direcția D. Calculul intensității luminoase se face prin însumarea contribuțiilor parțiale ale tuturor

suprafețelor elementare, pe baza ariilor proiectate, factorului de reflexie și luminanței sursei de lumină.

b). In Fig. 5 - 10 se utilizează un ecran imaginar, perpendicular pe direcția de calcul a intensității luminoase. Acesta este împărțit în suprafețe elementare. Aria acestora, împreună cu luminanța și cu factorul de reflexie se utilizează la calculul intensității luminoase.

Un caz particular îl reprezintă urmărirea directă a drumului parcurs de o rază de lumină, după cum se vede în Fig. 5-2. Aici metoda se aplică pentru obținerea unei informații globale privind reorientarea de către reflector a fluxului luminos. Se observă cum razele de lumină evită în primul caz intersecția cu sursa, ceea ce este de așteptat de la un reflector destinat funcționării în asociere cu o lampă cu vapori de sodiu cu balonul clar, sensibilă la supraîncălziri care-i afectează durata de viață. In Fig. 5-2 este prezentat și profilul ondulat al reflectorului realizat în scopul unei anumite uniformizări a luminanțelor pe șosea.

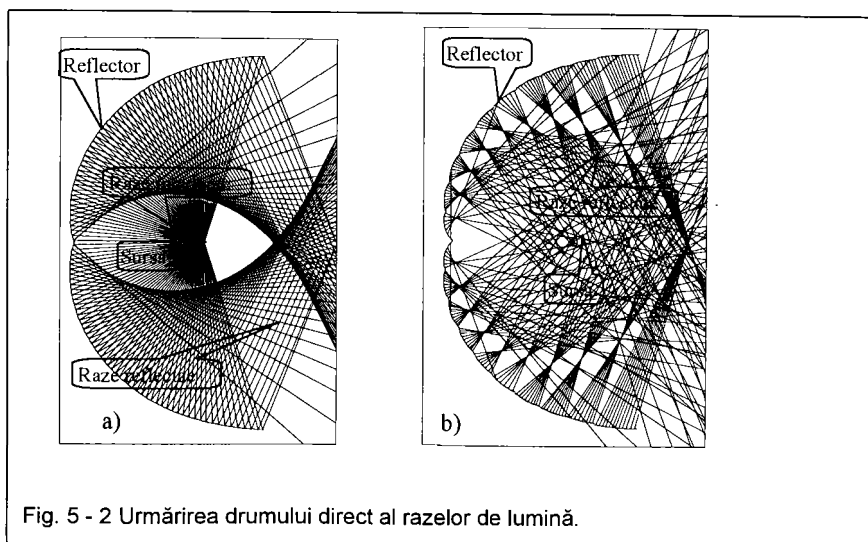


Fig. 5 - 2 Urmărirea drumului direct al razelor de lumină.

Tab. 5-1. Particularități identificate de autorul tezei la aplicarea metodelor realității virtuale în cazul reflectoarelor pentru corpurile de iluminat.

<i>Metodele realității virtuale</i>	<i>Individualizare pentru CIL</i>
<p>A</p> <p>La producerea imaginilor virtuale se urmărește în final să se obțină pe monitorul calculatorului imagini cât mai apropiate de realitate, asemănătoare cu fotografiile clasice.</p>	<p>Pentru corpurile de iluminat, scopul simulării pe calculator îl reprezintă obținere distribuției spațiale a intensității luminoase având în vedere o anumită sursă de lumină cu caracteristicile ei geometrice (dimensiuni, formă) și luminotehnice (luminanță, flux luminos, distribuția intensității luminoase în diferite direcții) precum și un reflector (deseori asociat cu un dispersor) care la rândul lui are o geometrie spațială complicată, uneori nereproductibilă prin ecuații matematice directe. Caracteristica luminotehnică esențială a reflectorului este factorul de reflexie și distribuția spațială a acestuia.</p>
<p>B</p> <p>La realizarea imaginilor virtuale obiectele din spațiu cu care se operează au suprafețele apropiate de cele perfect difuzante: pereții încăperilor, mobilier de interior, etc., astfel încât utilizarea metodei "radiosity" este justificată în astfel de cazuri.</p>	<p>La corpurile de iluminat suprafețele reflectorizante au o componentă oglindată care nu mai este de neglijat. Să ne amintim doar faptul că atunci când privim într-un reflector și sursa de lumină este în funcțiune, zonele cu luminanță mai ridicată se modifică în funcție de direcția din care privim reflectorul. Din acest motiv, la simularea funcționării corpurilor de iluminat preferăm adaptare metodei "ray-tracing" la condițiile specifice unei astfel de aplicații.</p>
<p>C</p> <p>Reproducerea pe ecran a imaginilor virtuale impune utilizarea mărimilor energetice spectrale pentru a crea senzațiile de culoare și strălucire care sunt transformate ulterior în senzații vizuale de ochiul și creierul celui care privește ecranul monitorului.</p>	<p>Predeterminarea distribuției spațiale a intensității luminoase pentru corpurile de iluminat presupune operarea atât cu mărimi energetice spectrale (puterea spectrală a sursei de lumină, distribuția spectrală a factorului de reflexie pentru suprafața reflectorizantă), cât și cu mărimi fotometrice clasice.</p>



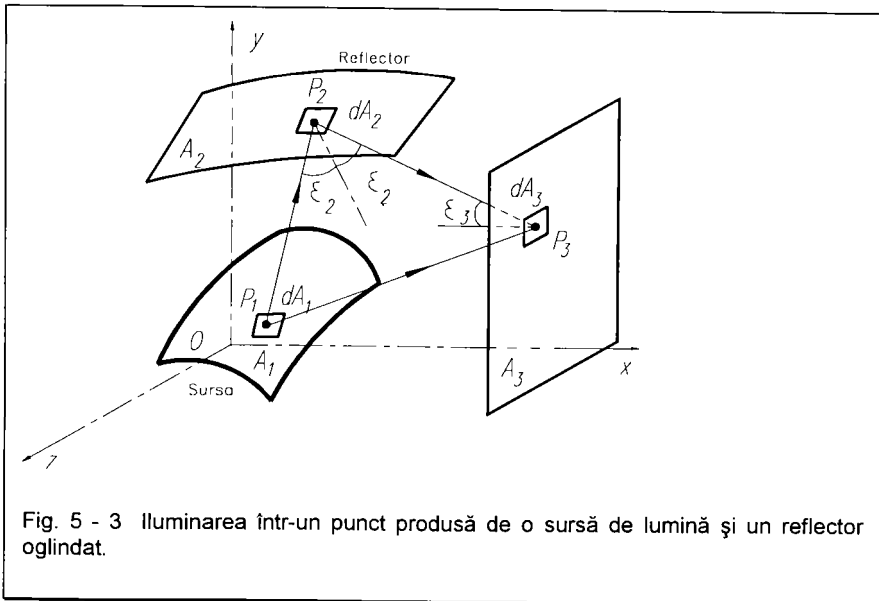
## 5.2 Consideratii teoretice.

Să considerăm un caz general prezentat în Fig. 5 - 3, în care  $A_1$  este suprafața sursei de lumină de dimensiuni mari,  $A_2$  suprafața reflectorului oglindat și suprafața  $A_3$  (perpendiculară pe axa  $x$ ), care urmează a fi iluminată.

Punctele  $P_1, P_2$  și  $P_3$  sunt asociate prin legea reflexei regulate. Contribuția elementului reflectorizant  $dA_2$  la iluminarea în punctul  $P_3$  va fi dată de (5.1), unde unghiurile  $\varepsilon_2, \varepsilon_3$  și distanța  $r_{2,3}$  sunt date de geometria sistemului,  $\rho$  este factorul de reflexie al reflectorului iar  $L$  luminanța sursei de lumină, considerată uniformă. Pentru calculul intensității luminoase totale în punctul  $P_3$ , se integrează ecuația (5.1) peste întreaga suprafață a reflectorului la care se adaugă, contribuția luminii directe de la sursă.

$$dE = \rho L \frac{\cos \varepsilon_2 \cdot \cos \varepsilon_3}{r_{2,3}^2} dA_2 \quad (5.1)$$

Rezolvarea pe calculator a acestei probleme ne-o sugerează "metoda semicubului",



inițiată de Cohen și Greenberg [39,40] și preluată de producătorii de software pentru

prelucrarea imaginilor pe calculator [37,51,77,88,128,135,136]. Metoda constă în construirea unui cub imaginar (Fig. 5 - 4), cu centrul în punctul de control (în cazul nostru punctul  $P_3$ ), și semilaturile egale cu unitatea. Se împart fețele semicubului în arii elementare  $dA$ . Poziția acestora este dată de coordonatele  $x$  și  $y$  din Fig. 5 - 4.

Unghiul solid sub care se vede din punctul  $P_3$  suprafața elementară  $dA$  este egal cu unghiul solid sub care se vede suprafața  $dA_2$  de pe reflector, astfel încât putem scrie relația (5.2).

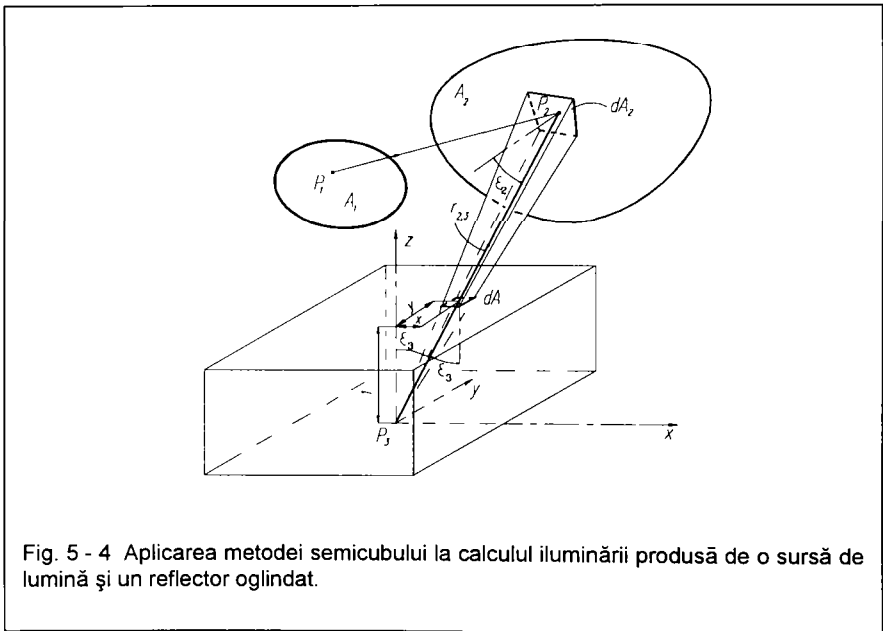


Fig. 5 - 4 Aplicarea metodei semicubului la calculul iluminării produsă de o sursă de lumină și un reflector oglindat.

$$\frac{dA_2 \cos \varepsilon_2}{r_{2,3}^2} = \frac{dA \cos \varepsilon_3}{x^2 + y^2 + l} \quad (5.2)$$

De asemenea, din Fig. 5 - 4 se deduce formula (5.3).

$$\cos \varepsilon_3 = \frac{l}{\sqrt{x^2 + y^2 + l}} \quad (5.3)$$

Înlocuind (5.2) și (5.3) în (5.1) obținem:

$$dE = \rho L \frac{dA}{(x^2 + y^2 + 1)^2} \quad (5.4)$$

În formula de mai sus  $\rho$ ,  $L$  și  $dA$  sunt constante astfel încât valoarea numerică a expresiei poate fi memorată la început în calculator într-o matrice, în funcție de  $x$  și  $y$  ai căror pași de variație sunt constanți, care conduce de fapt și la  $dA$  constant.

Pentru a obține iluminarea totală în punctul  $P_3$  va trebui să verificăm doar dacă o rază de lumină ipotetică ce intersectează fața semicubului în punctul de coordonate  $x, y$  îndeplinește următoarele condiții:

-întâlnește (fără a fi umbrită) suprafața reflectorizantă  $A_2$ ,

-provine de la sursa de lumină de suprafață  $A_1$ , după o reflexie regulată (în conformitate cu procedeul ce va fi prezentat în această lucrare).

În cazul în care cele două condiții prezentate mai sus sunt îndeplinite, la iluminarea totală se adaugă și valoarea  $dE$  stocată pentru  $x$  și  $y$  în discuție.

Dacă direcția definită de punctul  $P_3$  și coordonatele  $x, y$  intersectează de la început suprafața sursei de lumină  $A_1$ , contribuția luminii directe la iluminarea totală se obține tot cu formula (5.4), în care  $\rho$  va fi de această dată egal cu 1.

Pe baza algoritmului prezentat mai sus, pot fi luate în considerare și reflexiile multiple, provenind de la mai multe suprafețe reflectorizante.

În cazul general al corpurilor de iluminat este mai interesantă determinarea intensității luminoase după o anumită direcție din spațiu decât iluminarea într-un punct pe o suprafață. Punctul de control  $P_3$  se găsește în acest caz la o distanță mare de CIL (acceptată, de regulă, ca fiind de cel puțin 10 ori dimensiunea cea mai mare a CIL), caz în care se consideră că razele de lumină ce vin de la reflectoarele CIL în acea direcție sunt paralele.

Contribuția elementului reflectorizant  $dA_2$  (din Fig. 5 - 5) la intensitatea luminoasă în direcția ( $D$ ) va fi:

$$dI = \rho L \cos \varepsilon_2 dA_2 \quad (5.5)$$

Intensitatea luminoasă reflectată într-o anumită direcție se obține integrând relația (5.5) pe întreaga suprafață a reflectorului  $A_2$ . După cum se vede din Fig. 5 - 5, dacă planul  $A_3$  este perpendicular pe direcția ( $D$ ) în care se calculează intensitatea luminoasă, elementul de arie  $dA_3$  reprezintă proiecția elementului reflectorizant  $dA_2$  pe planul  $A_3$ .

$$dA_3 = \cos \varepsilon_2 dA_2 \quad (5.6)$$

Cu aceasta, din relația (5.5) se obține (5.6).

$$dI = \rho L dA_3 \quad (5.7)$$

În concluzie, pentru a obține intensitatea luminoasă reflectată de întreaga suprafață  $A_2$  se parcurg următoarele etape:

1-Se împarte suprafața  $A_2$  în arii elementare ( $dA_2$ ).

2-Se verifică pentru fiecare arie elementară dacă, parcurgând drumul invers, raza de lumină provine, după o reflexie regulată, de la sursa (suprafața  $A_1$ ).

3-Dacă este îndeplinită condiția de la punctul 2 și dacă pe întreg parcursul raza de lumină nu este obturată, se calculează proiecția acelei arii pe planul  $A_3$  și intensitatea luminoasă elementară din (5.7) se adună la valoarea intensității totale.

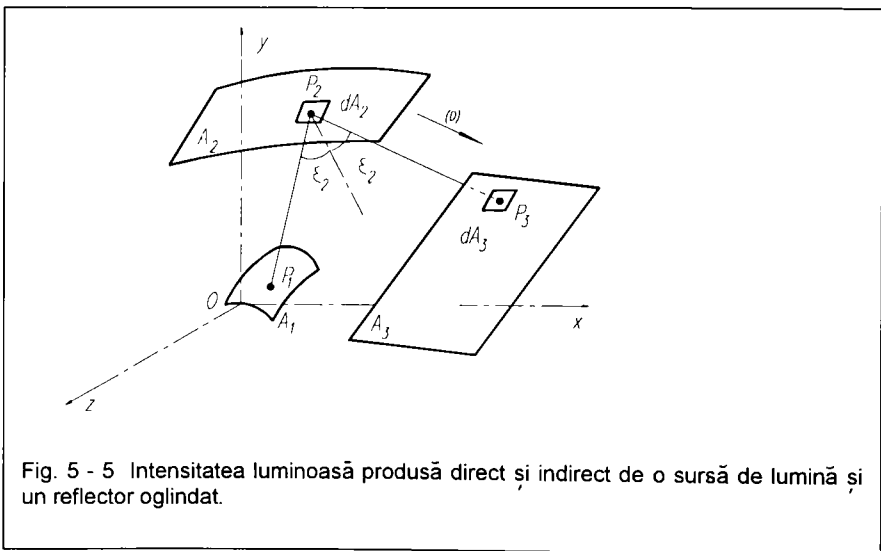


Fig. 5 - 5 Intensitatea luminoasă produsă direct și indirect de o sursă de lumină și un reflector ogindat.

### 5.3 Stabilirea sistemelor proprii de coordonate

De regulă pentru reprezentarea curbei de distribuție a intensității luminoase se utilizează sistemul de coordonate C- $\gamma$ , prezentat în Fig. 5 - 6.

În vederea tratării analitice a problemei, plecând de la coordonatele C- $\gamma$ , stabilim un sistem de coordonate trirectangular, cum se vede în Fig. 5 - 6, cu originea în centrul CIL.

În raport cu sistemul de coordonate  $x,y,z$  se stabilesc de la început parametrii geometrici ai reflectoarelor și surselor de lumină utilizate. Definirea acestor suprafețe se face fie analitic fie parametric. De exemplu, o suprafață reflectorizantă decupată dintr-un elipsoid cu centrul deplasat față de centrul sursei de lumină are ecuația (5.8),

$$\frac{(x - cx)^2}{ap^2} + \frac{(y - cy)^2}{bp^2} + \frac{(z - cz)^2}{bp^2} - 1 = 0 \quad (5.8)$$

unde  $(cx, cy, cz)$  reprezintă coordonatele centrului elipsoidului față de sistemul de coordonate stabilit mai sus iar  $ap, bp, cp$  au semnificația semiaxelor elipsoidului. Delimitarea suprafeței se face prin stabilirea limitelor minime și maxime pentru valorile lui  $x$ , respectiv  $y$ .

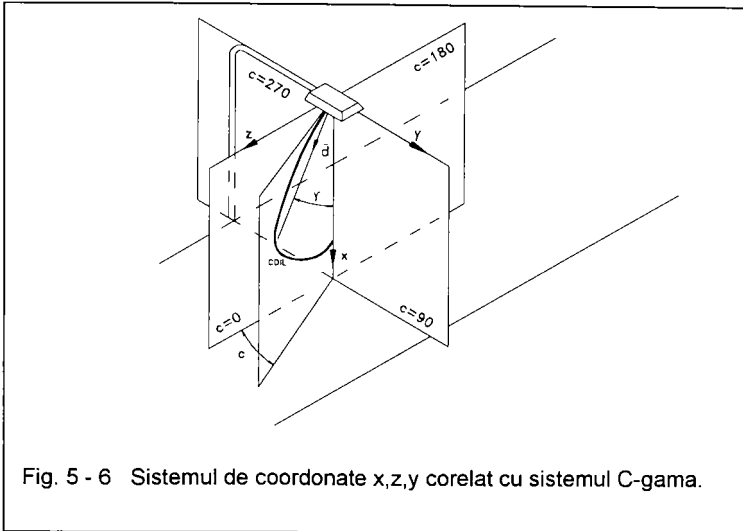
O direcție definită în spațiu de unghiurile  $C-\gamma$  va avea în sistemul  $x,y,z$  cosinușii directori (5.9),

$$l = \cos \gamma; m = \sin \gamma \cdot \sin c; n = \sin \gamma \cdot \cos c \quad (5.9)$$

astfel încât versorul  $\bar{d}$  ce definește direcția observatorului are forma:

$$\bar{d} = l\bar{i} + m\bar{j} + n\bar{k} \quad (5.10)$$

Din această direcție, definită de unghiurile  $C-\gamma$  prin intermediul relațiilor (5.8) și (5.9), în reflectorul oglindat se vede imaginea sursei. Determinarea conturului acestei imagini în proiecție normală pe  $d$  reprezintă cheia calculului intensității luminoase a corpului de



iluminat.

În formula (5.7) apare  $dA_3$  care reprezintă proiecția unei suprafețe elementare de pe reflector (dintr-o zonă în care se vede imaginea sursei) pe un plan perpendicular pe direcția de control  $d$ .

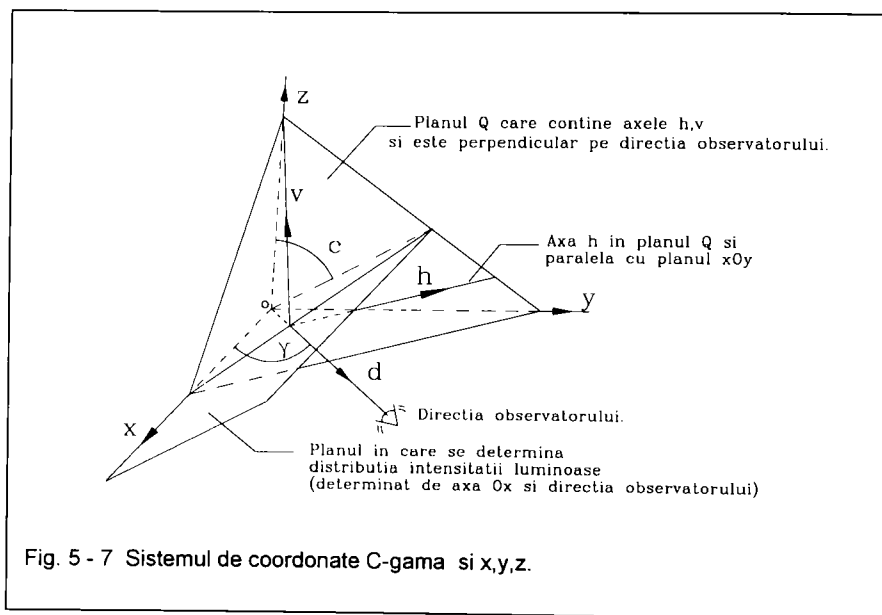


Fig. 5 - 7 Sistemul de coordonate C-gama si x,y,z.

Definim un nou sistem de coordonate trirectangular  $u,v,d$  care are următoarele proprietăți (Fig. 5 - 7):

-Direcția  $d$  va coincide cu direcția observatorului pentru care se fac calculele la un moment dat și care rezultă din (5.9).

-Planul definit de axele  $h-v$  este normal pe direcția observatorului. Acesta este planul pe care se vor proiecta suprafețele luminoase ale reflectoarelor și sursei.

Axa  $z$  (din sistemul  $x,y,z$ ) și axa  $v$  (din sistemul  $h,v,d$ ) vor fi coplanare, pentru simplificarea formulelor de transformare.

Pentru coordonatele  $h$  și  $v$  se obțin formulele de transformare:

$$h = -x \frac{m}{\sqrt{l^2 + m^2}} + y \frac{l}{\sqrt{l^2 + m^2}} \quad (5.11)$$

$$v = -x \frac{ln}{\sqrt{l^2 + m^2}} - y \frac{mn}{\sqrt{l^2 + m^2}} + z \sqrt{l^2 + m^2} \quad (5.12)$$

Dacă cele două sisteme de coordonate au aceeași origine, un punct  $\mathbf{P}(\mathbf{h},\mathbf{v})$  din planul  $\mathbf{h}-\mathbf{v}$  se poate defini în sistemul  $\mathbf{x},\mathbf{y},\mathbf{z}$  cu ajutorul formulelor de transformare inverse:

$$x = -h \frac{m}{\sqrt{l^2 + m^2}} - v \frac{l}{\sqrt{l^2 + m^2}} \quad (5.13)$$

$$y = h \frac{l}{\sqrt{l^2 + m^2}} - v \frac{mn}{\sqrt{l^2 + m^2}} \quad (5.14)$$

$$z = v \sqrt{l^2 + m^2} \quad (5.15)$$

## 5.4 Parcurgerea drumului invers al unei raze de lumina

Suprafața reflectorizantă, deja definită geometric, se împarte într-un număr  $n \cdot m$  de suprafețe elementare. Cu cât numărul acestora este mai mare, cu atât precizia de calcul este mai bună.

Unui punct  $\mathbf{P}(\mathbf{x},\mathbf{y},\mathbf{z})$  din centrul unei arii elementare  $d\mathbf{A}_2$  i se atașează o rază de lumină  $\mathbf{D}$  cu direcția definită de unghiurile  $\mathbf{C}-\gamma$ , respectiv cu direcția versorului  $\mathbf{d}$  din (5.10). Dacă  $\mathbf{D}$  este raza reflectată și dacă  $\mathbf{N}$  este normala în punctul  $\mathbf{P}$  la suprafață, atunci raza incidentă  $\mathbf{C}$  se obține cu relația vectorială:

$$\overline{\mathbf{C}} = 2\overline{\mathbf{N}}(\overline{\mathbf{DN}}) - \overline{\mathbf{D}} \quad (5.16)$$

Urmărind în continuare raza de lumină  $\mathbf{C}$  avem următoarele cazuri posibile (Fig. 5 - 8):

a) Raza  $\mathbf{C}$  intersectează sursa de lumină, caz în care elementul de arie  $d\mathbf{A}_2$  face parte din imaginea sursei pe reflector. Acest lucru se verifică relativ simplu, de exemplu este suficient să dovedim că sistemul format din ecuațiile analitice ale suprafeței sursei și razei  $\mathbf{C}$  are soluții reale.

b) Raza  $\mathbf{C}$  ajunge pe alte suprafețe reflectorizante (reflexii multiple de tip oglindă) și în final drumul invers intersectează sursa de lumină. Se calculează în ordine coordonatele punctului  $\mathbf{P}'(\mathbf{x},\mathbf{y},\mathbf{z})$  de intersecție a razei  $\mathbf{C}$  cu următorul reflector, apoi normala  $\mathbf{N}'$  și cu o formulă similară cu (5.12) se calculează raza incidentă  $\mathbf{C}'$ . Se va avea în vedere că factorul de reflexie din formula (5.7) va ține seama de suprafețele pe care au loc reflexiile.

$$\rho = \rho_1 \rho_2 \dots \rho_n \quad (5.17)$$

c) Raza  $C$  nu ajunge să intersecteze sursa de lumină. Se au în vedere și eventualele obturări care apar pe traseul invers al unei raze de lumină.

Numai în cazul a) și b) de mai sus, suprafața elementară  $dA_2$  face parte din imaginea sursei pe reflector. Punctele ce delimitează această suprafață, din sistemul  $x, y, z$  se proiectează pe planul  $u-v$ , cu formulele (5.10), obținându-se colțurile unui patrulater (Fig. 5 - 9), a cărei arie se poate calcula și se poate reprezenta, la o anumită scară pe monitorul calculatorului. Cu formula (5.7) se calculează contribuția la intensitatea luminoasă după direcția  $C-\gamma$ . Pentru calculul intensității luminoase reflectate totale se urmărește parcursul invers al razelor de lumină pentru toate cele  $m \cdot n$  suprafețe elementare și pentru toate reflectoarele din componența unui CIL.

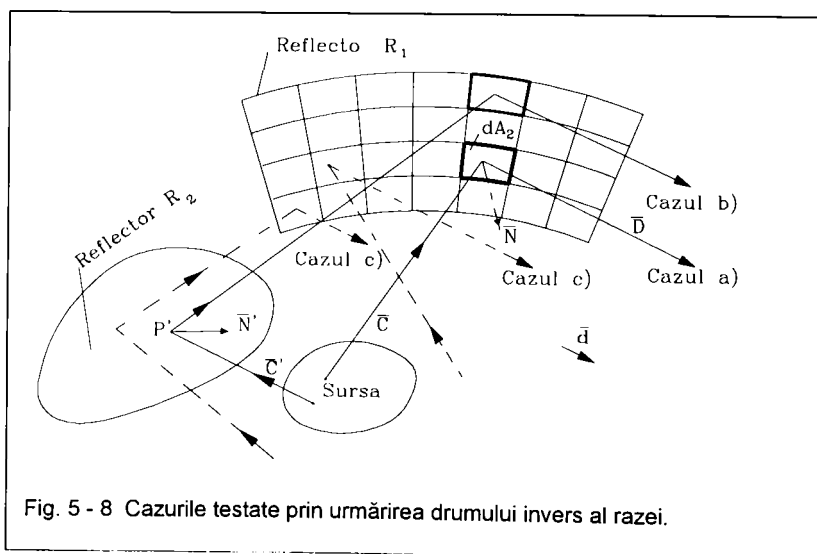


Fig. 5 - 8 Cazurile testate prin urmărirea drumului invers al razei.

Este deosebit de importantă parcurgerea drumului invers al razei și în cazul luminii directe de la sursă, îndeosebi pentru direcțiile în care sursa de dimensiuni mari este parțial obturată de reflectoare sau de alte elemente ale CIL. În acest caz planul  $h-v$  se împarte în  $m \cdot n$  suprafețe elementare  $dA_3$ , de arie egală (Fig. 5 - 10).



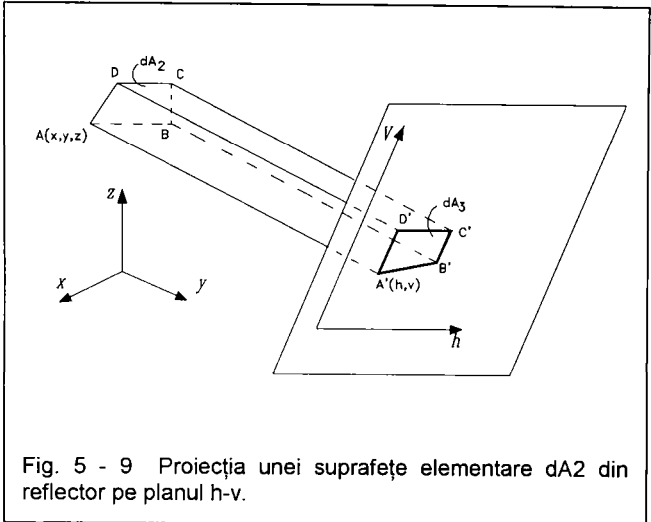


Fig. 5 - 9 Proiecția unei suprafețe elementare  $dA_2$  din reflector pe planul  $h-v$ .

Un punct  $P(h,v)$  de pe această suprafață are coordonatele  $x,y,z$  calculate cu formula (5.11).

O rază de lumină  $D$  ce trece prin acest punct va avea direcția  $d$ . În cazul în care vectorul  $D$  intersectează sursa de lumină și trece prin interiorul suprafeței de ieșire a CIL (Fig. 5 - 10),

atunci  $dA_3$  face parte din proiecția sursei pe direcția  $C-\gamma$  și contribuie la intensitatea luminoasă totală cu valoarea (5.18).

$$dI = LdA_3 \tag{5.18}$$

În concluzie, pentru direcția  $C-\gamma$  intensitatea luminoasă va fi formată din suma intensităților luminoase produse de imaginile sursei pe reflectoare, la care se adaugă

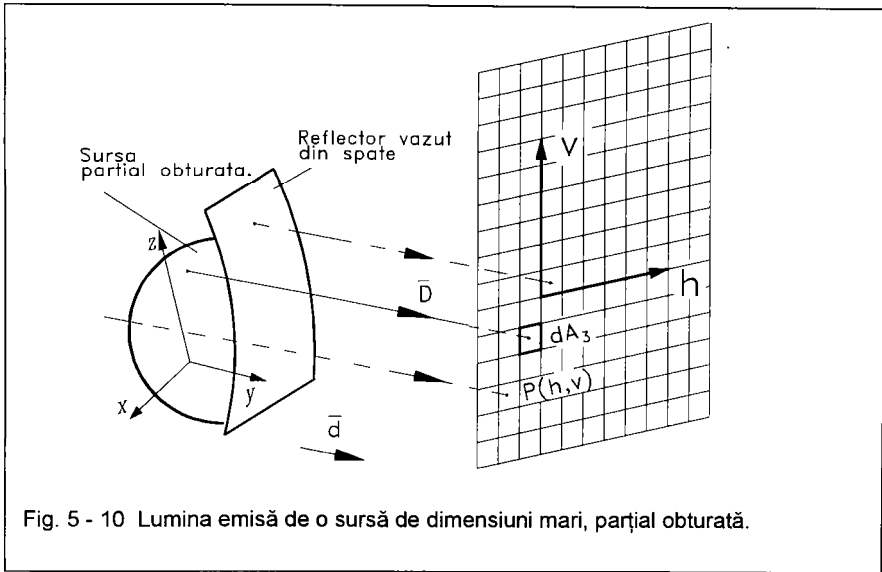


Fig. 5 - 10 Lumina emisă de o sursă de dimensiuni mari, parțial obturată.

intensitatea luminoasă produsă de suprafața vizibilă a sursei de lumină.

Pe baza celor prezentate s-a întocmit programul FO12.pas care a avut în vedere, într-o primă fază existența a două reflectoare laterale și un reflector de fund, precum și o sursă de formă elipsoidală, sferică sau cilindrică. Prin intermediul unui meniu interactiv se introduc parametrii geometrici. În funcție de parametrii introduși se pot obține suprafețe elipsoidale sferice, paraboloidale, sau cilindrice (cu secțiune eliptică, parabolică, circulară).

Se stabilește unghiul  $C$  pentru care se va calcula CDIL. Pentru fiecare pereche de unghiuri  $C-\gamma$  apare pe monitor CIL proiectat în planul  $h-v$ , cu evidențierea imaginii sursei pe reflectoare și a porțiunii din sursă care este vizibilă. Apar valorile intensității luminoase calculate pentru reflexia simplă, reflexa multiplă și intensitatea directă de la sursă. De asemenea apare porțiunea din CDIL calculată până în acel moment. În final (pentru un anumit unghi  $C$ ) apare CDIL completă și se creează un fișier care se poate consulta ulterior din care se observă ce parametri geometrici ar trebui ajustați. Aceștia se pot corecta și se reia simularea.

În Fig. 5-11. se prezintă imaginea de pe stația grafică a reflectorului și sursei de lumină, obținută cu ocazia calculării intensității luminoase într-o anumită direcție din spațiu. Sunt evidențiate elementele active de suprafață proiectate pe planul normal la direcția de calcul.

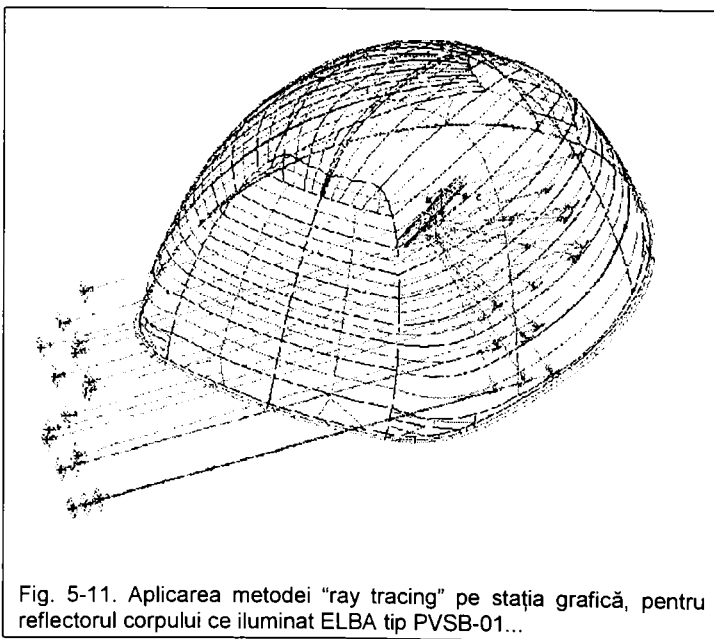


Fig. 5-11. Aplicarea metodei "ray tracing" pe stația grafică, pentru reflectorul corpului ce iluminat ELBA tip PVSB-01...

## **6. STUDIU COMPARAT ASUPRA VERIFICĂRII TEORIEI DE CALCUL A REFLECTOARELOR PRIN VERIFICĂRI EXPERIMENTALE ȘI SIMULARE PE CALCULATOR.**

### **INTRODUCERE.**

Cercetările efectuate au condus la realizarea unui nou tip de reflector pentru corpurile de iluminat rutier, care satisfac recomandările Comisiei Internaționale de Iluminat (CIE) privind evaluarea sistemelor de iluminat stradal pe baza criteriului lumananței. Abordarea complexă a acestei teme a presupus parcurgerea următoarelor etape:

- Alegerea parametrilor geometrici și luminotehnici pentru o șosea care are probabilitatea cea mai mare de a fi întâlnită în practică. Șoseaua aleasă are o lățime de 10m, este cu două benzi de circulație, suprafața este asfaltată de tipul R3 conform standardizării CIE.
- Stabilirea distribuției ideale a intensității luminoase pentru corpul de iluminat, în condițiile încadrării performanțelor sistemului de iluminat rutier în criteriile impuse de CIE privind lumananța medie, uniformitatea generală și uniformitatea longitudinală a lumananței.
- Rezolvarea problemelor teoretice pe care le implică proiectarea reflectoarelor nesimetrice.
- Alegerea sursei de lumină (lampa tubulară cu descărcări în vapori de sodiu la presiune ridicată) și stabilirea gabaritului reflectorului din considerente: de încălzire, economice și luminotehnice.
- Intocmirea programului de calcul a reflectorului și stabilirea formei spațiale a acestuia. Limitarea formei în cadrul gabaritului impus și definitivarea din punct de vedere tehnologic.
- Realizarea programului de simulare a funcționării reflectoarelor pe baza metodei “ray tracing” și predeterminarea distribuției spațiale a intensității luminoase pentru forma complexă a reflectorului obținută la punctul anterior. Este de remarcat faptul că simularea se poate face pentru diverse poziții relative ale sursei de lumină în raport cu reflectorul.
- Realizarea matrițelor pentru reflector, pe mașini cu comandă numerică, pe baza datelor transmise de calculator.

- Confecționarea reflectoarelor și efectuarea de măsurători în Laboratorul Fotometric pentru a verifica distribuția spațială a intensității luminoase la diferite poziții de reglare a sursei de lumină față de reflector.
- Analiza comparativă a rezultatelor teoretice cu cele experimentale.
- Calculul sistemelor de iluminat și analiza parametrilor luminotehnici pentru diverse situații care pot să apară în practică.

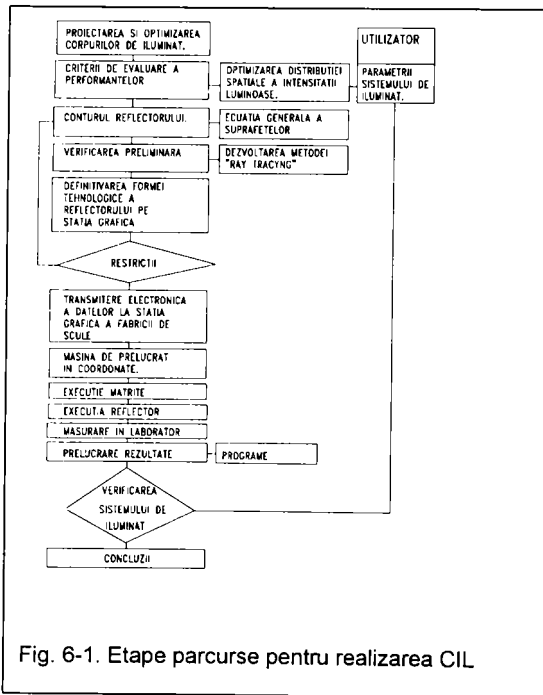


Fig. 6-1. Etape parcurse pentru realizarea CIL

În procesul de proiectare și optimizare a reflectorului au fost urmărite etapele prezentate în diagrama de mai jos, din care se vede importanța “utilizatorului”: se pleacă de la ce așteaptă acesta să realizeze corpul de iluminat, iar verificarea finală se face tot din punctul acestuia de vedere.

## 6.1 PREZENTAREA PROGRAMELOR DE CALCUL CONCEPTE ȘI UTILIZATE.

Programele realizate în vederea optimizării reflectoarelor pentru corpurile de iluminat se împart în următoarele categorii:

- Program de calcul a profilului reflectorului.
- Program de simulare numerică a performanțelor corpurilor de iluminat (predeterminarea distribuției spațiale a intensității luminoase).
- Program de prelucrare a datelor.

Aplicațiile sunt scrise în limbaj TurboPascal și AutoLISP. Motivul pentru care s-a apelat și la acest din urmă limbaj îl reprezintă faptul că programele se pot apela direct din mediul de proiectare AutoCAD. În acest fel rezultatele calculelor se materializează cu ușurință în desene de execuție pentru reflectoare precum și într-o bază de date care se poate transmite mașinilor de aşchiat cu comandă numerică în vederea realizării matritelor pentru fabricația de serie.

În AutoCAD a fost creat un meniu propriu astfel încât programele individuale, pot fi apelate ca și comenzi, atât de la tastatură cât și cu un digitizor de tip "mouse". Programele neincluse în mediul AutoCAD sunt prezentate în continuare însoțite de extensia corespunzătoare (.PAS).

#### **A. PROGRAMUL FO12.PAS**

Programul FO12 utilizează metoda ray-tracing prezentată în Cap.5 în vederea simulării unui corp de iluminat cu reflectoare multiple. Sursa de lumină poate fi cilindrică sau elipsoidală, iar datele pentru forma reflectoarelor și pentru sursa de lumină se introduc interactiv de către utilizator.

#### **B. PROGRAMUL LUM**

Scopul programului:

- Calculează profilul reflectorului pentru obținerea unei iluminari constante pe o suprafață.

- Apelează programele (realizate în TurboPascal): LUMPT - pentru surse punctiforme și reflector cu simetrie de rotație, sau LUMLIN - pentru surse liniare și reflector cilindric (cu un plan de simetrie).

Datele de intrare ale programului:

- $\theta_0$  - unghiul de unde începe reorientarea luminii de la reflector spre planul util;
- $x_0, y_0$  - coordonatele punctului din care începe construcția reflectorului;
- Raportul  $I_{ax}/I_s$  între intensitatea luminoasă axială dorită și intensitatea luminoasă axială a sursei de lumină. Acest raport are semnificația unui factor de amplificare.

- Opțiunea dacă se ține sau nu seama de lumina directă de la sursa orientată spre planul util.

- Pasul unghiular de calcul.

- Poziționarea pe monitor a focarului în raport cu care se va desena conturul.

Datele de ieșire ale programului:

- fișierul "profil.dat" care conține sub formă tabelară coordonatele rectangulare x, y și polare r, ale reflectorului precum și unghiurile corespunzătoare de reorientare a luminii în spațiu;

- desenul profilului reflectorului care poate fi prelucrat în continuare în AutoCAD.

### C. PROGRAMUL FOCAL

Scopul programului:

- Calculează profile definite matematic, pe baza unei formule specifice reflectoarelor [53].

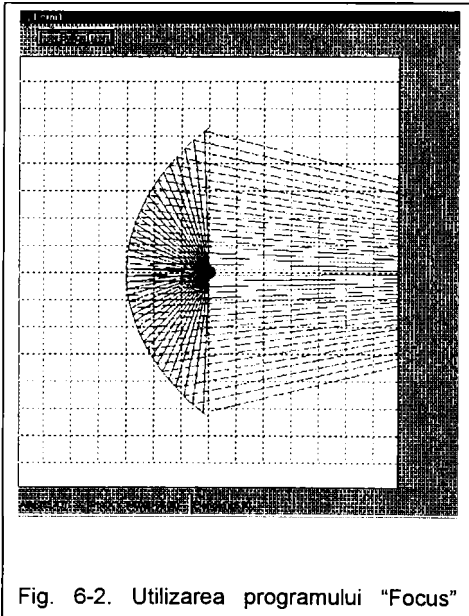


Fig. 6-2. Utilizarea programului "Focus"

$$r = \frac{2f}{1 + \frac{1 + E \cdot \cos \alpha}{1 + E}}$$

În această formulă E reprezintă "elongația" definită ca raportul distanței dintre focare și distanța focală. Formula are un caracter general deoarece în funcție de valoarea și semnul elongației se pot obține oricare dintre curbele conice (elipse, cercuri, hiperbole, parabole).

Date de intrare:

- Poziționarea pe monitor a focarului;

- Distanța focală, f;

- Elongația, E

- Pasul de calcul pentru unghiurile de pe reflector;

- Unghiul maxim, până la care se întinde construcția profilului.

Date de ieșire:

- Desenul la scara 1:1 cu profilul reflectorului.

Transpunerea acestui program în limbajul DELPHI permite urmărirea interactivă a traseului razelor reflectate în cazul curbelor focale. Programul întocmit se numește "Focus" și interfața acestuia este prezentată în Fig. 6.2.

## **D. PROGRAMUL PARABOLA**

Utilitate

- construiește un profil parabolic care se poate prelucra ulterior în AutoCAD în vederea plasării sursei de lumină în focar sau la o anumită distanță de acesta.

Date de intrare:

- Stabilirea pe monitor a vârfului parabolei,
- Pasul de calcul,
- Distanța focală,

- Ymax - pentru reflectoarele cu simetrie de rotație este raza maximă a reflectorului iar pentru reflectoarele cilindrice care au un plan de simetrie această valoare reprezintă semideschiderea reflectorului.

Date de iesire:

- Desenul parabolei la scara 1:1.

## **E. PROGRAMUL PRPAR**

Utilitate:

- Desenează complet un reflector parabolic la scara 1:1, calculează și reprezintă grafic în coordonate rectangulare distribuția spațială a intensității luminoase. Este apelat pentru calcule programul refl.03.exe. Se crează automat fișierele de legătură între programe "trimit.dat" cu datele de intrare și "prcad.dat" cu datele transmise spre AutoCAD. Aceste fișiere pot fi ulterior consultate.

Date de intrare:

- Distanța focală,
- Excentricitatea focar – filament,
- Poziția de fixare a becului (Ext, Int),
- Diametrul reflectorului.

Date de iesire:

- Proiectul complet al reflectorului (inclusiv cote);
- Graficul distribuției spațiale a intensității luminoase pentru filamentul cilindric.

## **F. PROGRAMUL GEN1 SI GEN\_LIN**

Utilitate:

- Determină profilul spațial nesimetric al reflectorului pe baza ecuației generale a reflectoarelor oglindate. Se utilizează la proiectarea reflectoarelor pentru iluminatul rutier.

Date de intrare:

- Factor de reflexie al suprafeței reflectorului,
- Distanța de la focar la punctul de unde începe construcția reflectorului,
- Numărul de elemente în care se discretizează unghiul  $B$ ,
- Unghiul  $B_{\min}$ , de la care începe construcția reflectorului,
- Unghiul  $B_{\max}$ , până la care se completează construcția reflectorului,
- Unghiul  $B_{1\min}$  - care se referă la acoperirea planului util,
- Numarul de elemente în care se discretizează unghiul  $\beta$  de pe reflector,
- Unghiul  $\beta_{\min}$  și  $\beta_{\max}$  - de care depinde unghiul solid de receptare a fluxului de catre reflector,
- Fișierul în care se stochează datele.

Date de iesire

- Fișierul r31p.dat (respectiv r32p.dat) care conține înregistrările cu coordonatele  $x$ ,  $y$ ,  $z$  și  $B$ ,  $\beta$ ,  $r$  ale profilului reflectorului, precum și unghiurile  $B_1$ ,  $\beta_1$  corespunzătoare razelor de lumină reflectate,

- Fișierul r31.dat (respectiv r32.dat) cu coordonatele  $x,y,z$  ale reflectorului într-un format accesibil limbajului AutoLISP în vederea desenării în spațiu a reflectorului,

- Fișierul r31v.dat (respectiv r32v.dat) care conține coordonatele punctelor de pe reflector, parametrii directori ai normalei și ariile tuturor elementelor în care a fost discretizat reflectorul. Aceste date sunt utilizate de programele de simulare a funcționarii corpului de iluminat prevazut cu surse de lumină de dimensiuni reale.

## **G. PROGRAMELE PLGEN ȘI MESGEN**

Utilitate:

- Prelucreează fișierele furnizate de programele GEN1 și GEN\_LIN în vederea desenării în spațiu a reflectorului prin polilinii (PLGEN) sau rețea spațială (MESGEN).

Date de intrare:

- Fișierele r31.dat, r32.dat, r33.dat, r34.dat

Date de iesire:

- Desenul spațial al reflectorului, care apoi poate fi vizualizat din diverse direcții.

## **H. PROGRAMUL VERDIR**

Utilitate:



- Prin metoda ray-tracing se calculează intensitatea luminoasă a ansamblului reflector-sursă de lumină de dimensiuni reale, pentru diverse direcții din spațiu

Date de intrare:

- Fișierele r31v.dat, r32v.dat, r33v.dat, r34v.dat;
- Dimensiunile sursei de lumină și deplasarea acesteia față de focar;
- Direcția din spațiu, respectiv unghiurile  $C$  și  $\gamma$  ;

Date de iesire:

- Intensitatea luminoasă în direcția  $C - \gamma$  ;
- Desenul cu reflectorul și sursa de lumină vazute din direcția  $C - \gamma$  precum și evidențierea imaginii sursei de lumină în reflector.

### I. PROGRAMUL VERIF3.PAS

Programul este o variantă la VERDIR, care spre deosebire de acesta, face o determinare completă a distribuției spațiale a intensității luminoase rezultând un fișier cdilx.dat cu rezultatele sub formă de tabel în funcție de unghiurile  $C$  și  $\gamma$ . Ca date de intrare se stabilesc în plus (față de cele pentru VERDIR), pașii de calcul corespunzători unghiurilor

17	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167
158	159	160	159	159	162	162	162	163	165	167	169	172	172	171	172	174			
156	156	157	157	157	158	159	161	165	166	171	173	175	175	175	178				
154	154	154	155	155	156	156	160	162	166	170	174	175	179	181	184				
152	153	153	153	154	155	156	158	161	162	173	175	179	182	185	185				
151	151	151	152	153	154	155	156	159	162	172	177	182	186	188	194				
149	149	150	151	152	153	154	155	158	162	171	178	184	189	193	200				
147	147	148	149	150	152	153	154	157	160	173	181	185	192	201	204				
145	146	147	148	149	150	152	152	155	158	173	182	188	200	211	247				
142	143	145	146	147	149	150	152	154	156	174	184	194	202	249	284				
139	141	143	144	146	147	149	151	153	156	174	184	195	238	278	295				
136	138	140	142	144	145	147	149	151	154	174	187	207	270	289	292				
133	136	138	140	142	144	146	148	150	153	173	188	235	277	293	281				
130	132	135	138	140	142	144	147	148	151	173	190	255	288	276	289				
126	129	132	135	138	140	142	145	147	150	174	200	272	290	283	282				
122	126	129	132	135	138	141	144	146	149	173	218	277	270	293	263				
118	122	126	130	133	136	139	142	144	147	173	240	289	283	272	249				
113	118	122	127	130	134	137	140	142	146	172	251	274	291	247	244				
109	114	119	123	128	131	135	138	141	143	173	257	281	266	257	226				
104	110	115	120	125	129	133	136	139	141	182	260	294	264	250	210				
99	105	111	117	122	126	130	134	138	140	199	264	283	261	223	192				
94	100	107	113	119	124	128	132	136	137	213	273	278	257	193	183				
88	96	103	110	116	121	126	130	133	135	234	292	277	233	197	168				
83	91	98	106	112	118	123	127	132	132	264	319	286	219	197	146				
77	86	94	102	109	115	121	126	129	130	290	348	306	207	155	122				
71	80	89	98	106	112	118	124	126	128	320	428	327	195	130	110				
65	75	85	94	102	109	116	121	124	125	388	590	410	219	109	103				
59	70	80	90	99	106	113	118	121	122	413	612	495	265	103	95				
53	64	75	85	95	103	110	116	119	120	483	850	659	326	97	85				

Fig.6-3 Interfața grafică a programului "Verific".

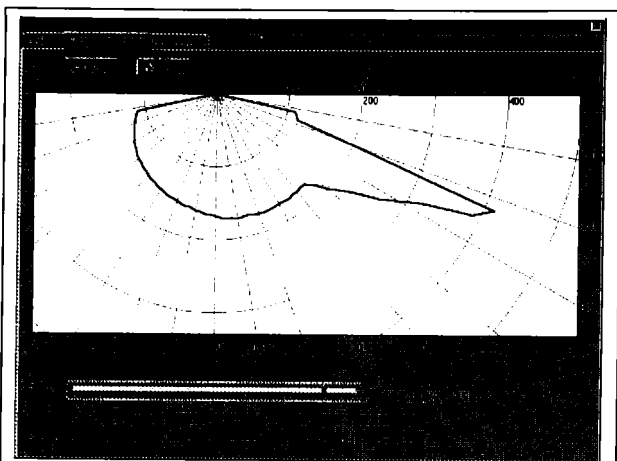


Fig. 6.4. Predeterminarea curbelor de distribuție a intensității luminoase cu programul "Verific" realizat pentru Windows95.

C și  $\gamma$ . Rezultă fișierul `cdilx.dat`. Programul nu este inclus în mediul AutoCAD și se apelează din mediul DOS, deoarece durata de calcul este relativ mare (zeci de minute). Datele obținute se pot prelucra în continuare cu programul `INRX.PAS`, rezultând fișierul `inrx.dat`, compatibil cu fișierele tipul `inrXXX`.

În funcție de scopul urmărit, se poate utiliza

programul `VERILUND.PAS` pentru a obține distribuția spațială a intensității luminoase în direcția unor puncte echidistante pe șosea (rezultă fișierul `clung.dat`).

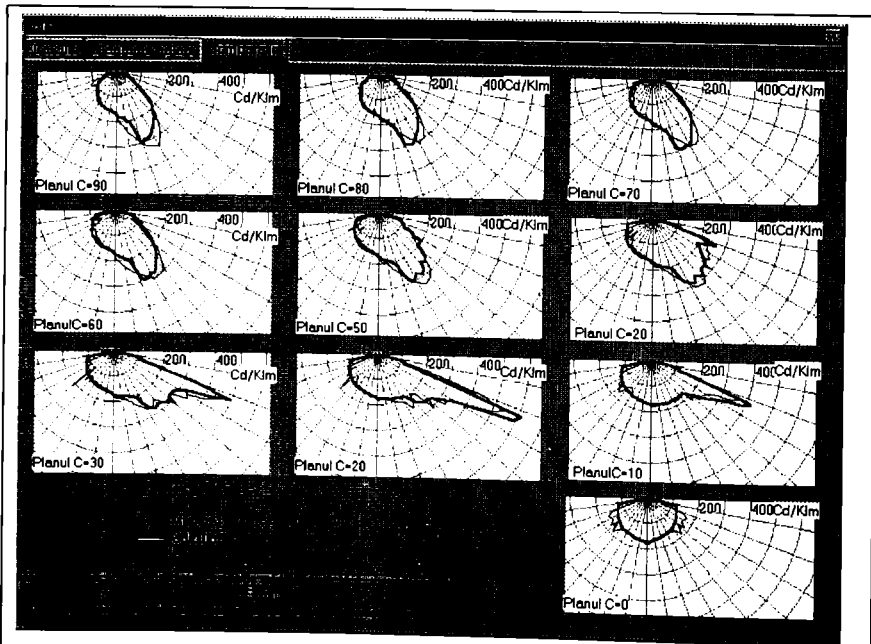


Fig. 6-5. Utilizarea programului "Verific" pentru compararea rezultatelor teoretice cu cele experimentale.

Varianta pentru sistemul de operare Windows95 are interfața grafică prezentată în figurile 6-3, 6-4, 6-5. Se introduce poziția sursei de lumină în raport cu originea sistemului de coordonate și se obține tabelar și grafic distribuția spațială a intensității luminoase. De asemenea, există posibilitatea de citire a fișierelor cu datele măsurate și reprezentarea grafică, comparativă, în coordonate polare a intensităților luminoase experimentale și teoretice (Fig. 6-5).

## **J. PROGRAMUL RAY1**

Utilitate

- Desenează traseul razelor de lumină reflectate de orice contur plan de reflector.

Date de intrare:

- Desenul (în AutoCAD) a conturului reflectorului, la scară , obținut cu oricare din programele anterioare

Date de ieșire

- Diagrama razelor de lumină reflectate, cu evidențierea locului geometric al intersecției acestora ("caustica").

## **K. PROGRAMUL POL**

Utilitate:

- Prelucrarea rezultatelor teoretice sau experimentale prin construirea curbelor polare în plane C succesive, cu pasul de 10 grade.

Date de intrare:

- Un fișier cu valorile spațiale ale intensității luminoase în funcție de unghiurile C- $\gamma$

Date de ieșire:

- Diagramele polare ale intensității luminoase pentru un corp de iluminat.

## **L. PROGRAMUL DIA**

Utilitate:

- Desenează suprafața șoselei și plasează pe aceasta valorile intensităților luminoase ale corpului de iluminat (în direcția diverselor puncte).

Date de intrare:

- Un fișier cu valorile spațiale ale intensității luminoase în funcție de unghiurile C- $\gamma$

Date de ieșire:

- Desenul suprafeței șoselei pe care se plasează în punctele corespunzătoare valorile intensității luminoase.

### **M. PROGRAMUL ISODIA**

Utilitate:

- Desenează în spațiul tridimensional suprafața șoselei și curbele intensității luminoase (pe direcția  $z$ ).

Date de intrare:

- Un fișier cu valorile spațiale ale intensității luminoase în funcție de unghiurile  $C-\gamma$ .

Date de ieșire:

- Desenul suprafeței șoselei și curbele în spațiu corespunzătoare valorile intensității luminoase. Datele se pot prelucra în continuare cu programul SECTUNE.Isp pentru obținerea curbelor de nivel.

### **N. PROGRAMUL IDEAL.PAS.**

Utilitate:

- Calculează distribuția spațială a intensității luminoase pentru un corp de iluminat rutier cu condiția obținerii unor luminanțe uniforme pe suprafața șoselei.

Date de intrare:

- Dimensiunile geometrice ale instalației de iluminat (distanța între CIL, lățimea șoselei, înălțimea de montaj).

- Tabelul sub formă de fișier cu coeficienții de luminanță reduși, corespunzători unui anumit tip de suprafață a șoselei.

- Incrementul pentru unghiurile  $C-\gamma$ .

Date de ieșire:

- Un fișier ideal.dat cu tabelul intensităților luminoase în funcție de unghiurile  $C-\gamma$ .

### **O. PROGRAMUL INRXIDEA.PAS**

Programul transformă fișierul ideal.dat (creat cu programul IDEAL.PAS) într-un fișier inrxidea.dat, compatibil cu fișierele inrXXX și prelucrabil cu programele POL, DIA. Intensitățile luminoase sunt recalulate în vederea obținerii valorii de 200cd în axa corpului de iluminat.

#### **P. PROGRAMUL IDEALL.PAS.**

Acest program este o variantă a programului IDEAL.PAS, cu deosebirea că se obține intensitatea luminoasă corespunzătoare unor puncte de pe șosea. Aceste puncte sunt situate la distanțe alese atât pe direcția axei șoselei cât și pe direcția transversală.

#### **Q. PROGRAMUL R3.PAS ȘI R3INIT.PAS**

Programul R3INIT.PAS crează tabelul standard al Comisiei Internaționale de Iluminat, cu coeficienții de luminanță reduși în funcție de  $\beta$  și tgy (fișierul r3init.dat). Programul R3.PAS recalculează acești coeficienți pentru coordonate rectangulare corespunzătoare suprafeței utile, rezultând fișierul rr3.dat. Ambele programe utilizează ca date de intrare fișierele inițiale rtab1, rtab2, rtab3, rtab4, în funcție de tipul suprafeței șoselei.

#### **R. PROGRAMUL PREG.PAS**

Acesta este un program de prelucrare a datelor și extrage din fișierele specializate de tipul inrXXX doar partea tabelară cu distribuția intensității luminoase a corpului de iluminat. Fișierele obținute se pot prelucra ulterior cu programele DIA.lsp, POL.lsp, ISODIA.lsp.

#### **S. PROGRAMUL INTROD.PAS**

Măsurarea intensităților luminoase în laboratorul fotometric se face indirect, prin măsurarea iluminărilor la o anumită distanță și cu o sursă de lumină cu fluxul luminos cunoscut, dar altul decât 1000lm. Programul INTROD.PAS permite introducerea iluminărilor măsurate în laborator și calcularea automată a intensităților luminoase raportate la 1000lm, prin prelucrarea fișierelor de tipul inrXXX.

## 6.2 APLICATII ȘI REZULTATE EXPERIMENTALE.

S-a avut în vedere realizarea unui reflector performant care să echipeze corpul de iluminat stradal PVB-01 (și ulterior PVS-12B), prevăzut cu sursă de lumină de 250W cu descărcări în vapori de sodiu la presiune ridicată. Aceste surse de lumină au o eficacitate luminoasă ce depășește 120 lm/W, ceea ce explică utilizarea lor tot mai frecventă în ultimul timp.

La stabilirea profilului reflectorului au existat restricții privind încadrarea într-un gabarit limitat de construcția actuală a ramei, carcasei și dispersorului, deja existente la corpul de iluminat amintit.

Având ca bază partea teoretică dezvoltată de autor în capitolele precedente, s-au aplicat programele GEN1 și GEN1\_LIN (Anexa1) cu parametrii de intrare de mai jos. Originea axelor de coordonate se consideră în "focarul" reflectorului, un punct care nu trebuie neapărat să fie și centrul sursei de lumină.

a) Pentru zonele de pe reflector (Fig. 6- 6) cu  $x < 0$  și  $y > 0$  se aplică programul GEN1 cu următorii parametrii:  $r_o=114$ ,  $i_{\beta_{max}}=45$ ,  $B_{min}=90$ ,  $B_{max}=0$ ,  $B_{1min}=62$ ,  $B_{1max}=-62$ ,  $i_{\beta_{max}}=35$ ,  $\beta_{min}=180$ ,  $\beta_{max}=110$ . Se obțin fișierele de date r31p.dat, r31.dat și r31v.dat.

b) Pentru zonele de pe reflector cu  $x < 0$  și  $y < 0$  se aplică programul GEN1 cu următorii parametrii:  $r_o=114$ ,  $i_{\beta_{max}}=45$ ,  $B_{min}=90$ ,  $B_{max}=0$ ,  $B_{1min}=62$ ,  $B_{1max}=-62$ ,  $i_{\beta_{max}}=40$ ,  $\beta_{min}=-180$ ,  $\beta_{max}=-100$ . Se obțin fișierele de date r32p.dat, r32.dat și r32v.dat.

c) Pentru zonele de pe reflector cu  $x > 0$  și  $y > 0$  se aplică programul GEN1LIN cu următorii parametrii:  $r_o=114$ ,  $i_{\beta_{max}}=15$ ,  $B_{min}=90$ ,  $B_{max}=120$ ,  $B_{1min}=62$ ,  $B_{1max}=68$ ,  $i_{\beta_{max}}=35$ ,  $\beta_{min}=180$ ,  $\beta_{max}=110$ . Se obțin fișierele de date r33p.dat, r33.dat și r33v.dat.

d) Pentru zonele de pe reflector cu  $x > 0$  și  $y < 0$  se aplică programul GEN1LIN cu următorii parametrii:  $r_o=114$ ,  $i_{\beta_{max}}=15$ ,  $B_{min}=-90$ ,  $B_{max}=-60$ ,  $B_{1min}=62$ ,  $B_{1max}=68$ ,  $i_{\beta_{max}}=40$ ,  $\beta_{min}=0$ ,  $\beta_{max}=-80$ . Se obțin fișierele de date r34p.dat, r34.dat și r34v.dat.

Raza vectorială inițial  $r_o=114$  este plasată pe axa Oz și valoarea acesteia a fost stabilită prin rularea repetată a programelor, astfel încât gabaritul reflectorului să se încadreze în spațiul disponibil. De asemenea, construcția fizică a reflectorului se va întrerupe în planul  $x=40$ . Această valoare se impune datorită diametrului duliei care nu trebuie să depășească marginea reflectorului.

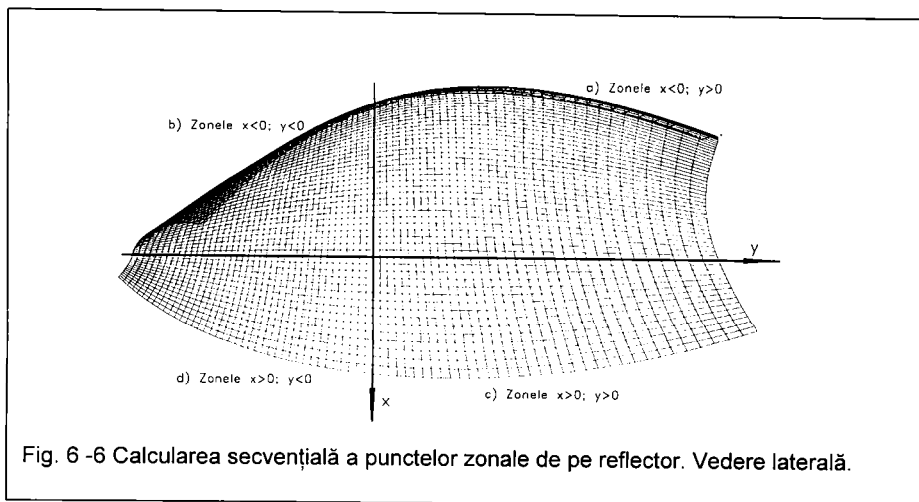


Fig. 6-6 Calcularea secvențială a punctelor zonale de pe reflector. Vedere laterală.

După cum s-a arătat în capitolul 4, unghiurile  $B$  și  $\beta$  sunt măsurate pe reflector. Limitele pentru unghiul  $B$  între  $90$  și  $0$  grade, de la punctele a) și b) semnifică dezvoltarea reflectorului între planul orizontal  $B_{\min}=90$  și planul vertical  $B_{\max}=0$ . La punctele c) și d) construcția reflectorului continuă de la planul orizontal până la  $30$  grade sub acesta. Această valoare este acoperitoare, având în vedere limitarea ulterioară la  $x=40$ . Constantele  $i_{B_{\max}}$  semnifică numărul de plane  $B$  cu care se secționează reflectorul. Din datele prezentate rezultă un pas de  $2$  grade atât pentru unghiul  $B$  cât și pentru unghiul  $\beta$ .

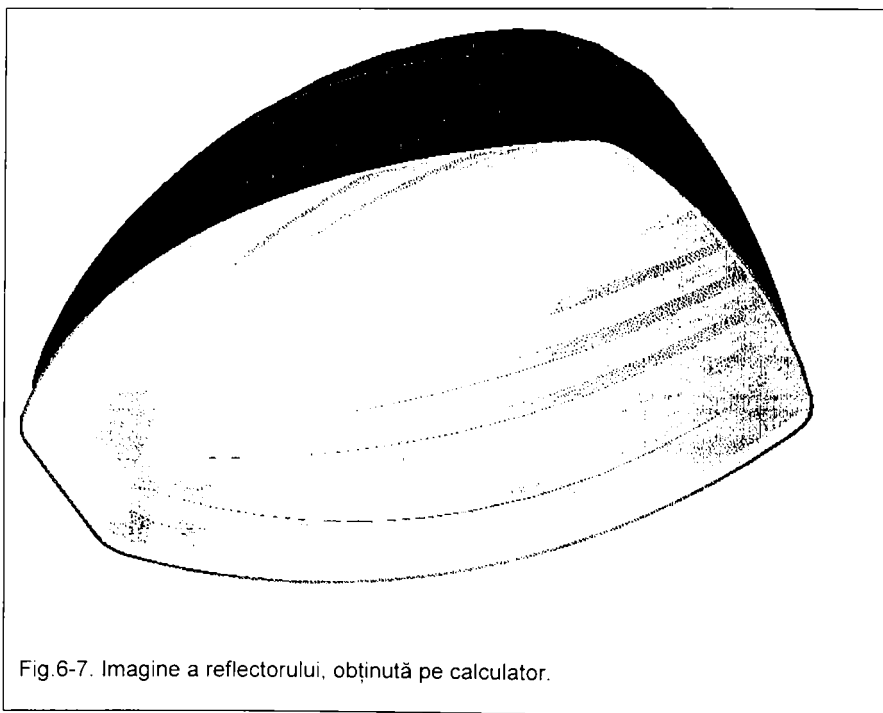
Semispațiul  $y<0$  este orientat spre dulia sursei de lumină, cazurile b) și d). În aceste unghiurile  $\beta$  sunt negative și se întind pe un domeniu unghiular de  $80$  grade, valoare acoperitoare și în acest caz datorită decupării care se va practica în reflector pentru montarea duliei. Din motive de gabarit, reflectorul va fi limitat și în semispațiul  $y>0$ , astfel încât domeniul ales pentru unghiurile  $\beta$  va fi de  $70$  grade.

Unghiurile  $B_1$  se referă la direcțiile din spațiu în care va fi reorientată lumina. În cazurile a) și b) se utilizează programul GEN1 cu care urmează să se obțină o iluminare constantă până la unghiul  $B_1=62$  grade, în condițiile în care razele de lumină reflectate ocolesc sursa pentru a evita supraîncălzirea acesteia care ar conduce la o scurtare a duratei de viață.

Având în vedere riscurile trecerii direct la fabricația de serie a unui astfel de reflector, în premieră, s-a considerat ca este prudent ca proiectarea să se facă pentru o distanță între stâlpi de montaj a corpurilor de iluminat de  $30m$ , urmând ca după primele încercări ale sculelor și în funcție de rezultatele inițiale să se treacă la creșterea performanțelor. Acesta

a fost criteriul de alegere a unghiurilor B1 de  $62^\circ$  și  $68^\circ$ , ca parametrii de intrare pentru calculul suprafeței reflectorizante.

Profilul obținut prin calcul (Fig. 6-8, 6-9, 6-10) a fost verificat într-o primă fază cu programul RAY, cu care s-au obținut Fig. 6-11, Fig. 6-12 din care se vede modul în care razele de lumină reflectate ocolesc sursa de lumină. Sunt prezentate de asemenea efectele deplasării din focar a sursei de lumină precum și influența razelor de racordare (tehnologice, în faza de ambutisare), asupra direcției razelor de lumină reflectate.





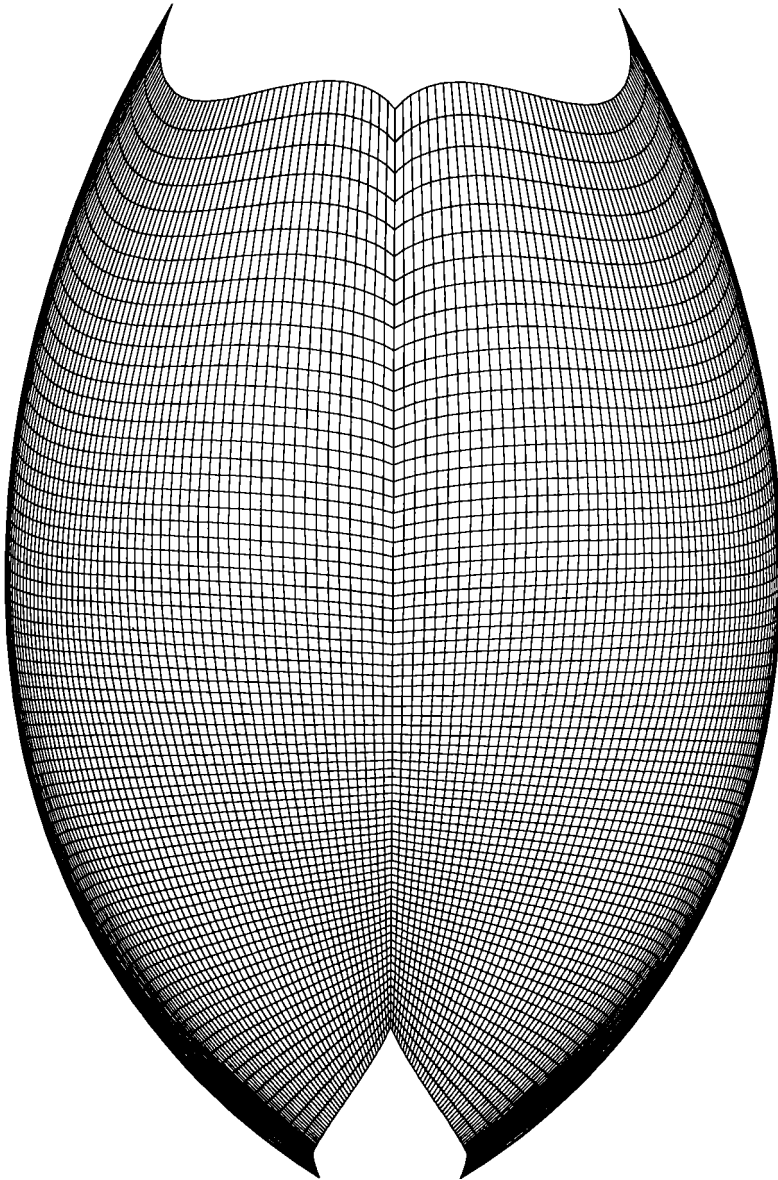
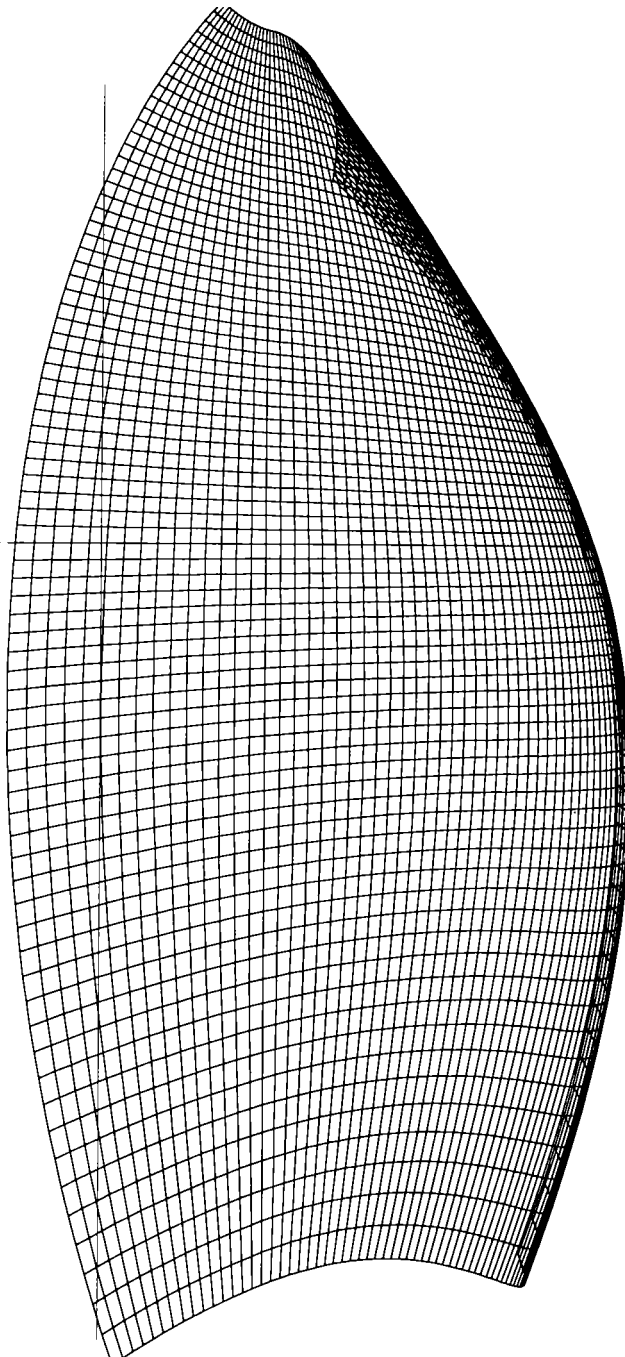


Fig. 6-8. Vedere de jos a suprafeței reflectorizante calculată prin puncte.

Fig. 6-9. Vedere laterală a suprafeței calculate, cu evidențierea planului de limitare a reflectorului.



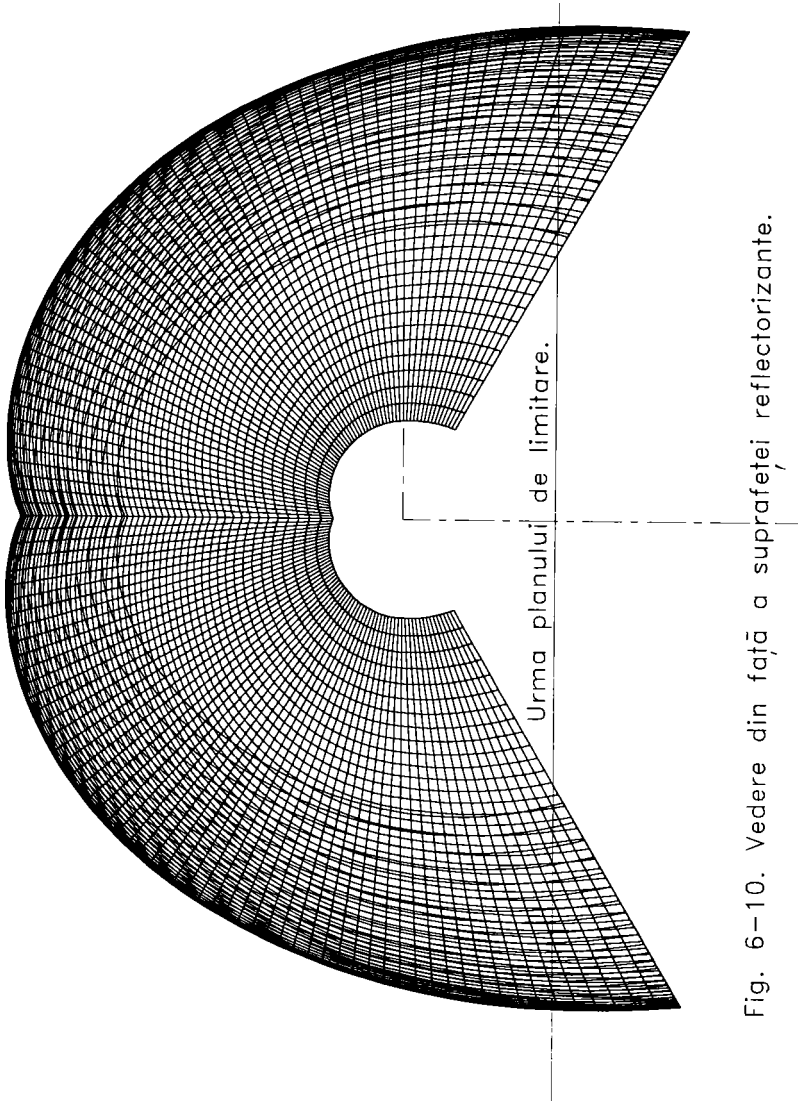


Fig. 6-10. Vedere din față a suprafeței reflectorizante.

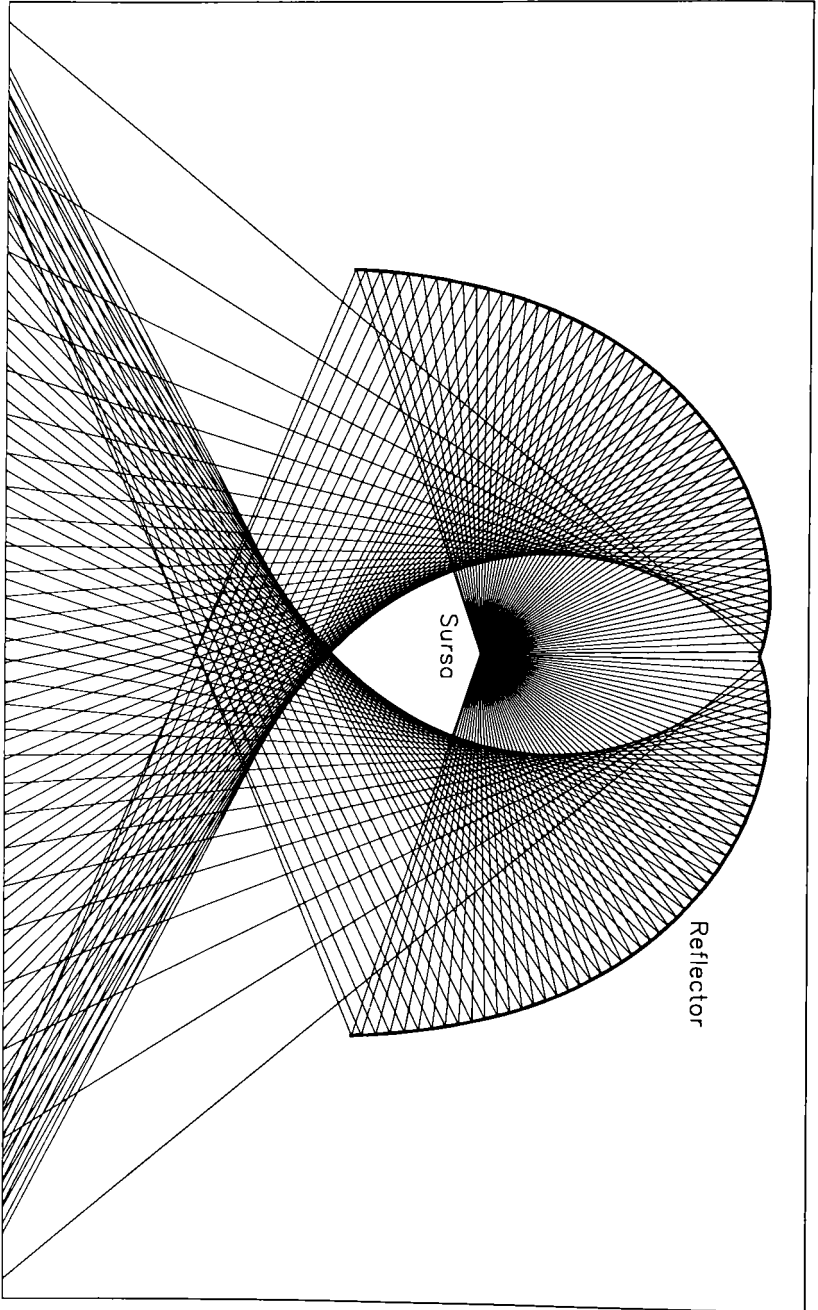


Fig. 6-11. Reprezentarea automată a razelor de lumină reflectate obținută cu programul RAY1.

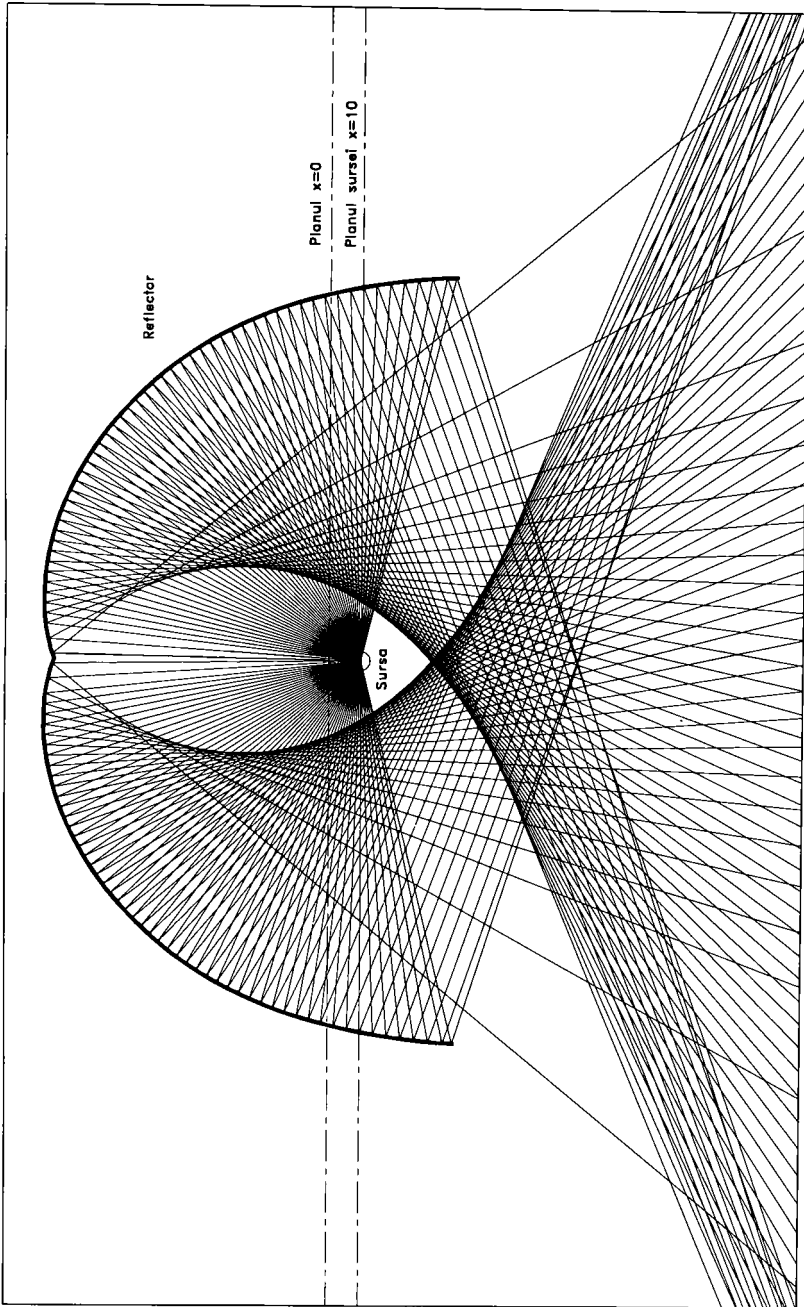


Fig. 6-12. Efectul deplasării sursei de lumină cu 10mm față de originea sistemului de coordonate. Pentru desenaarea direcției razelor reflectate se utilizează programul RAY1.

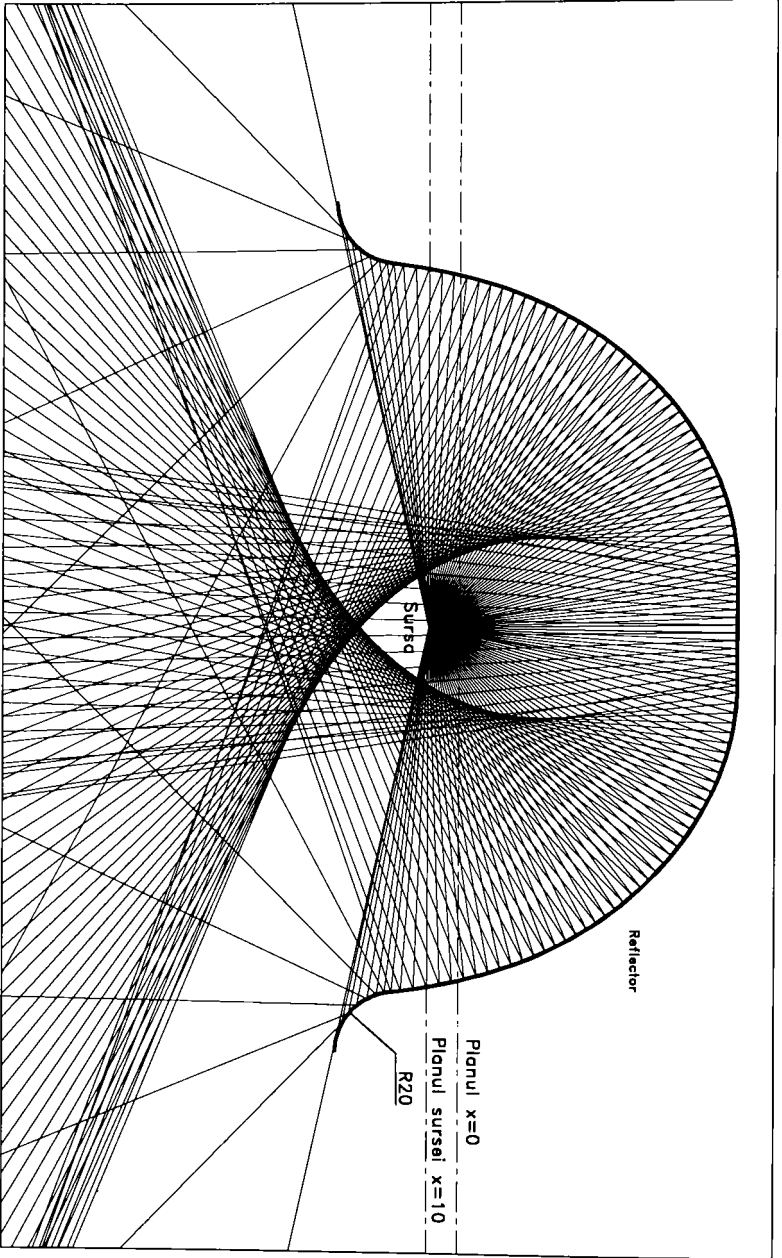


Fig. 6-13. Efectul asupra reorientării razelor de lumină a rotunjirii marginilor reflectorului ( $R=20$ ) și aplatizării fundului reflectorului la variantele preliminare.



Realizarea formei spațiale a reflectorului este practic imposibilă în condiții de prototip. În această situație, coordonatele tridimensionale ale punctelor de pe reflector rezultate din calcule au fost transmise unei mașini cu comandă numerică în vederea realizării sculelor de ambutisare, din tablă de aluminiu. Procesul tehnologic presupune cel puțin o ambutisare și o calibrare finală. Măsurările experimentale au fost făcute pe reflectoare care au parcurs prima etapă, cea de ambutisare. În aceste reflectoare au fost practicate decupările pentru dulie și pentru montarea pe rama corpului de iluminat PVB-01.

### **6.3 COMPARAREA REZULTATELOR TEORETICE CU CELE EXPERIMENTALE.**

Prima etapă în realizarea practică a reflectorului a reprezentat-o confecționarea matriței de ambutisare, la o formă apropiată de cea calculată, cu raze de racordare mari pentru a evita fisurarea tablei de aluminiu. Evident, s-a pus întrebarea dacă pe reflectoarele “aproximative” care se obțin se pot face experimente care pe de-o parte să justifice în fața administrației ELBA continuarea proiectului de execuție cu cheltuieli foarte mari pentru confecționarea matriței de calibrare, iar pe de altă parte, obținerea unor informații preliminare și aplicarea unor eventuale corecții care să conducă în final la un reflector competitiv.

Rezultatele prezentate în continuare se referă la variante constructive care diferă prin natura suprafeței reflectorizante, poziția decupării pentru dulie, forma sursei de lumină cu descărcare în vapori de sodiu, deplasarea sursei de lumină din originea sistemului de coordonate.

Diagramele polare sunt desenate în plane verticale, definite de unghiul “C” și reprezintă distribuția intensității luminoase [ $\text{cd}/1000\text{lm}$ ] în funcție de unghiul  $\gamma$ , a cărei origine coincide cu axa verticală a corpului de iluminat.

### 6.3.1 Variante preliminară.

Prelucrarea datelor obținute prin măsurări fotometrice în Laboratorul Fotometric al S.C. ELBA include următoarele faze:

- Obținerea fișierelor de date cu distribuția spațială a intensității luminoase ( $\text{cd}/1000\text{lm}$ ) în sistemul de coordonate C- $\gamma$ . În acest scop s-au utilizat programele INTROD.PAS, PREG.PAS. Datele astfel prelucrate sunt prezentate tabelar.
- Realizarea graficelor cu diagramele polare ale intensității luminoase, pentru 10 valori ale planului C, cu programul POL.
- Calculul și reprezentarea grafică a factorilor de utilizare a corpului de iluminat în funcție de unghiurile A (sistemul de coordonate A - $\alpha$  ). Calculele s-au făcut cu un program specializat realizat la SC ELBA SA.
- Calculul luminanțelor punctuale (tabelar), luminanțelor medii, uniformității generale și longitudinale, pentru instalații concrete de iluminat. Pentru aceste calcule s-au folosit programe specializate (CALCULUX-Philips, ELBA) care au la bază exemplul de program (în detaliu) inclus în Publicația CEI-32.
- Prezentarea sub formă grafică pentru variantele de reflectoare realizate, a variației parametrilor luminotehnici în funcție de intervalele de amplasare a corpurilor de iluminat pe șosea.

a) Varianta PVB01-1x250 AA se caracterizează prin:

-Suprafață reflectorizantă obținută prin oxidarea chimică a tablei de aluminiu cu puritatea 99.95%.

-Sursa de lumină tubulară , de 250W, cu balon transparent.

-Sursa de lumină este plasată în punctul de coordonate (5,0,0).

-Decuparea pentru dulie s-a realizat înspre stâlpul de susținere a corpului de iluminat.

b) Varianta PVB01-1x250 AB este similară cu varianta PVB01-1x250 AA. Diferențele care apar caracterizează o posibilă producție de serie, la care apar abateri îndeosebi datorită toleranțelor admise în execuția surselor de lumină (poziția sursei după înșurubarea în dulie). Se menționează faptul că pentru măsurări s-au folosit surse de lumină



TESLA realizate în conformitate cu ultimele amendamente ale Comisiei Electrotehnice Internaționale.

c) Varianta PVB01-1x250 AC:

-Are suprafața realizată prin depunerea în vid a unui strat de aluminiu de înaltă puritate (Al 99,99).

-Pentru măsurări fotometrice s-a folosit o sursă de lumină cu vapori de sodiu cu balon elipsoidal.

-Decuparea pentru dulia becului este plasată înspre partea opusă a șoselei.

-Sursa de lumină este plasată în punctul de coordonate  $(-5, 10, 0)$ .

d) Varianta PVB01-1x250 AD:

-Suprafață reflectorizantă realizată prin aluminizare (ca la varianta AC).

-Sursă de lumină cu vapori de sodiu tubulară.

-Decuparea pentru dulia înspre șosea.

-Sursa de lumină cu descărcare în vapori de sodiu plasată în punctul de coordonate  $(7, 10, 0)$ .

e) Varianta PVB01-1x250 AE:

-Reflector din Al 99.95 eloxat.

-Decuparea pentru dulia înspre stâlpul de susținere a corpului de iluminat.

-Centrul sursei de lumină poziționat în punctul de coordonate  $(0, 10, 0)$ .

-Bandă suplimentară de Al cu lățimea de 40mm, la marginea reflectorului, pentru accentuarea reflexiei la distanțe mari.

f) Varianta PVB01-1x250 AF:

-Reflector din Al 99.95 eloxat.

-Decuparea pentru dulia înspre stâlpul de susținere a corpului de iluminat.

-Centrul sursei de lumină poziționat în punctul de coordonate  $(7, 5, 0)$ .

-Bandă suplimentară de Al cu lățimea de 40mm, la marginea reflectorului, pentru accentuarea reflexiei la distanțe mari.

g) Varianta PVB01-1x250 AG:

-Reflector din Al 99.95 eloxat.

-Decuparea pentru dulia înspre stâlpul de susținere a corpului de iluminat.

-Centrul sursei de lumină poziționat în punctul de coordonate  $(7, 5, 0)$ .

-Bandă suplimentară de Al cu lățimea de 40mm, la marginea reflectorului, pentru accentuarea reflexiei la distanțe mari.

Diferențele care apar față de varianta PVB01-1x250 AF sunt posibile datorită unor abateri dimensionale ale sursei și reflectorului la o fabricație de serie.

h) Varianta PVB-01-1x250 AH:

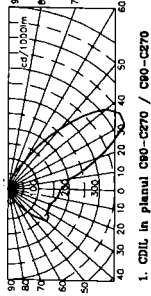
- Reflector din Al 99,95 cu suprafața realizată prin depunerea electrostatică de pulberi poliesterice de culoare albă (factor de reflexie 0,92, preponderent difuz).

-Decuparea pentru dulie este plasată înspre stâlpul de susținere.

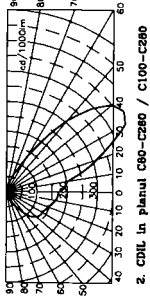
-Centrul sursei de lumină poziționat în punctul (7,5,0).

Evaluarea rezultatelor obținute se face în funcție de scopul propus: acoperirea unei suprafețe cât mai întinse de șosea cu luminașe ridicate, distribuite uniform, în concordanță cu normativele Comisiei Internaționale de Iluminat. În același timp se are în vedere un

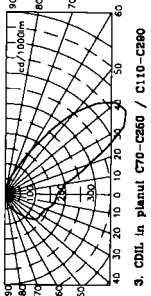
consum specific de energie electrică ( $\frac{W}{m^2 \text{ stradă}}$ ) cât mai redus.



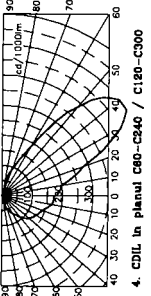
1. CDIL in planul C90-C270 / C90-C270



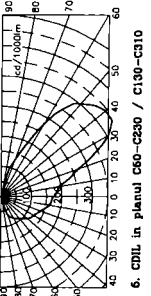
2. CDIL in planul C90-C280 / C100-C280



3. CDIL in planul C70-C260 / C110-C260

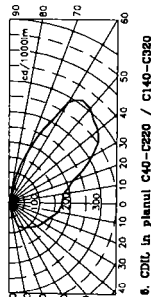


4. CDIL in planul C60-C240 / C120-C240

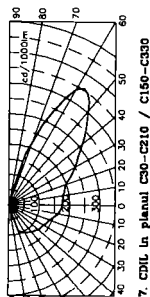


5. CDIL in planul C10-C180 / C170-C350

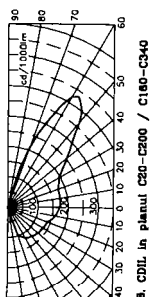
Fig. 6-14 Varianta preliminară : PVB01AA 1X250



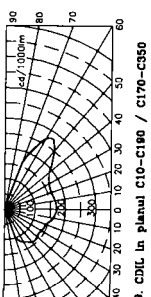
6. CDIL in planul C40-C220 / C140-C320



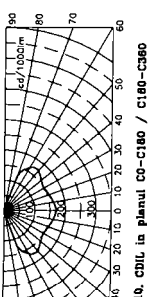
7. CDIL in planul C30-C210 / C150-C330



8. CDIL in planul C20-C200 / C160-C340



9. CDIL in planul C10-C190 / C170-C350



10. CDIL in planul C0-C180 / C180-C360

Fig. 6-15. Varianta preliminară: PVB01AB 1X250

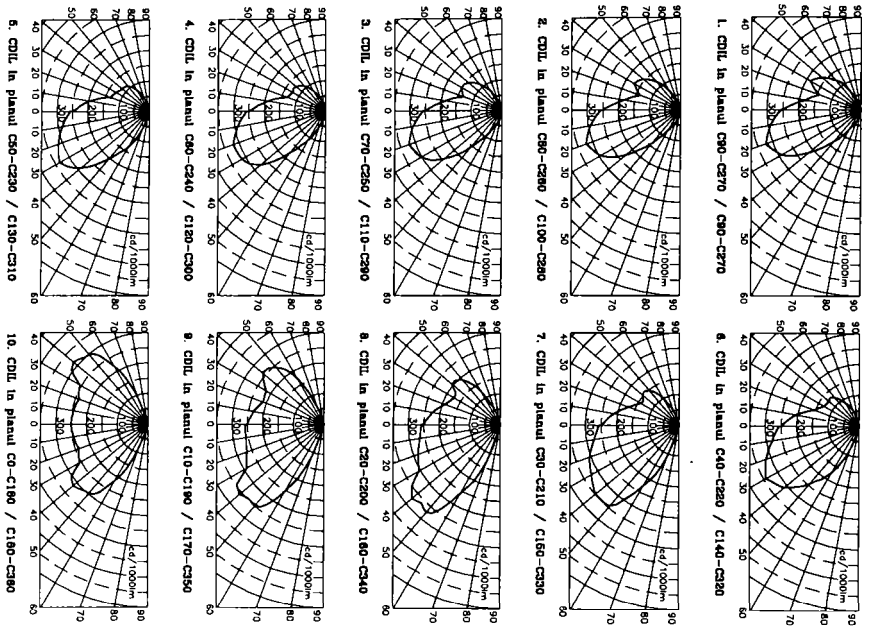


Fig. 6-16. Varianta preliminară: PVB01AC 1X250

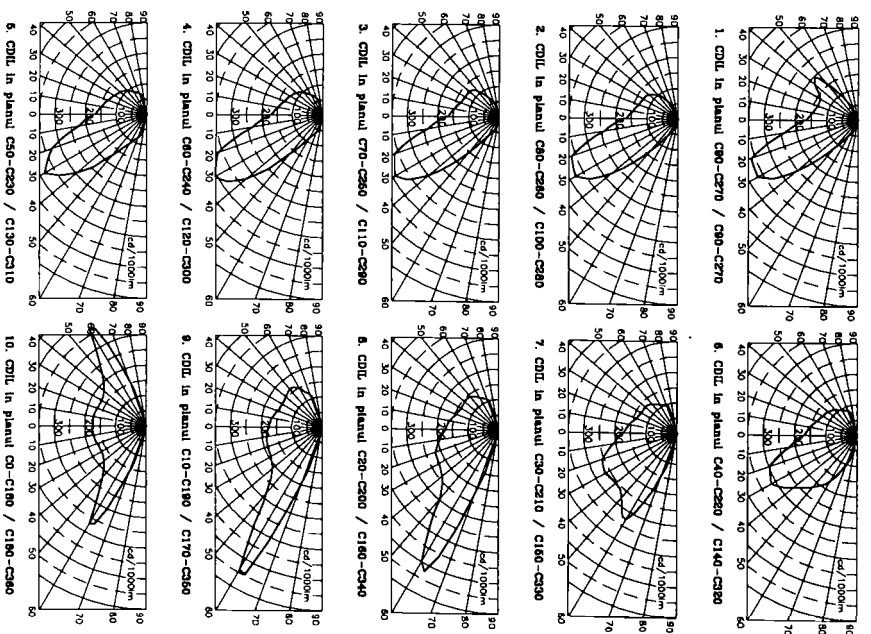


Fig. 6-17. Varianta: PVB01AE 1X250

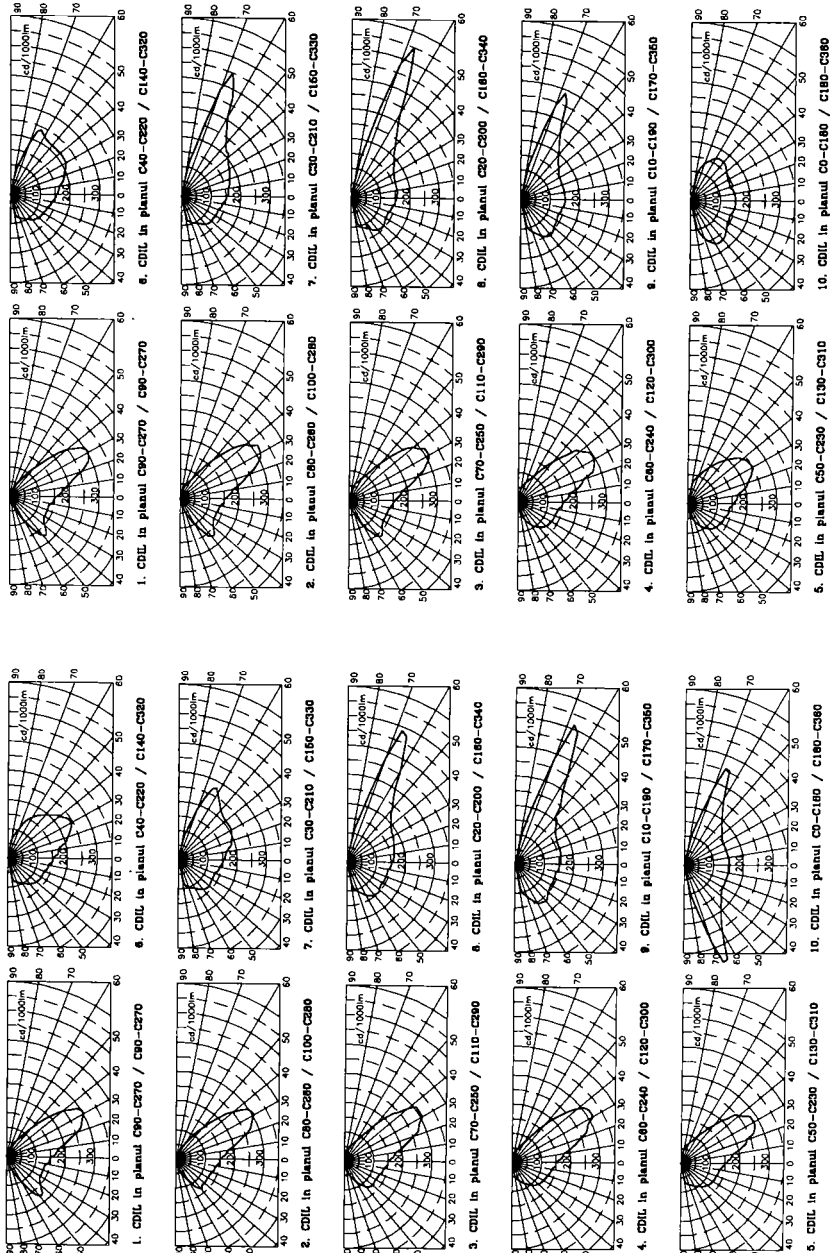


Fig. 6-18. Varianta preliminară: PVB01AF 1X250

Fig. 6-19. Varianta preliminară: PVB01AC 1X250

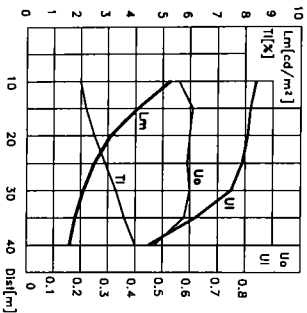


Fig. 6-20. Performanțele instalatiei de iluminat pentru varianta de reflector PV8-01AA.

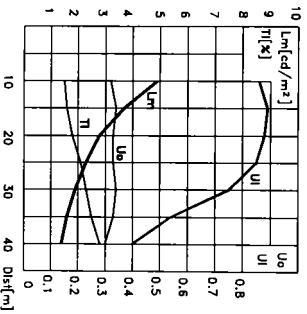


Fig. 6-22. Performanțele instalatiei de iluminat pentru varianta de reflector PV8-01AC.

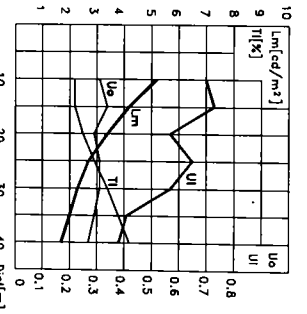


Fig. 6-24. Performanțele instalatiei de iluminat pentru varianta de reflector PV8-01AE.

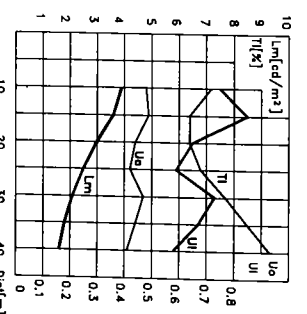


Fig. 6-26. Performanțele instalatiei de iluminat pentru varianta de reflector PV8-01AG.

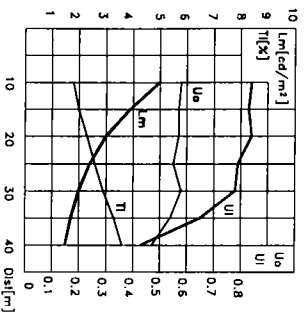


Fig. 6-21. Performanțele instalatiei de iluminat pentru varianta de reflector PV8-01AB.

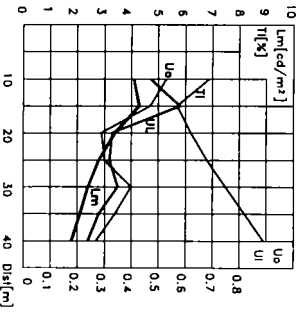


Fig. 6-23. Performanțele instalatiei de iluminat pentru varianta de reflector PV8-01AD.

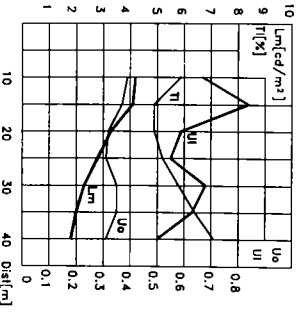


Fig. 6-25. Performanțele instalatiei de iluminat pentru varianta de reflector PV8-01AF.

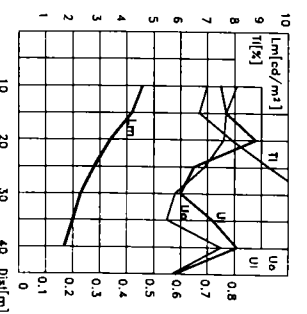


Fig. 6-27. Performanțele instalatiei de iluminat pentru varianta IDAL.

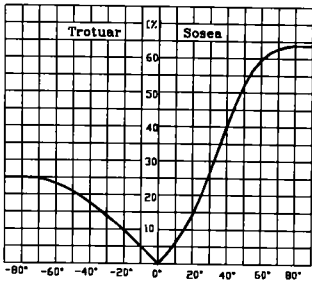


Fig.6-28. Diagrama factorilor de utilizare pentru CIL varianta PVB-01AA 1x250

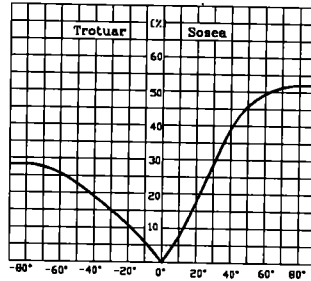


Fig.6-32. Diagrama factorilor de utilizare pentru CIL varianta PVB-01AE 1x250

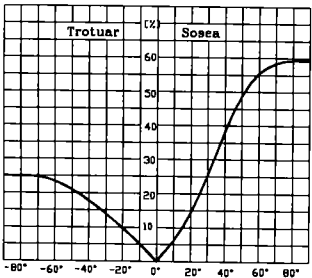


Fig.6-29. Diagrama factorilor de utilizare pentru CIL varianta PVB-01AB 1x250

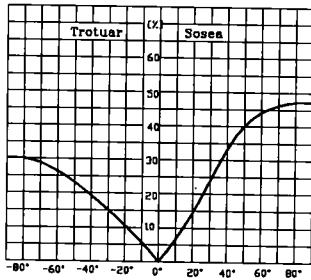


Fig.6-33. Diagrama factorilor de utilizare pentru CIL varianta PVB-01AF 1x250

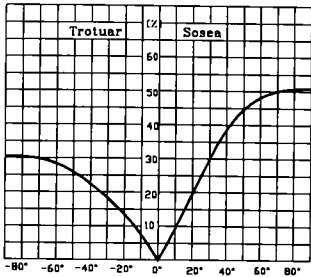


Fig.6-30. Diagrama factorilor de utilizare pentru CIL varianta PVB-01AC 1x250

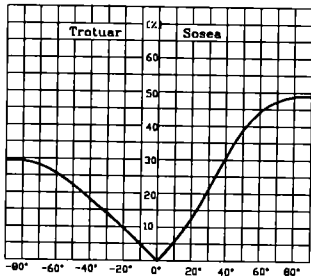


Fig.6-34. Diagrama factorilor de utilizare pentru CIL varianta PVB-01AD 1x250

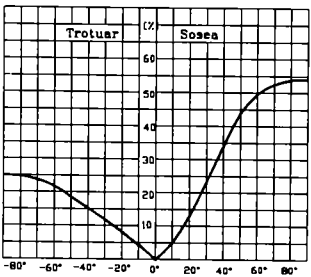


Fig.6-31. Diagrama factorilor de utilizare pentru CIL varianta PVB-01AD 1x250

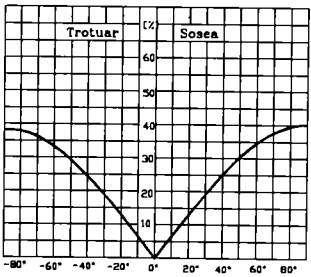


Fig.6-35. Diagrama factorilor de utilizare pentru varianta PVB-01AH 1x250

Din analiza comparativă a rezultatelor preliminare prezentate în Fig.6-14...6-19 se observă următoarele:

- Distribuția ideală a intensității luminoase presupune că întregul flux luminos care parăsește corpul de iluminat este orientat spre suprafața șoselei. Din analiza graficelor cu factorii de utilizare (Fig.6-28...6-35) rezultă că la variantele PVB-01 AA și PVB-01 AB se obțin rezultatele cele mai bune. Raportul de 2,5:1 între fluxul orientat spre șosea și fluxul orientat spre trotuar, la amplasarea orizontală a corpului de iluminat, este deosebit de favorabil, în comparație cu realizările altor firme (Philips, Siemens) sau cu produsele din fabricația actuală a SC ELBA SA (la care acest raport este în jur de 1:1).
- Din analiza graficelor cu parametrii luminotehnici (Fig.6-20...6-27), calculați pentru o stradă cu lățimea de 10m, cu două benzi de circulație și corpurile de iluminat montate unilateral la o înălțime de 10m, rezultă că variantele de reflectoare ale căror suprafețe au și o componentă difuză dispun de o aplicabilitate mai largă (se pot utiliza pentru diferite distanțe între stâlpi). Reflectoarele la care componenta difuză a factorului de reflexie este redusă furnizează uniformități mai bune ale luminanțelor pe șosea doar la anumite dispuneri geometrice în sistemul de iluminat (variantele PVB-01 AD, PVB-01 AE, PVB-01 AF, PVB-01 AG). Același lucru se poate vedea și pentru distribuția ideală a intensității luminoase, calculată în anumite condiții concrete ale instalației de iluminat. Scopul practic al reflectorului pentru corpul de iluminat PVB-01 este de a acoperi un domeniu de utilizare cât mai larg. Concluziile de mai sus sunt în concordanță cu dorința fabricantului de a utiliza pentru reflectoare tabla de aluminiu ambutisat și lustruită chimic (variantele PVB-01 AA și PVB-01 AB).
- Variația luminanței medii, pentru reflectorul realizat, în funcție de distanța între corpurile de iluminat, este foarte apropiată de varianta teoretică.
- Uniformitățile longitudinale  $U_l$  și generale  $U_o$  pentru varianta teoretică prezintă maxime pentru intervalele de 40m și 20m între corpurile de iluminat. Aceasta se explică prin condiția de calcul a distribuției intensității luminoase ideale corespunzătoare unei distanțe de 40m între corpurile de iluminat.
- Pentru reflectorul realizat se observă aceeași tendință a uniformităților luminanțelor, de a prezenta maxime pentru intervalele de 40m și 20m.



- Uniformitățile generale  $U_0$ , sunt mai reduse decât cele teoretice dar valorile acestora sunt constante și acceptate în intervalele uzuale de montaj a stalpilor pentru corpurile de iluminat.

### 6.3.2 Variante finale.

În urma analizei variantelor preliminare, favorabile continuării pregătirii de fabricație a reflectorului, autorul acestei teze a concluzionat că se pot aduce îmbunătățiri în sensul unei mai mici dependențe a parametrilor luminotehnici în funcție de modificarea distanțe dintre corpurile de iluminat. Prin aplicarea ecuației generale a reflectoarelor oglindate, doar un singur element de suprafață reorientează lumina înspre o direcție dată din spațiu. Orice abatere: de la poziționarea sursei până la geometria de amplasare a corpurilor de iluminat,

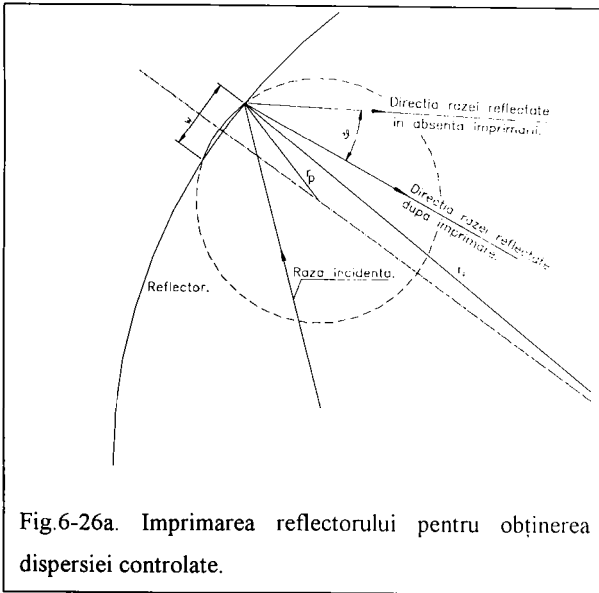


Fig.6-26a. Imprimarea reflectorului pentru obținerea dispersiei controlate.

cilindrice pe suprafața continuă de bază. Se deduce din Fig.6-26a ecuația generală care permite introducerea unei dispersii uniforme într-un reflector oglindat, sub forma de mai jos,

$$\frac{\vartheta}{2} = \arcsin \frac{w}{2r_p} + \arcsin \frac{w}{2r_f}$$

unde simbolurile au următoarea semnificație:

- ϑ -deschiderea unghiulară maximă față de direcția razei reflectate;

a ectează rezultatele scontate. Atenuarea acestor influențe se poate face prin introducerea unei dispersii controlate [53] materializată prin ușoare ondulații aplicate pe suprafața calculată a reflectorului.

Dispersia controlată produce disocirea unui fascicul de lumină reflectată, în limite unghiulare predeterminate. Aceasta se realizează prin imprimarea unor ușoare forme sferice sau

- w -pasul mediu al imprimării;
- $r_p$  -raza imprimării;
- $r_f$  -raza de curbură a suprafeței reflectorului în punctul imprimat;

În proiectare forme se stabilește pasul imprimării și unghiul de dispersie dorit, fiind cunoscută deja raza de curbură a profilului principal. Din ecuația de mai sus se obține raza necesară pentru imprimare:

$$r_p = \frac{l}{\sqrt{\left(\frac{2r_f}{w}\right)^2 - 1 \cdot \sin \frac{\theta}{2} \pm \cos \frac{\theta}{2}}}$$

Aplicarea undulațiilor (Fig.6-26b), în cazul concret al corpurilor de iluminat stradal destinate traficului rutier trebuie să țină seama de locul unde este reorientată lumina de către reflectorul calculat prin aplicarea ecuației generale dedusă de autorul acestei teze: pentru distanțe mai mari pe suprafața șoselei în raport cu poziția stâlpului de susținere, dispersia controlată va fi mai mică, în caz contrar se elimină efectul de nesimetrie pronunțată și cu valori scontate ale distribuției intensității luminoase.

Reflectorul realizat dispune de posibilitatea modificării poziției sursei de lumină în vederea unei cât mai bune adaptări la situațiile concrete care apar în exploatare.

Programul de simulare a funcționării corpurilor de iluminat, realizat pentru sistemul de operare Windows 95, a fost completat cu posibilitatea de citire a fișierelor cu intensitățile luminoase măsurate în laborator și reprezentarea grafică a acestora în coordonate polare. Pentru facilitarea comparației, pe același grafic sunt reprezentate atât curbele calculate cât și cele măsurate. În continuare sunt prezentate comparații grafice (Fig.6-38...6-45) și tabelare între rezultatele teoretice (Anexa 3) și experimentale (Anexa 4), pentru diferite situații de reglare a sursei de lumină în raport cu reflectorul.

Indicativele care apar în diagrame corespund cu cifrele de poziționare marcate pe suportul duliei: H semnifică poziția duliei în plan orizontal ( H-O – poziția extremă spre baza de fixare a CIL ) iar V se referă la poziția în plan vertical ( V-1 – poziția extremă spre dispersor). În raport cu sistemul de coordonate adoptat se identifică următoarele posibilități de reglaj:

- H-0/V-1 → x=22mm; y=-2.5mm
- H-0/V-4 → x=7 mm; y=-2.5 mm
- H-2.5/V-1 → x=22 mm; y=10 mm

- H-2.5/V-2.5 → x=14.5 mm; y=10 mm
- H-2.5/V-4 → x=7 mm; y=10 mm
- H-5/V-1 → x=22 mm; y=22.5 mm
- H-5/V-4 → x=7 mm; y=22.5 mm

Cele mai multe verificări experimentale (Tab.6-1) se referă la corpurile de iluminat complet echipate, deci cu dispersor, iar reflectorul montat în ansamblul specific producției de serie.

Tab.6-1. Identificarea variantelor prezentate.					
Poziția sursei	Rezultate obținute prin simulare pe calculator		Rezultate obținute prin măsurare în Laboratorul Fotometric ELBA		
	Cod	Locul prezentării	Cod	Locul prezentării	Observații
H-2,5/V-1	919	Tab.A3-1	019	Tab.A4-1	Reflectorul montat în CIL tip PVSB-01 complet echipat (inclusiv cu dispersor).
H-2,5/V-4	920	Tab.A3-2	020	Tab.A4-2	
H-0/V-1	921	Tab.A3-3	021	Tab.A4-3	
H-0/V-4	922	Tab.A3-4	022	Tab.A4-4;Fig.6-38	
H-5/V-1	923	Tab.A3-5	023	Tab.A4-5;Fig.6-39	
H-5/V-4	924	Tab.A3-6	024	Tab.A4-6;Fig.6-40	
H-5/V-1	926	Tab.A3-7	025	Tab.A4-7;Fig.6-41	CIL tip PVSB-12B, complet echipat.
			026	Tab.A4-8;Fig.6-41	Reflector montat în CIL tip PVSB-12, măsurat fără dispersor.
H-2,5/V-2,5	927	Tab.A3-8	027	Tab.A4-9;Fig.6-43	
H-2,5/V-4	928	Tab.A3-9	028	Tab.A4-10;Fig.6-44	
H-0/V-1	929	Tab.A3-10	029	Tab.A4-11;Fig.6-45	

Din analiza distribuției intensității luminoase spațiale (Fig.6-37...6-45) pentru reflectorul măsurat în comparație cu datele calculate rezultă următoarele:

- In general, datele obținute cu ajutorul programului de simulare sunt suficiente de apropiate de intensitățile luminoase măsurate, ceea ce confirmă corectitudinea transpunerii matematice a fenomenelor fizice și a ipotezelor care au stat la baza calculului.
- La variantele măsurate pe corpuri de iluminat (PVB-01,PVSB-12B) echipate cu dispersor se observă anumite diferențe între valorile calculate și cele măsurate în direcțiile în care lumina directă de la sursă sau cea reflectată străbate muchiile dispersorului. Influența acestor muchii nu a fost luată în considerare în programul de calcul, acesta referindu-se doar la reflector. O concluzie importantă o

reprezintă faptul că suprafața dispersorului trebuie să fie continuă, fără muchii, (chiar dacă sunt rotunjite), care afectează orientarea luminii dată de reflector. După cum rezultă din analiza datelor, aceste abateri nu afectează însă într-o măsură sesizabilă uniformitățile luminanțelor pe sosea.

- Deoarece reflectorul se limitează la un anumit gabarit (în lungime), prezența suprafeței tehnologice de închidere a formei reflectorului calculat este sesizată în plane apropiate de  $C=270^\circ$ . În acest fel apar în spatele corpului de iluminat ușoare inflexiuni în distribuția intensității luminoase.
- Vârfurile de intensitate luminoasă din curbele de distribuție teoretice, îndeosebi la unghiurile gama mai mari de  $65^\circ$ , nu sunt reproduse cu acuratețe de mărimile măsurate în special la corpul de iluminat PVB-01 echipat cu dispersor. Aceasta se explică prin difuzia și absorbția luminii care are loc în dispersor, accentuate de forma dispersorului. De asemenea și rama dispersorului are un rol în aceste atenuări care afectează deci razele extreme de lumină.
- Efectul suprapus al luminii directe de la sursa tubulară, lumina reflectată difuz și lumina reflectată dirijată este evident atât la curbele teoretice cât și pentru cele calculate. La evaluarea teoretică s-a luat în considerare și o componentă perfect difuză a luminii reflectate (în laboratorul fotometric s-a determinat componenta oglindată și componenta difuză globală). Rezultatele practice confirmă faptul că această ipoteză, a componentei ideal-difuze este aplicabilă în calculele practice.
- Modificările poziției sursei de lumină în raport cu reflectorul conduc la schimbarea distribuției spațiale a intensității luminoase, în conformitate cu valorile predeterminate. O deplasare a sursei pe verticală, înspre marginea inferioară a reflectorului (de exemplu de la V-4 la V-1), conduce la o lărgire a fascicului de lumină în lungul șoselei, ceea ce favorizează mărirea distanței între corpurile de iluminat. De asemenea, o deplasare a sursei în plan orizontal, spre baza de fixare a corpului de iluminat (de exemplu de la H-5 la H-0) conduce la deplasarea centrului fascicului de lumină spre centrul șoselei, cu efecte favorabile asupra luminanței medii și asupra uniformităților, fără a fi necesară înclinarea corpului de iluminat.

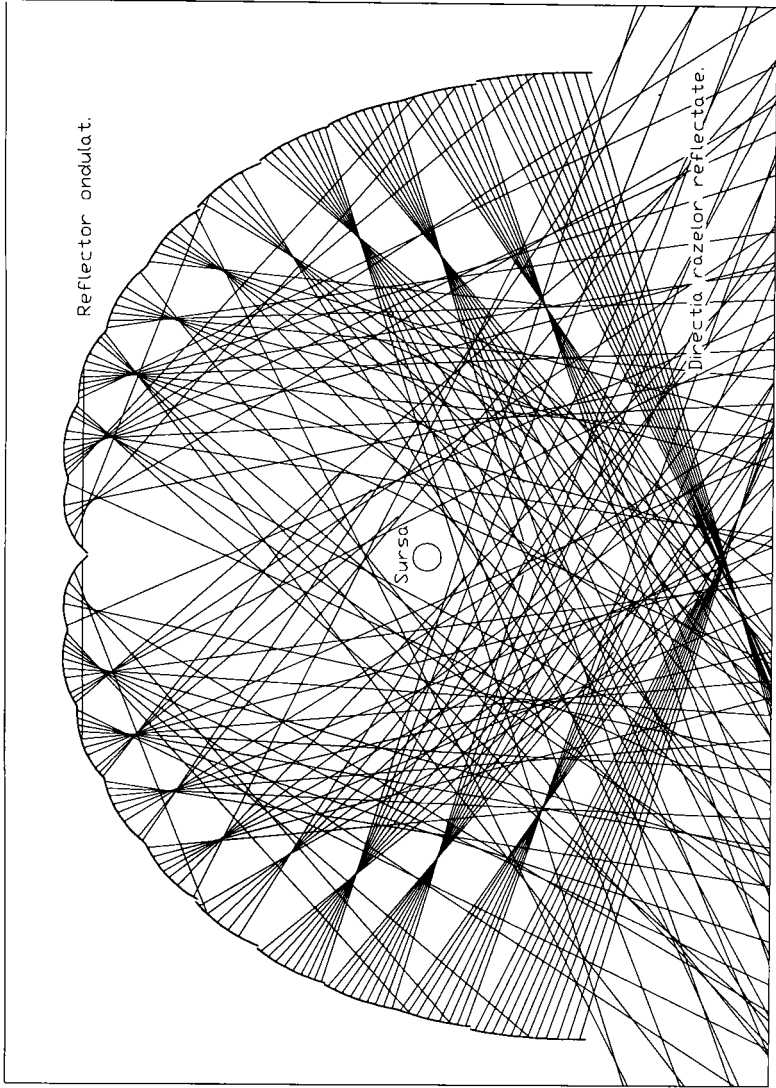
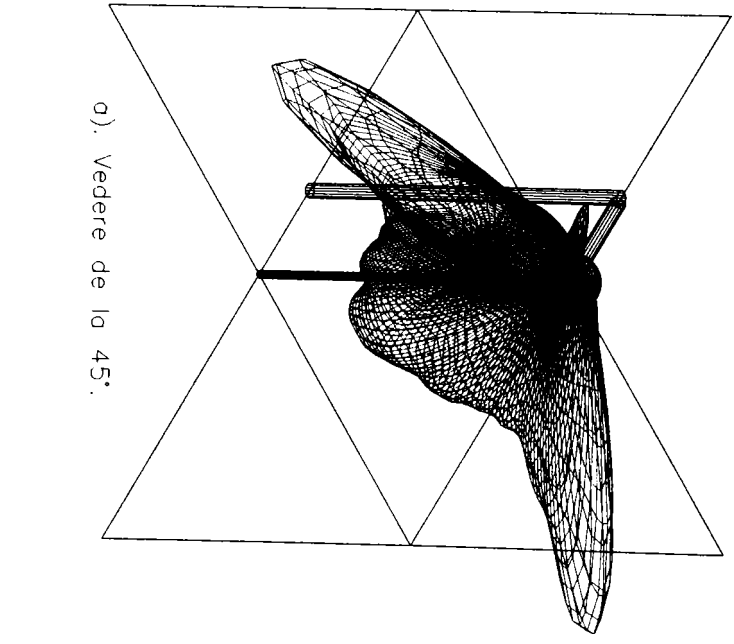
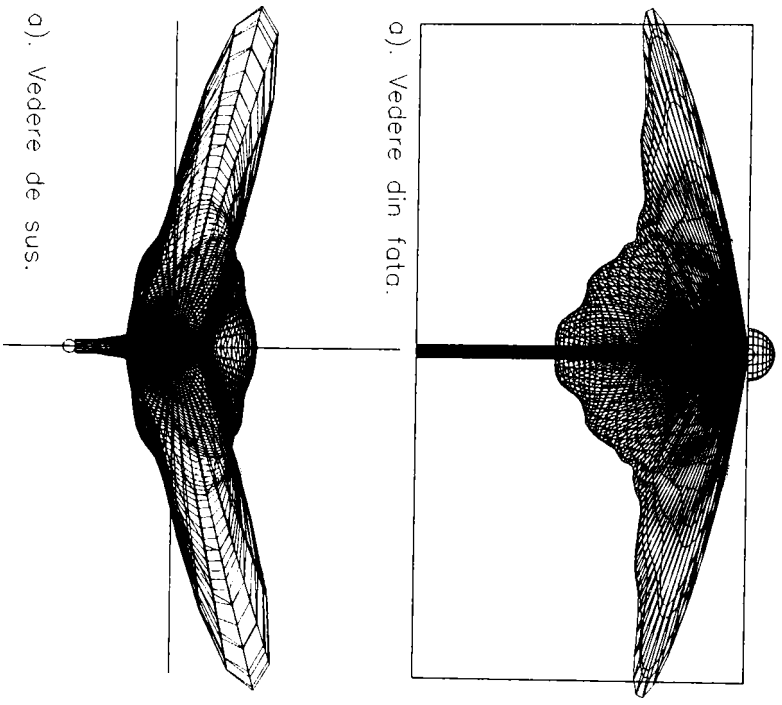


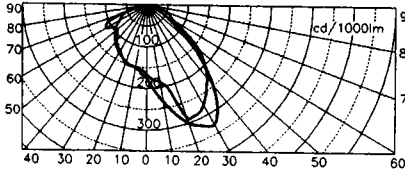
Fig.6-36b Efectul ondulații controlate a suprafeței asupra reorientării luminii.



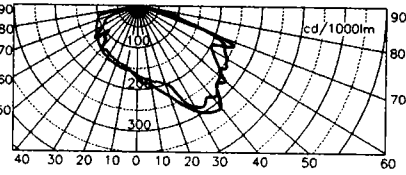
a). Vedere de sus.

a). Vedere de la 45°.

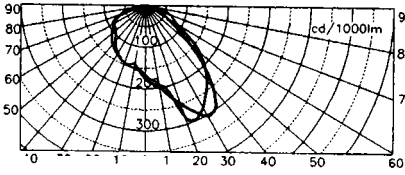
Fig.6-37. Distribuția spațială a intensității luminoase pentru varianta PVSB-12B 026 (H-5/V-1).



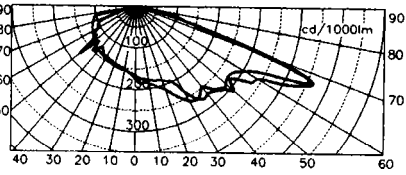
1. CDIL in planul C90-C270 / C90-C270



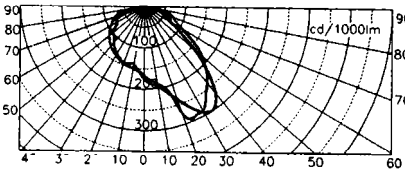
6. CDIL in planul C40-C220 / C140-C320



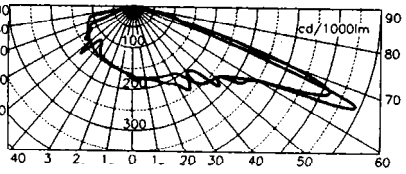
2. CDIL in planul C80-C260 / C100-C280



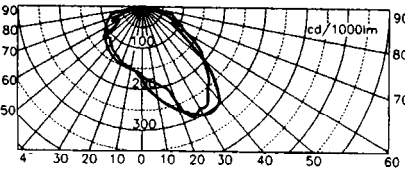
7. CDIL in planul C30-C210 / C150-C330



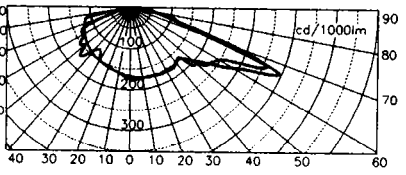
3. CDIL in planul C70-C250 / C110-C290



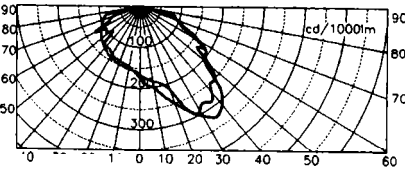
8. CDIL in planul C20-C200 / C160-C340



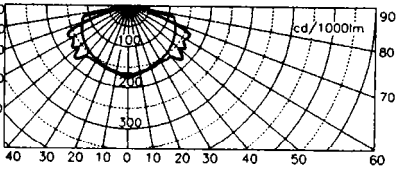
4. CDIL in planul C60-C240 / C120-C300



9. CDIL in planul C10-C190 / C170-C350



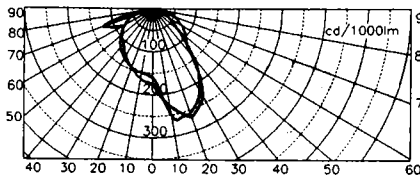
5. CDIL in planul C50-C230 / C130-C310



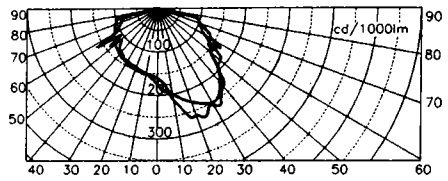
10. CDIL in planul C0-C180 / C180-C360

— Varianta: Simulare 922 H-0/V-4  
 - - - Varianta: PVSb-01-1250 022 H-0/V-4

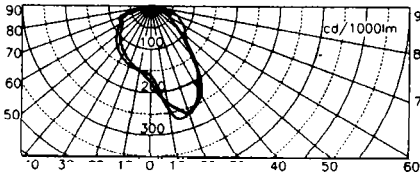
Fig.6-38. CDIL obtinute prin masurare si simulare (H-0/V-4)



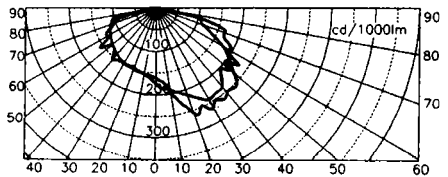
1. CDIL in planul C90-C270 / C90-C270



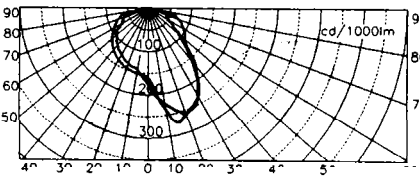
6. CDIL in planul C40-C220 / C140-C320



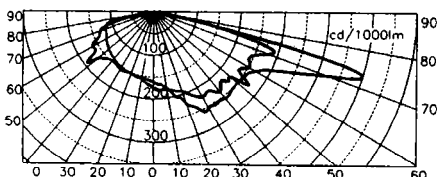
2. CDIL in planul C80-C260 / C100-C280



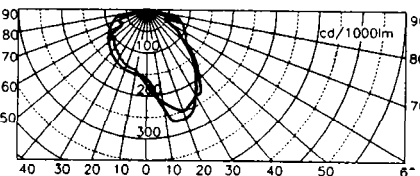
7. CDIL in planul C30-C210 / C150-C330



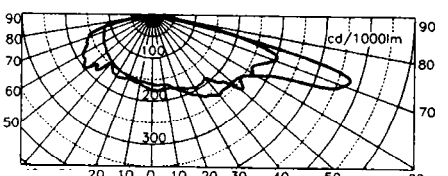
3. CDIL in planul C70-C250 / C110-C290



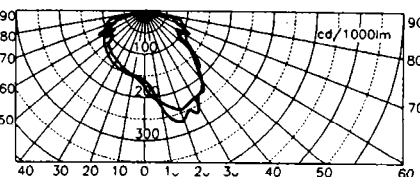
8. CDIL in planul C20-C200 / C160-C340



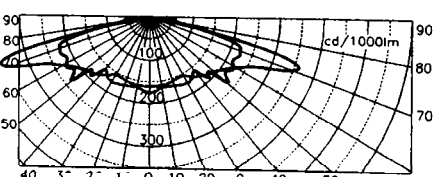
4. CDIL in planul C60-C240 / C120-C300



9. CDIL in planul C10-C190 / C170-C350



5. CDIL in planul C50-C230 / C130-C310

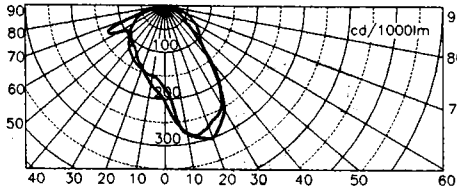


10. CDIL in planul C0-C180 / C180-C360

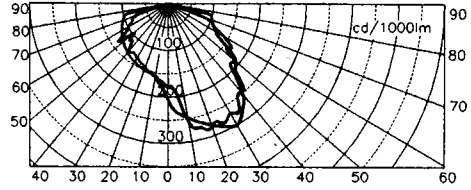
— Varianta: Simulare 923 H-5/V-1  
 - - - Varianta: PVSb-01-1250 023 H-5/V-1

Fig.6-39. CDIL obtinute prin masurare si simulare (H-5/V-1)

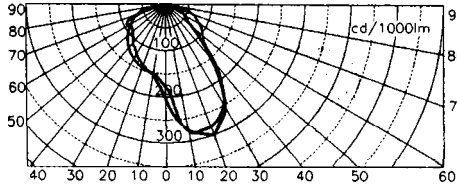




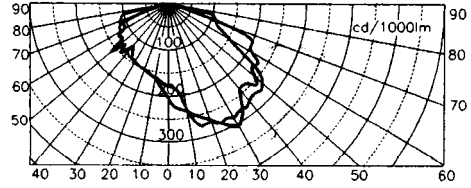
1. CDIL in planul C90-C270 / C90-C270



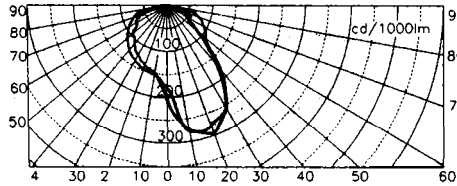
6. CDIL in planul C40-C220 / C140-C320



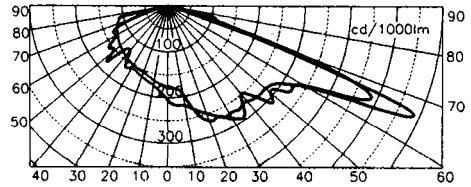
2. CDIL in planul C80-C260 / C100-C280



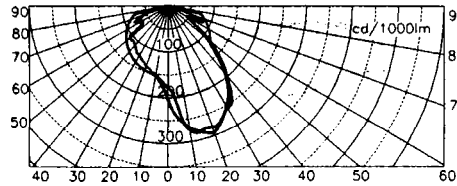
7. CDIL in planul C30-C210 / C150-C330



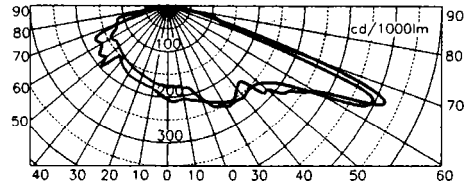
3. CDIL in planul C70-C250 / C110-C290



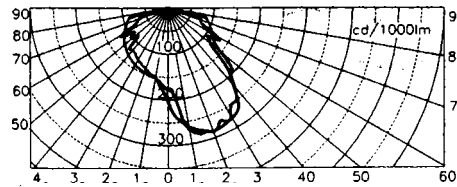
8. CDIL in planul C20-C200 / C160-C340



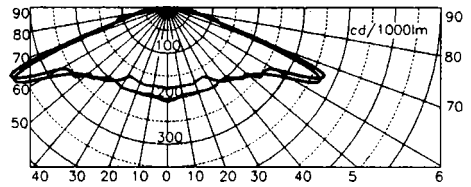
4. CDIL in planul C60-C240 / C120-C300



9. CDIL in planul C10-C190 / C170-C350



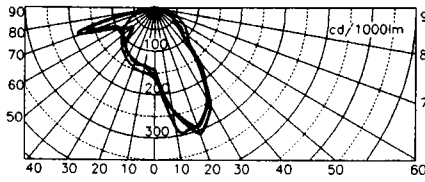
5. CDIL in planul C50-C230 / C130-C310



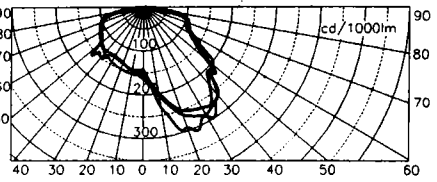
10. CDIL in planul C0-C180 / C180-C360

— Varianta: Simulare 924 H-5/V-4  
 — Varianta: PVSB-01-1250 024 H-5/V-4

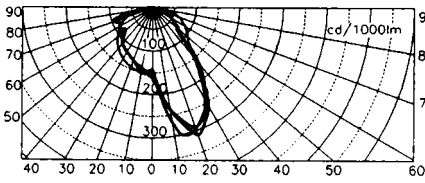
Fig.6-40. CDIL obtinute prin masurare si simulare (H-5/V-4)



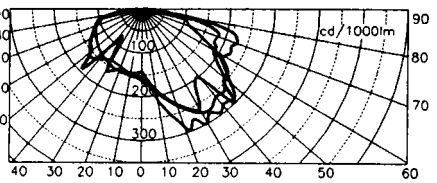
1. CDIL in planul C90-C270 / C90-C270



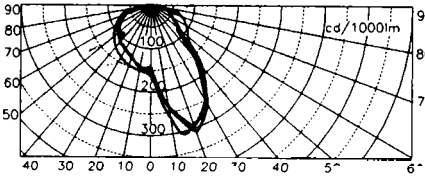
6. CDIL in planul C40-C220 / C140-C320



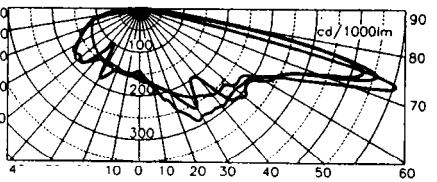
2. CDIL in planul C80-C260 / C100-C280



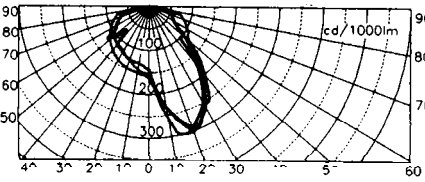
7. CDIL in planul C30-C210 / C150-C330



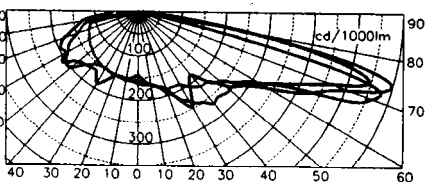
3. CDIL in planul C70-C250 / C110-C290



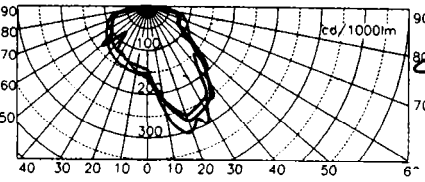
8. CDIL in planul C20-C200 / C160-C340



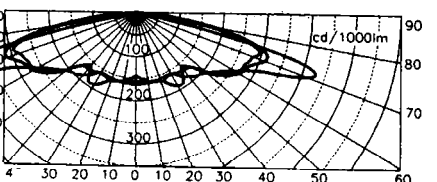
4. CDIL in planul C60-C240 / C120-C300



9. CDIL in planul C10-C190 / C170-C350



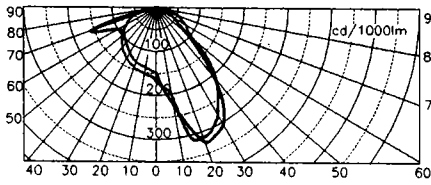
5. CDIL in planul C50-C230 / C130-C310



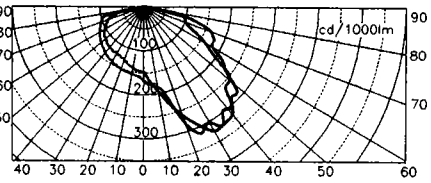
10. CDIL in planul C0-C180 / C180-C360

- Varianta: PVSb-12B-1250 MR 026 H-5/V-1
- Varianta: Simulare 926 H-5/V-1
- Varianta: PVSb-12B-1250 MR 025 H-5/V-1

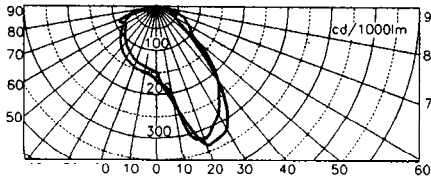
Fig.6-41. CDIL obtinute prin masurare si simulare (H-5/V-1)



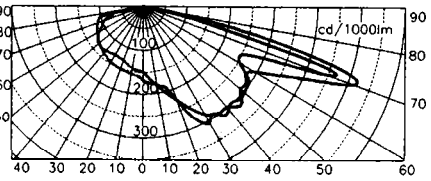
1. CDIL in planul C90-C270 / C90-C270



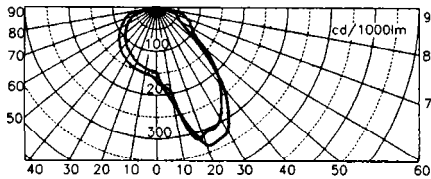
6. CDIL in planul C40-C220 / C140-C320



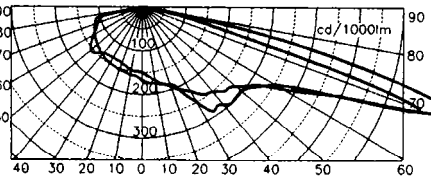
2. CDIL in planul C80-C260 / C100-C280



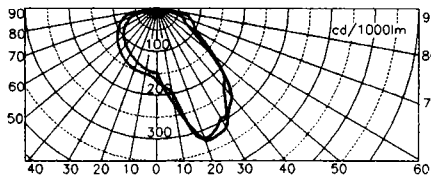
7. CDIL in planul C30-C210 / C150-C330



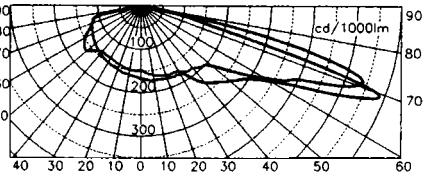
3. CDIL in planul C70-C250 / C110-C290



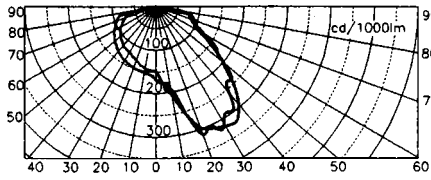
8. CDIL in planul C20-C200 / C160-C340



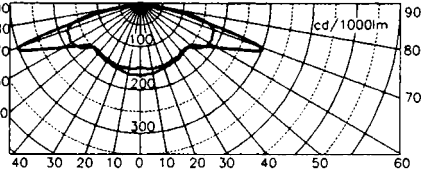
4. CDIL in planul C60-C240 / C120-C300



9. CDIL in planul C10-C190 / C170-C350



5. CDIL in planul C50-C230 / C130-C310

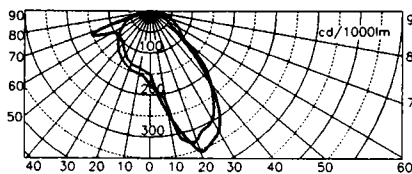


10. CDIL in planul C0-C180 / C180-C360

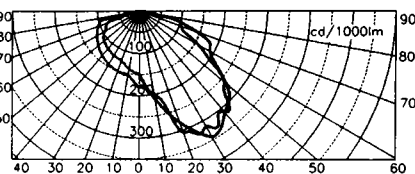
— Varianta: Simulare 927 H-2.5/V-2.5

— Varianta: PVSb-12B-1250 MR 027 H-2,5/V-2.5

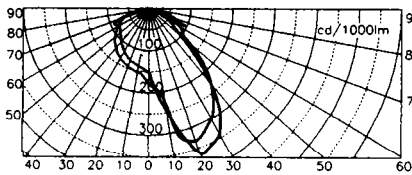
Fig.6-43. CDIL obtinute prin masurare si simulare (H-2,5/V-2,5)



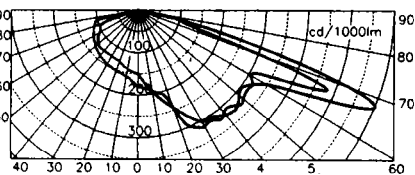
1. CDIL in planul C90-C270 / C90-C270



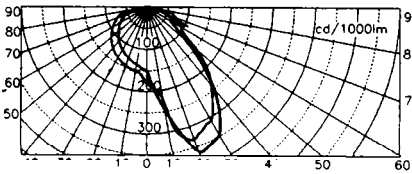
6. CDIL in planul C40-C220 / C140-C320



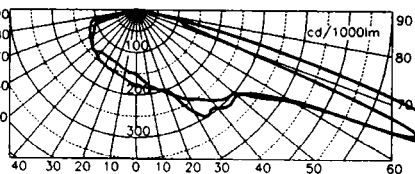
2. CDIL in planul C80-C260 / C100-C280



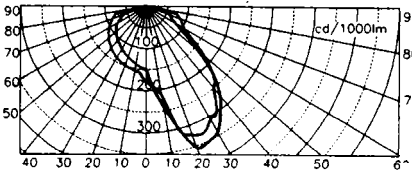
7. CDIL in planul C30-C210 / C150-C330



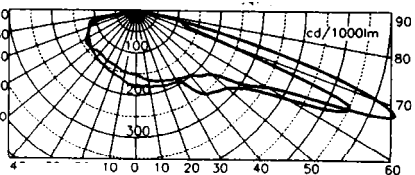
3. CDIL in planul C70-C250 / C110-C290



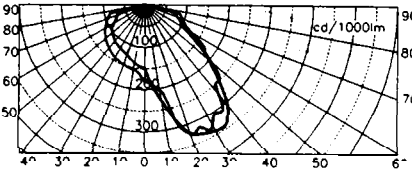
8. CDIL in planul C20-C200 / C160-C340



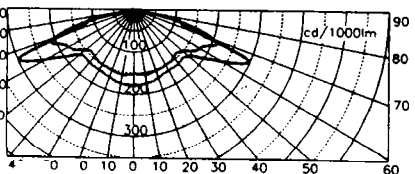
4. CDIL in planul C60-C240 / C120-C300



9. CDIL in planul C10-C190 / C170-C350



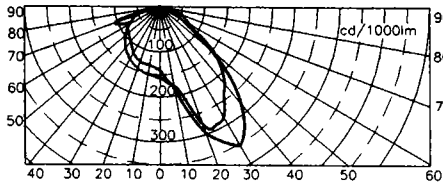
5. CDIL in planul C50-C230 / C130-C310



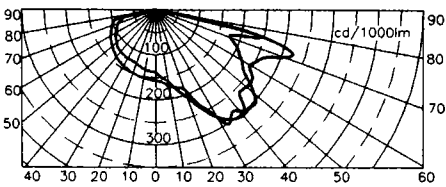
10. CDIL in planul C0-C180 / C180-C360

— Varianta: PVSБ-12B-1250 MR 028 H-2,5/V-4  
 — Varianta: Simulare 928 H-2.5/V-4

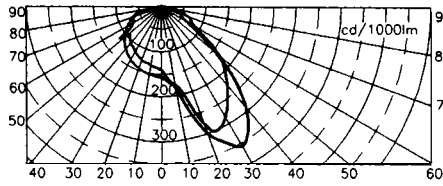
Fig.6-44. CDIL obtinute prin masurare si simulare (H-2,5/V-4)



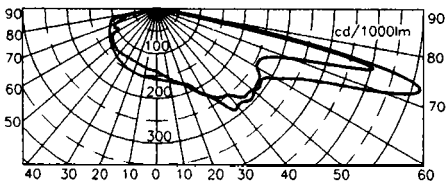
1. CDIL in planul C90-C270 / C90-C270



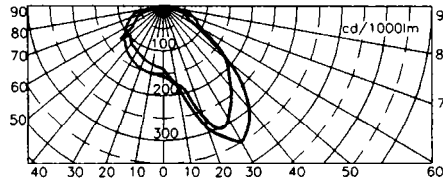
6. CDIL in planul C40-C220 / C140-C320



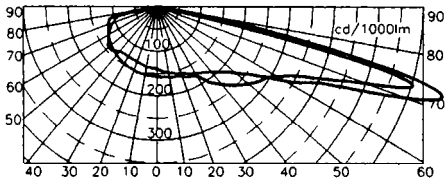
2. CDIL in planul C80-C260 / C100-C280



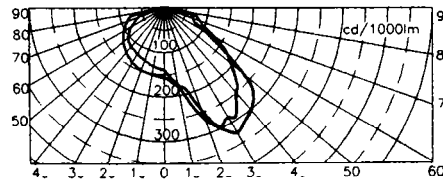
7. CDIL in planul C30-C210 / C150-C330



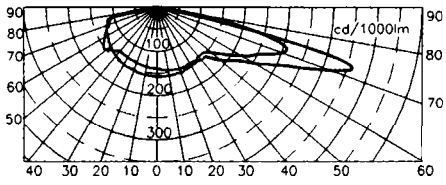
3. CDIL in planul C70-C250 / C110-C290



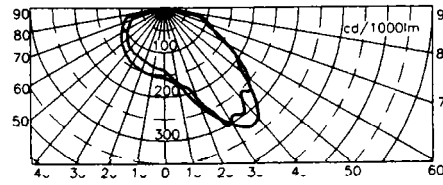
8. CDIL in planul C20-C200 / C160-C340



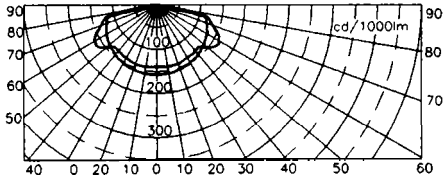
4. CDIL in planul C60-C240 / C120-C300



9. CDIL in planul C10-C190 / C170-C350



5. CDIL in planul C50-C230 / C130-C310



10. CDIL in planul C0-C180 / C180-C360

— Varianta: Simulare 929 H-0/V-1  
 — Varianta: PVSb-12B-1250 MR 029 H-0/V-1

Fig.6-45. CDIL obtinute prin masurare si simulare (H-0/V-1)

Fig. 6-46. Prezentarea comparativă a luminanțelor pe șosea pe baza valorilor obținute prin măsurare în laborator și simulare pe calculator.

Parametrii instalației de iluminat rutier:

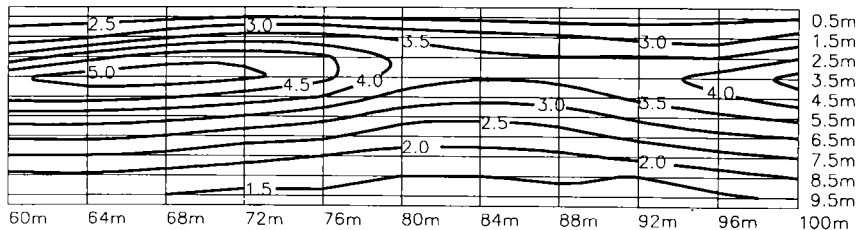
- Șosea asfaltată (R3,  $q_0=0.08$ ) cu două benzi de circulație.
- Amplasarea corpurilor de iluminat: pe o singură parte.
- Înălțimea de montaj: 10m.
- Distanța dintre corpurile de iluminat: 40m.
- Distanța de suspendare: 1m.
- Unghiul de înclinare: 5 grade.
- Lățimea șoselei: 10m.
- Sursa de lumină tubulara cu vapori de sodiu 235W, 32000lm.

a). Luminanțe [ $cd/m^2$ ] obținute pe baza intensităților luminoase rezultate din simularea pe calculator, la varianta PVS-12B-1250 926 H-5/V-1.

Parametrii luminotehnici obținuți:

- Luminanța medie:  $L_m=2.9cd/m^2$ .
- Uniformitatea generală:  $U_0=0.41$
- Uniformitatea longitudinală (minimă):  $U_l=0.72$

Diagrama izoluminanta

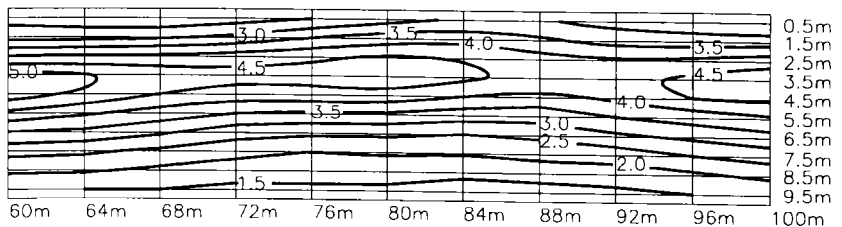


b). Luminanțe [ $cd/m^2$ ] obținute pe baza intensităților luminoase măsurate la varianta PVS-12B-1250 MR 026 H-5/V-1.

Parametrii luminotehnici obținuți:

- Luminanța medie:  $L_m=3.1cd/m^2$ .
- Uniformitatea generală:  $U_0=0.41$
- Uniformitatea longitudinală (minimă):  $U_l=0.73$

Diagrama izoluminanta



## EVALUAREA PERFORMANTELOR SISTEMELOR DE ILUMINAT ECHIPATE CU NOUL TIP DE REFLECTOR.

În vederea evaluării performanțelor luminotehnice ale sistemelor de iluminat în situația utilizării noului corp de iluminat PVB-01, s-a luat în considerare o șosea asfaltată (de tipul R3,  $q_0=0.08$ ) cu lățimea de 10m și două benzi de circulație, Distanța dintre corpurile de iluminat 40m, înălțimea de montare 10m și fluxul sursei de lumină 32000lm. Pentru fiecare poziție de reglare a duliei s-au simulat 128 de combinații între unghiul de înclinare al corpului de iluminat și distanța de suspendare ( deasupra șoselei) a acestuia. În Fig. 6-46 se prezintă una din aceste combinații. Rezultatele au fost analizate grafic, prin curbe de nivel corespunzătoare luminanței medii  $L_m$ , uniformității generale  $U_0$  și uniformității longitudinale  $U_l$ .

Din analiza rezultatelor rezultă legătura între corpul de iluminat (asociat cu o anumită poziție a sursei de lumină față de reflector), parametrii geometrici ai sistemului de iluminat și performanțele luminotehnice exprimate prin luminanța medie și uniformitățile acestea pe șosea:

- Din punctul de vedere al luminanței medii, pentru poziția duliei H0 (și orice V), valoarea maximă se obține fără o înclinare a corpului de iluminat iar influența distanței de suspendare nu este semnificativă. Pentru poziția duliei H-5, se obține o luminanță maximă dacă corpul de iluminat este suspendat deasupra șoselei, admițându-se și înclinări reduse.
- Uniformitatea generală, în majoritatea cazurilor crește odată cu mărirea unghiului de înclinare al corpului de iluminat. Poziția de reglare H-0 este favorabilă chiar și fără înclinarea CIL. Pentru poziția V-1 se obțin uniformități favorabile atât prin înclinarea cât și prin suspendarea CIL (sau combinația acestora).
- La pozițiile V-1 uniformitatea longitudinală este maximă la valori cât mai reduse ale distanței de suspendare și unghiului de înclinare. Pentru pozițiile V-4 sunt favorabile, din acest punct de vedere, înclinările și suspendările spre șosea ale corpurilor de iluminat.

Consumul specific de energie electrică pentru corpul de iluminat ELBA tip PVS-12B (cod 025 din Tab.6-1), echipat cu reflectorul realizat în conformitate cu principiile prezentate în teză, este de  $0,56 \text{ W/m}^2$  șosea, în comparație cu  $1,2 \text{ W/m}^2$  șosea obținut la

utilizarea vechiului corp de iluminat ELBA, tip PVSB-12B. Datele au fost calculate cu programul ElbaLux și verificate cu programul CalcuLux al firmei Philips, pentru situațiile optime de montaj în condițiile depășirii limitelor impuse de Comitetul Internațional de Iluminat ( $L_{min} > 2 \text{cd/m}^2$ ;  $U_o > 0,4$ ;  $U_l > 0,7$ ). În ambele cazuri s-a considerat o șosea cu două benzi de circulație și lățimea de 10m, corpurile de iluminat amplasate pe o singură parte, la înălțimea de 10m (Tab.6-2).

Tab.6-2. Comparație între corpurile de iluminat.									
Tipul corpului de iluminat	Parametrii de montaj					Rezultate lumino tehnice și energetice.			
	Distanța între CIL [m]	Inălțime CIL H[m]	Lățime stradă [m]	Braț CIL [m]	Inclinare CIL [°]	$L_m$ [ $\text{cd/m}^2$ ]	$U_o$	$U_l$	Consum specific [ $\text{W/m}^2$ strada]
PVSB-12B vechi	23	10	10	1,5	25	3,78	0,41	0,71	1,2
PVSB-12B cu reflectorul nou	49	10	10	2	0	2,77	0,42	0,70	0,56



## 7. CONTRIBUTII ORIGINALE SI CONCLUZII.

Teza de doctorat abordează domeniul corpurilor de iluminat cu suprafețe reflectorizante, cu accent pe proiectarea formei reflectoarelor oglindate și în mod special a celor pentru corpurile de iluminat rutier. Interesul pentru realizarea unor corpuri de iluminat performante este justificat din punct de vedere al confortului vizual prin tendința generală de creștere a confortului odată cu dezvoltarea civilizației umane, din punct de vedere energetic prin dirijarea luminii doar în locurile și în cantitățile necesare în corelare cu utilizarea unor surse de lumină cu eficacitate luminoasă ridicată, din punct de vedere al costurilor de fabricație și de exploatare prin utilizarea unor materiale și tehnologii specifice în plină ascensiune.

Autorul abordează în teză atât problemele generale ale proiectării reflectoarelor cât și aspecte specifice sistemelor de iluminat cu accente pe iluminatul rutier, rezultând numeroase contribuții originale aplicate în practică la fabricația unei serii noi de corpuri de iluminat la ELBA Timișoara.

În urma studierii unei bibliografii vaste în domeniu, autorul realizează o sistematizare a metodelor de proiectare a reflectoarelor pentru corpurile de iluminat. În multe cazuri autorul tezei are contribuții la dezvoltarea și aplicarea acestor metode îndeosebi prin conceperea unor programe de calcul pentru utilizări concrete. În cadrul metodelor prezentate în lucrare au fost date exemple de utilizare și verificări practice care confirmă corectitudinea ipotezelor de calcul admise.

În activitatea de proiectare a corpurilor de iluminat (CIL) se urmărește realizarea unor aparate cu care să se obțină o anumită distribuție a intensității luminoase. Se întâlnesc două situații:

- Distribuția intensității luminoase este cunoscută, prin cerințele unor normative interne sau internaționale (făruși și lumini de semnalizare auto, felinare de navigație, semafoare de circulație);
- Distribuția spațială a intensității luminoase trebuie determinată înaintea începerii acțiunii de proiectare a corpului de iluminat. Este cazul corpurilor de iluminat utilizate în instalațiile de iluminat interior și exterior pentru care sunt normate nivele de iluminare sau de luminanțe în planul util.

Pe parcursul tezei sunt abordate ambele aspecte concretizate prin exemplificări.

Proiectarea corpurilor de iluminat cu reflectoare oglindate constă în parcurgerea a două etape:

-Proiectarea formei reflectorului.

-Determinarea curbei de distribuție a intensității luminoase (CDIL) având în vedere dimensiunile reale ale sursei de lumină.

În Cap.2, paragraful 2-1 sunt prezentate cele trei principii de bază utilizate la proiectarea corpurilor de iluminat: reorientarea fluxului, luminanța zonelor de pe reflector ca sursă secundară de lumină (reflectată), mărirea imaginii sursei cu reflectoare sau cu lentile. Împreună cu formele clasice de suprafețe reflectorizante (paraboloizi de rotație, elipsoizi, sfere) sunt prezentate și alte suprafețe care se pot defini prin formule matematice (parabole rotite, involuta cercului, cuartice, reflectorul cu tăiere netă). În prezentarea conturilor de reflectoare definite matematic s-a insistat asupra unor curbe de profil, precum involuta cercului utilizată de autor la proiectarea unor reflectoare oglindate pentru corpurile de iluminat fluorescente în fabricație recentă la ELBA, sau curba parametrică (paragraful 2-1, Tab. 2-2) care asigură o limitare netă a fasciculului de lumină. Acestea își pot găsi o utilizare în multe cazuri practice.

Capitolul 2 cuprinde prezentarea stadiului actual al proiectării formei reflectoarelor cu simetrie de rotație. Sunt prezentate metode grafice de proiectare a reflectoarelor pentru sursa de lumină punctiformă (paragraful 2.2) și sferică (paragraful 2.3), metode analitice pentru sursa punctiformă (paragraful 2.4) și elipsoidala (paragraful 2.5). Predeterminarea distribuției intensității luminoase pentru reflectoarele paraboloidale cu sursa de lumină coaxială liniară este prezentată în paragraful 2.6 iar pentru cele cu sursa de lumină sferică este descrisă o metodă în paragraful 2.7. La metodele grafice și grafo-analitice s-a apelat la utilitarul grafic AutoCAD și la limbajul de programare AUTOLISP, care conferă suficientă precizie și acestor metode care se bazează pe măsurarea pe desen a unor dimensiuni și unghiuri. La metodele analitice s-au aprofundat datele teoretice în vederea rezolvării numerice a ecuațiilor.

O metodă de predeterminare a distribuției intensității luminoase pentru reflectoarele paraboloidale cu sursa de lumină exfocalizată este prezentată în paragraful 2.8. La această metodă autorul tezei are contribuții originale cu aplicabilitate la proiectarea farurilor pentru autovehicule. Pe baza teoriei bilanțului fluxurilor a fost întocmit un algoritm de calcul și un program care proiectează automat reflectorul (desenare la scară, cotare, hașurare), calculează distribuția intensității luminoase (sau a iluminării la distanța normată de 25m) și reprezintă grafic diagrama zonală a reflectorului. Autorul tezei introduce noțiunea de “diagramă zonală

a reflectorului (DZR)” cu ajutorul căreia se obțin informații deosebit de utile pentru proiectarea elementelor optice ale farurilor de autovehicule: unghiurile în care este reflectată lumina de către fiecare zonă a reflectorului, zonele de pe reflector care reorientează fluxul luminos într-o anumită direcție, unghiurile din spațiu pentru care are influență zona de la baza reflectorului sau zona din apropierea flanșei. În teză se prezintă modul în care trebuie interpretată diagrama zonală a reflectorului, cu precizări privind informațiile utile atât pentru proiectarea ulterioară a dispensorului cât și pentru realizarea tehnologiei, cunoscut fiind că din motive tehnologice la operația de ambutisare a reflectoarelor apar abateri de la profilul parabolic în anumite zone. În urma comparării rezultatelor teoretice cu cele măsurate pe reflectoare executate au rezultat următoarele:

-Valorile măsurate ale intensităților luminoase (iluminărilor) urmăresc cu suficientă acuratețe valorile calculate din DZR, aceasta fiind o confirmare a corectitudinii algoritmului de calcul și metodei propuse.

-Apar abateri de la diagrama furnizată de calculator în zona maximului intensității luminoase în sensul că nu se atinge maximul teoretic, producându-se o “rotunjire” a vârfului. Această abatere este generată de faptul că reflectorul nu este o oglindă cu suprafața perfect netedă. Din aceeași cauză apar intensități luminoase măsurate și în direcțiile apropiate de axă unde valorile teoretice sunt nule. În apropierea axei reflectorului efectele celor mai mici imperfecțiuni ale suprafeței se cumulează datorită simetriei de rotație a DZR față de axa reflectorului.

Capitol 3 conține contribuții originale privind realizarea unui model matematic pentru cele două etape ale proiectării CIL (proiectarea formei reflectorului și predeterminarea CDIL). Se pleacă de la condiția obținerii unei iluminări directe uniforme pe o suprafață, cu ajutorul unui CIL al cărui reflector are o simetrie de rotație. În urma modelării matematice a fenomenului fizic autorul tezei deduce și o expresie matematică pentru calculul factorului de amplificare al corpului de iluminat în funcție de unghiurile de recepție a fluxului luminos de către reflector, deschiderea unghiulară a fasciculului de lumină reorientată și de caracteristicile reflectorizante ale suprafeței reflectorului. Diagrama factorului de amplificare propusă de autor devine un instrument deosebit de util la îndemâna proiectanților de corpuri de iluminat. Utilizarea acestei diagrame furnizează informații eficiente și rapide în privința posibilităților fizice ale corpului de iluminat:

- a) Dacă se impune deschiderea unghiulară a luminii furnizată de CIL se poate obține
  - fluxul sursei de lumină, dacă se cunoaște iluminarea uniformă  $E$  în planul util aflat la distanța  $h$ ;

- înălțimea de montaj  $h$ , dacă se cunoaște fluxul lămpii și iluminarea uniformă necesară;
- valoarea iluminării constante  $E$ , cunoscând fluxul lămpii și înălțimea de montaj.

b) Dacă se cunosc parametrii luminotehnici ai sistemului de iluminat (înălțime de montaj, iluminarea) și ai sursei (flux luminos) se obține limita fizică pentru unghiul solid în interiorul căruia trebuie să fie fluxul util al CIL.

În partea aplicativă a capitolului 3 este prezentat programul realizat de autor și rezultatele obținute în urma rulării acestuia pentru diverși parametrii. În urma procesului de verificare s-a putut vedea că metoda este aplicabilă îndeosebi la corpurile de iluminat cu deschidere unghiulară mare a fasciculului de lumină, unde abaterile de la valoarea necesară a iluminării în planul util sunt mici în comparație cu situația în care se dorește un fascicul de lumină concentrată.

Optimizarea reflectoarelor pentru corpurile de iluminat presupune aprofundarea unor aspecte teoretice din domeniul luminotehnic, mai puțin cercetate până în prezent. După cum se vede din referințele bibliografice și din Cap.2 din teză, cele mai multe lucrări publicate în domeniul reflectoarelor se referă la cele cu simetrie de rotație. Reflectorul este un element esențial din componența corpurilor de iluminat cu rolul de a reorienta fluxul luminos, pe cât posibil doar în direcțiile și în cantitățile necesare. În Cap.4 din această lucrare s-a abordat problema reflectoarelor pentru corpurile de iluminat rutier care trebuie să asigure iluminatul de-a lungul arterelor de circulație, în conformitate cu recomandările Comisiei Internaționale de Iluminat. Distribuția spațială a intensității luminoase trebuie să fie adecvată acestui scop și ca o consecință, reflectoarele nu vor mai avea o simetrie de rotație. Pe parcursul acestor capitole autorul tezei a abordat unitar realizarea reflectoarelor pentru corpurile de iluminat și sistemele de iluminat în care acestea vor fi integrate.

A fost necesară o generalizare a teoriei dezvoltată de autor cu privire la reflectoarele oglindate (paragraful 4.2). Această generalizare se referă la analiza fenomenului fizic și deducerea unor relații care să permită determinarea în spațiul tridimensional a formei reflectoarelor nesimetrice. După o prezentare a sistemelor de coordonate utilizate în tehnica iluminatului ( $A-\alpha$ ,  $B-\beta$ ,  $C-\gamma$ ) și a relațiilor de transformare între acestea, se trece la analiza fizică a fenomenelor de reflexie care apar pe suprafața reflectoarelor oglindate. După exprimarea vectorială a fenomenului reflexiei, autorul asociază vectorul razei de lumină incidentă pe suprafață cu exprimarea vectorială a suprafeței reflectorizante în raport cu aceeași origine. Cei doi vectori au același punct de aplicație, aceleași direcții și același sens.

Prin transformări vectoriale se obține o ecuație diferențială vectorială care conține versorul razei de lumină reflectată, vectorul ce definește suprafața reflectorizantă și diferențiala acestuia. Autorul propune rezolvarea numerică a acestei ecuații prin utilizarea sistemului de coordonate  $B-\beta$  atât pentru definirea reflectorului cât și pentru asocierea corpului de iluminat cu sistemul de iluminat ( $B_1-\beta_1$ ). Această abordare permite obținerea secvențială a suprafeței reflectorizante în funcție de direcția în care se dorește reorientarea luminii. Sunt necesare condiții de limită concretizate printr-un punct inițial din spațiu de la care începe construcția elementelor finite ce definesc reflectorul. Acest punct inițial rezultă din condiții de gabarit impuse reflectorului și din condiții termice de funcționare a sursei de lumină. Direcția din spațiu în care trebuie reorientată lumina se modifică permanent și este într-o relație directă cu condițiile impuse sistemului de iluminat. Ecuațiile deduse de autor permit calcularea prin metode numerice a razei vectoriale ce definește conturul spațial al reflectorului în funcție de unghiurile  $B-\beta$  (pe reflector) și  $B_1-\beta_1$  (de la CIL spre suprafața utilă). Finețea punctelor calculate depinde de pașii aleși pentru unghiuri în calculele numerice. Corectitudinea ecuației generale a reflectoarelor oglindate propuse în această teză a fost verificată prin aplicarea acesteia în cazuri de reorientare clasică a luminii: pentru  $B_1=\beta_1=0$  s-a obținut ecuația parabolei în coordonate polare, iar pentru  $B_1=B$  și  $\beta_1=\beta-\pi$  s-a obținut ecuația cercului în coordonate polare.

Ecuația generală a reflectoarelor a fost aplicată de autor în cazul particular al corpurilor de iluminat rutier. În vederea acestei particularizări autorul a dezvoltat o metodă proprie, prezentată în paragraful 4.3, de determinare a distribuției spațiale a intensității luminoase care să asigure un iluminat eficient al șoselelor. Pentru iluminatul rutier Comisia Internațională de Iluminat recomandă nivele ale luminanțelor și uniformitățile acestora, fără a face referiri la distribuția intensității luminoase pentru corpurile de iluminat utilizate. În vederea stabilirii formei reflectorului trebuie cunoscută distribuția intensității luminoase pentru acel corp de iluminat. Plecând de la mărimile normate, respectiv de la luminanțele necesare pe suprafața șoselei, autorul tezei stabilește o metodă proprie de calcul a distribuției intensității luminoase pentru corpul de iluminat care să satisfacă condițiile impuse sistemului de iluminat. Metoda propusă constă în formarea și rezolvarea unor sisteme de ecuații prin aplicarea formulelor de calcul a luminanțelor în puncte de pe suprafața șoselei; necunoscute fiind de această dată intensitățile luminoase ale corpurilor de iluminat în direcția punctelor de calcul. Rezultatele aplicării acestei metode conduc la distribuții ideale ale intensității luminoase, prezentate în paragraful 4.3. Cu această ocazie s-a dedus că distribuția optimă,

cu salturi bruște de la valori maxime la zero nu se poate obține în condiții practice, având în vedere dimensiunile sursei de lumină, proprietățile reflectorizante ale materialelor utilizate în practică, precum și toleranțele la fabricația de serie a corpurilor de iluminat. De asemenea, s-a dedus faptul că un reflector proiectat pentru un anumit sistem de iluminat caracterizat prin anumiți parametri (distanța între stâlpi, înălțimea de montaj, lățimea șoselei, coeficientul de luminanță a suprafeței șoselei) nu mai are aceleași performanțe când se modifică acești parametri.

Distribuția ideală a intensității luminoase este utilizată în paragraful 4.4 pentru stabilirea relațiilor dintre unghiurile  $B-\beta$  pe reflector și  $B_1-\beta_1$  de la CIL spre suprafața utilă, în vederea calculării suprafeței reflectorului cu ajutorul ecuației generale stabilită în paragraful 4.2. Se ajunge la concluzia că planul principal în care trebuie reorientată lumina conține punctele de pe șosea situate pe direcția observatorului CIE. Este adoptat acel tip de formă a reflectorului pentru care lumina reorientată nu se întoarce spre sursa de lumină, cunoscând că o suprîncălzire a lămpii tubulare cu vapori de sodiu conduce la o scurtare a duratei de viață a acesteia.

În Cap.5 autorul introduce noțiunea de “simulare a funcționării corpurilor de iluminat” în sensul predeterminării distribuției spațiale a intensității luminoase pentru un corp de iluminat a cărui reflector este deja definit geometric, în asociere cu o sursă de lumină cu dimensiunile ei reale. Contribuțiile personale se referă la adaptarea în vederea simulării, a metodei “ray-tracing” inspirată din lucrările de specialitate care se ocupă cu generarea “imaginilor virtuale” pe calculator. Sunt analizate comparativ metodele “ray-tracing” și “radiosity” în vederea deducerii modului în care acestea s-ar putea aplica la studiul reflectoarelor, cu concluzii în favoarea metodei “ray-tracing”. În continuarea acestui capitol autorul tezei pune bazele fizico-matematice ale algoritmului de simulare pentru corpurile de iluminat. În principiu, suprafața reflectorului se împarte în elemente reflectorizante suficient de mici, se stabilește o direcție  $D$  din spațiu pentru care se dorește calcularea intensității luminoase, se urmărește drumul invers al razelor de lumină și se testează dacă aceste raze intersectează sursa de lumină după una sau mai multe reflexii. Calculul intensității luminoase se face prin însumarea contribuțiilor parțiale ale tuturor suprafețelor elementare, pe baza ariilor proiectate, factorului de reflexie și luminanței sursei de lumină. De asemenea, în cadrul simulării se ține seama de lumina directă de la sursă și de o componentă difuză globală (programul VERIFIC).

Importanța simulării constă în faptul că verificările preliminare, din punct de vedere luminotehnic, ale corpurilor de iluminat nu se mai fac pe modele fizice sau prototipuri costisitoare, ci pe calculator, cu avantajele corespunzătoare: costuri reduse, posibilități de analiză a unei multitudini de variante constructive într-un timp scurt.

Pentru toate contribuțiile teoretice ale autorului în domeniul luminotehnic și prezentate mai sus, au fost elaborate pachete de programe utilizabile în diverse situații. Acestea au fost aplicate în mod concret la proiectarea unui nou tip de reflector destinat echipării corpurilor de iluminat rutier (Cap.6).

În Cap.6. se prezintă un studiu comparat asupra verificării teoriei de calcul a reflectoarelor, prin verificări experimentale și simulare pe calculator. Programele de calcul întocmite de autor se împart în două categorii principale: programe de calcul a profilului spațial al reflectorului și programe de simulare a funcționării corpurilor de iluminat. Programele întocmite au o utilitate directă la proiectarea corpurilor de iluminat și ele au devenit deja un instrument de lucru obișnuit la ELBA.

Aplicațiile prezentate în Cap.6 au ca obiect realizarea practică a unui reflector pentru corpurile de iluminat exterior, pe baza contribuțiilor originale ale autorului conținute în această teză. Se pleacă de la utilizator (condițiile impuse sistemului de iluminat), se determină ce distribuție spațială a intensității luminoase trebuie să o realizeze corpul de iluminat ideal, se calculează conturul spațial al reflectorului, se simulează funcționarea corpului de iluminat pentru sursa de lumină cu dimensiunile ei reale, se simulează utilizarea acestui CIL într-un sistem de iluminat rutier și se verifică modul în care sunt satisfăcute recomandările Comisiei Internaționale de Iluminat.

Având în vedere o anumită situație concretă privind încadrarea reflectorului într-un gabarit disponibil la corpul de iluminat PVSB-01 1x250 W, pe baza teoriei prezentate în teză s-a proiectat și realizat un reflector destinat iluminatului rutier (paragraful 6.2). Constrângerile privind limitarea reflectorului la spațiul disponibil au făcut să fie utilizată doar o parte a suprafeței generate prin calcule. Cele câteva mii de puncte rezultate din calculul și care definesc parametric forma reflectorului, au fost transmise automat la o mașină cu comandă numerică cu care s-au prelucrat poansonale pentru sculele de ambutisare și calibrare.

Noul tip de reflector are posibilități multiple privind poziționarea sursei de lumină. Această facilitate permite adaptarea corpului de iluminat la cele mai diverse condiții de exploatare, privind dimensiunile șoselei, numărul benzilor de circulație, amplasarea corpurilor de iluminat. În lucrare se pune un accent deosebit pe relația dintre poziția sursei de

lumină în raport cu reflectorul, și performanțele sistemului de iluminat în funcție de condițiile de exploatare amintite. Forma spațială complexă a reflectorului permite reorientarea fluxului luminos al lămpilor tubulare cu vapori de sodiu, cu preponderență în zona de interes, care este concretizată de suprafața șoselei, după cum rezultă din diagramele cu factorii de utilizare, prezentate în Cap.6.

Măsurările fotometrice au fost realizate în unicul laborator din țară cu dotarea tehnică adecvată, cel de la SC ELBA S.A.Timișoara. Rezultatele au fost prelucrate de autor pe baza unor programe de calcul proprii și sunt prezentate atât sub formă tabelară cât și grafic, pentru o percepere mai clară a fenomenelor (paragraful 6.3).

Diagramele care însoțesc lucrarea conțin date comparative privind distribuția spațială a intensității luminoase obținută prin simulare pe calculator și prin măsurare în laboratorul fotometric. Din analiza distribuției intensității luminoase spațiale pentru reflectoarele măsurate în comparație cu datele obținute prin simulare pe calculator (paragraful 6.3) rezultă următoarele:

-In general, datele obținute cu ajutorul programului de simulare sunt suficient de apropiate de intensitățile luminoase măsurate, ceea ce confirmă corectitudinea transunerii matematice a fenomenelor fizice și a ipotezelor care au stat la baza calculului.

-Diferențele mici între valorile calculate și cele măsurate au loc în direcțiile în care lumina directă de la sursă sau cea reflectată, strabate muchiile dispersorului, însă fără efecte sesizabile asupra uniformităților lumananțelor pe sosea.

-Deoarece reflectorul limitează suprafața calculată, la un anumit gabarit în lungime, prezența suprafeței tehnologice de închidere a formei reflectorului este sesizată în plane apropiate de  $C=270^\circ$ .

-Vârfulor de intensitate luminoasă din curbele de distribuție teoretice, îndeosebi la unghiurile gama mai mari de  $65^\circ$ , nu sunt reproduse cu acuratețe de mărimile măsurate. Aceasta se explică prin faptul că în aceste direcții lumina este reflectată de marginile inferioare ale reflectorului unde sunt aplicate și razele de racordare tehnologice. De asemenea și rama dispersorului are un rol în aceste atenuări care afectează deci razele extreme de lumină.

-Modificarea poziției sursei de lumină în raport cu reflectorul conduce la schimbarea distribuției spațiale a intensității luminoase, în conformitate cu valorile predeterminate.



Unul din avantajele esențiale ale noului tip de reflector îl reprezintă faptul că fluxul luminos este reorientat înspre zonele utile (adică în direcția suprafeței șoselei) și în cantitățile corespunzătoare unui iluminat modern, cu luminanțe conforme cu standardele internaționale.

Rezultatele obținute confirmă justetea teoriei care a stat la baza întocmirii programelor de calcul atât pentru profilul reflectorului cât și pentru simularea funcționării corpurilor de iluminat.

Având în vedere alinierea realizată de autor la tendința actuală pe plan mondial de fabricare a corpurilor de iluminat rutier cu sursa de lumină reglabilă în raport cu reflectorul, analiza datelor obținute prin măsurări fotometrice a continuat în direcția utilizatorului, pe sisteme concrete de iluminat în care s-ar folosi aceste corpuri de iluminat. (paragraful 6.4). Cu această ocazie, pentru diverse poziții ale sursei de lumină față de reflector s-a urmărit influența unghiului de înclinare și a distanței de suspendare a CIL (în raport cu șoseaua) asupra luminanței medii și a uniformităților acesteia. De aici rezultă că în funcție de condițiile concrete se pot obține efecte maxime cu sursa de lumină poziționată corespunzător. Prin graficele determinate, utilizatorii corpurilor de iluminat au posibilitatea unei informări rapide asupra posibilităților de adaptare la condițiile practice concrete, printr-o reglare corectă a sursei de lumină, care să confere cele mai bune performanțe privind nivelul luminanțelor medii și uniformitatea acestora în anumite situații specifice. Rezultatele obținute cu acest reflector realizat, superioare oricărui alt reflector fabricat în țară, conduc la utilizarea lui și la alte corpuri de iluminat rutier (PVS-12B, în etapa imediat următoare) din fabricația de serie a S.C. "ELBA" S.A.

În concluzie, noile metode introduse în această lucrare, fundamentate teoretic, aplicate pe calculator și verificate practic stau la baza realizării unor reflectoare pentru o nouă generație de corpuri de iluminat cu performanțe ridicate, competitive pe plan mondial.

## 8. BIBLIOGRAFIE

1. Ansimiov I.N., Rychkov V.I. -Computer-Aided Analysis of Specular Reflectors. Light & Engineering No1. New York 1993.
2. Arvo J.R. -Analytic Methods for Simulated Light Transport. A Dissertation for Degree of Doctor of Philosophy. Yale University, December 1995.
3. Arvo J.R. -Backward Ray Tracing. Developments in Ray Tracing. SIGGRAPH 1995.
4. Ashdown Ian -Radiosity: A Programmer's Perspective. John Wiley & Sons, New York 1994.
5. Ashdown Ian -Near-Field Photometry: A New Approach. J. Illuminating Engineering Society Vol.22 (no.1). 1993.
6. Ashdown Ian -Virtual Photometry. Lighting Design & Application Vol. 23, December 1993.
7. Barb V., Nicola P. -Un aspect nou în proiectarea și realizarea lămpilor de semnalizare multifuncționale pentru autovehicule. Publicat în volumul conferinței "Probleme actuale ale iluminatului electric", Timișoara 1977
8. Barb B., Barb F. - Studiul și experimentarea îmbătrânirii accelerate a reperelor electroizolante din componența corpurilor de iluminat. Publicat în volumul simpozionului "Realizări și perspective în tehnica de iluminat". Timișoara 1981.
9. Barb V., Marinescu M. - Particularități ale utilizării corpurilor de iluminat în aeronautică. Publicat în volumul simpozionului "Realizări și perspective în tehnica de iluminat. Timișoara 1981.
10. Barb V. - Realizări și perspective în construcția corpurilor de iluminat speciale. Simpozionul de iluminat Timișoara 1986.
11. Barb V. - Proiectarea asistată de calculator a elementelor optice pentru felinare electrice de navigație. Publicat în "Buletinul de informare tehnică" Electrobanat. Timișoara 1989.
12. Barb V. - Metodă de proiectare asistată de calculator a corpurilor de iluminat. Lucrare susținută la Conferința Națională de Iluminat. București 1990.
13. Barb V. - Luminaires fonctionnement simulation on computer. Publicat în volumul "Light and Lighting". București 1993.
14. Barb V. - Reflectoare oglindate și surse de lumină de dimensiuni mari. 106 pagini. Lucrare prezentată la absolvirea anului II al cursului postuniversitar de Luminotehnică București 1994
15. Barb V. - Studiu: Corpuri de iluminat cu reflectoare oglindate adaptate sistemului de iluminat. Electricianul Nr.2 1994.
1. Barb V. - Stadiul actual privind proiectarea corpurilor de iluminat cu reflectoare oglindate. Referatul 1 de doctorat. Facultatea de Electrotehnică, Universitatea Politehnică Timișoara 1994.
17. Barb V. - O modelare matematică a proiectării și verificării corpurilor de iluminat cu reflectoare oglindate. Publicat în volumul

- "Conferința de Electroenergetică, Secțiunea IV: Iluminatul electric". Timisoara 1994.
18. Barb V., Teodorescu M., Munteanu M. - Proiectoare simetrice și asimetrice. Soluții constructive și luminotehnice. Publicat în volumul "Conferința de Electroenergetică, Secțiunea IV: Iluminatul electric". Timisoara 1994.
  19. Barb V., Sere A., Muntean M., Blidariu P. - Realizarea confortului vizual cu corpuri de iluminat încastate în tavane modulare. Publicat în volumul simpozionului "Instalații pentru construcții și confort ambiental". Editura HESTIA Timisoara 1995.
  20. Barb V. - Optimizarea din punct de vedere luminotehnic a reflectoarelor pentru corpurile de iluminat. Lucrare prezentată la Simpozionul de Electrotehnică și Energetică în cadrul "Zilelor academice timișene", ediția IV-a. Timisoara 1995
  21. Barb V., Oberst L. - O metodă de calcul a reflectoarelor oglindate pentru corpurile de iluminat stradale. Lucrare prezentată la Conferința Națională "Iluminat '95". București 1995.
  22. Barb V. - Optimizarea performanțelor corpurilor de iluminat cu reflectoare oglindate. Referatul II de doctorat. Facultatea de Electrotehnică, Universitatea Politehnică Timisoara 1996.
  23. Barb V., Muntean M. Al., Ionas D., Popescu Al., Mihalescu D. -O nouă generație de reflectoare pentru corpurile de iluminat rutier. Simpozionul "Lumina de la Timișoara – Tradiție și actualitate în iluminatul electric". Timișoara. 1996.
  24. Barb V., Sere Al., Muntean M. -Reflectoare pentru corpurile de iluminat stradal. Simulare pe stația grafică și rezultate experimentale. Seminarul Internațional -Ambientul luminos. București 18-20, septembrie 1996.
  25. Barb V., Sere Al., Ionas D., Popescu Al., Mihalescu D.-Evaluarea performanțelor corpurilor de iluminat rutier, echipate cu o noua generație de reflectoare. Simpozionul Internațional "ELIS. Iluminatul Electric – Prezent și Perspective". București 1997.
  26. Barthes E. - Un nouveau rapprochement entre la recherche visuelle avantee et la pratique eclairagiste. LUX 130, 1984.
  27. Barzev A.A. Budak V.P. - The new computational metod of output photometric characteristics calculation of the complex optical system. Lux Europa, Edinburg, 1993
  28. Bean A.R. Simons,R.H. -Lighting Fittings. Performance and Design. Oxford, 1968.
  29. Bedocs L. - A study of the installed performance of industrial luminaires. Lighting Research and Technology. Vol.13 No.3 1981.
  30. Bedocs L. - Uplighting made simple. LUX Europa 1989
  31. Bini S., Soardo S.- Automatic tracing of photometric curves. Lighting Research and Technology Vol.5, No 2, 1973
  32. Borsani S., Griannetti D. -Luce e computer. Progettare la luce. LUCE No 2, 1991
  33. Bell R.I. - A method for the calculation of direct illuminance due to area sources of various distributions. Lighting Research and Technology. Vol 5 No 2, 1973

34. Bertrand G. - Le calcul automatique applique a la photometrie et a la calorimetrie. R.G.E. Tame 80 NO 12, 1971
35. Bodmann H.W., Weis B. -Flux distribution with specular reflectors. Lighting Research and Technology, Vol 5, No.2, 1973
36. Bodmann H.W - Luminance et luminosite. LUX 148, 1988
37. Bodmann H.W. -Light and Vision. Fundamentals. Postgraduate Course, Karlsruhe, 1992.
38. Bodman H.W. - Predicting Brightness-Luminance Phenomene. Light & Lighting '93. București 1993
39. Bodmann H.W., Mehanna M.M. - Ermittlung des Direktlichtstroms fur quaderformige Raume. Lichttechnik 11/1971.
40. Bianchi C.- Luminotehnica. Editura Tehnică. București 1990.
41. Bianchi C. ș.a. - Proiectarea instalațiilor de iluminat electric. Editura Tehnică. București 1981.
42. Boer De J.B., Fischer D. (traducere Bianchi C., Bianchi A.M.) - Iluminatul interior. Editura Tehnică. București 1985.
43. Bresciani F., Rossi G. - A computational method to simulate light propagation in fog. LUX Europa 1993.
44. Burgoon A.D. - Global Illumination Modeling Using Radiosity. Hewlett-Packard Journal. December 1989.
45. Burkhard D.C., Shealy D.I. - Flux density for ray propagation in geometrical optics. Journal of the Optical Society of America Vol.63, No 3, 1973.
46. Cohen F.M., Wallace R.J. -Radiosity and Realistic Image Synthesis. Academic Press, Inc. Cambridge M.A. 1993.
47. Cohen F.M., Greenberg P.D. - The Hemi-Cube A Radiosity Solution for Complex Environements. Computer Graphics Vol.19. No 3, 1985.
48. Cohen F.M., Chen E.S., Wallace R.J., Greenberg P.D. - A Progressive Refinement Approach to Fast Radiosity Image Generation. Computer Graphics. Vol 22, No 4, 1988.
49. Commission Internationale de L'Eclairage. - Calculation and Measurement of luminance and illuminance in road lighting. Publication CIE No.30-2, 1990.
50. Commission Internationale de L'Eclairage. - Road Lighting Lantern and Installation Data-Photometrics. Classification and Performance. Publication CIE No.34, 1977
51. Dinculescu P. Sisak F. - Instalații și echipamente electrice, EDP, București 1981
52. Eberbach K. - Lichtstarkeverteilung bei Optimaler Leuchtdichtgleichmassigkeit in der Strassenbeleuchtung. Dissertation, Karlsruhe, 1973.
53. Elmer B.W. - The Optical Design of Reflectors. LTA Lighting Consultants Inc. Salem, Massachusetts, 1989.
54. Embrechts J.J. - Implementation of the finite element metod for non-lambertien indoor surfaces. LUX Europa, Edinburg, 1993.
55. Embrechts J.J. - Light scattering by rough surfaces: Electromagnetic model for lighting simulation. Lighting Research and Technology Vol.24, No 4, 1992.

56. Embrechts J.J. - Modele de l'influence des parois sur la chromaticite du rayonnement lumineux en espace clos. LUX, No 5, 1985.
57. Ferguson H.M. - Intensity distribution from street lighting lanterns-smoothnees below the peak. Lighting Research and Technology Vol.5, No 1,1973.
58. Fischer D. - The European glare limiting metod. Lighting Research and Technology Vol.4 No.2 1972.
59. Fischer U., Willing A. - Entwicklung von Leuchten abdeckungen mit Prismatik Strukturen aus Acrylglas. LICHT 3-4? 1991
60. Fontoyntout M - Le point sur les methodes de simulation et sur l'utilisation d'images de synthese en eclaireage. LUX 162, 1991
61. Frederiksen E. - On the uncertainties of photometric data for luminaires. Lighting Research and Technology Vol.4 No.2 1972
62. Fritz H.,Fritz E - Leuchtenstrahler. DE Patent 3812232, 1988
63. Gallagher V.P. - New Directions in Roadway Lighting. U.S.Department of Transportation, Washington, March 1980
64. Giesberg Gerard - Illuminazione Publica: L'illuminazione Stradale. ILLUMINOTECNICA Nr.413/414 , maggio/giugno 1995
65. Glassner S.A. - Space Subdivision for Fast Ray Tracing. IEEE-Computer Graphics and Application, October 1984.
66. Glebov,B.N., Karacev,V.M. - Opređenje veličini svetovo potoca, padainscevo na priamie torti parabolotilindricescovo otrajatelja. Svetotechnica Nr.5, 1973
67. Gluck B. - Strahlungsheizung-Theorie und Praxis. Verlag Muller, Karlsruhe, 1982
68. Handler L. - Weiterentwicklung von Kompaktleuchtstoff- Lampen fur flochige Leuchten und Lampen fur Aussenwendung. LUX Europa 1983
69. Henderson S.T., Marsden A.M. -Lamps and Lighting. London 1975
70. Holmes J.G. - The design of thick back-reflector paraboloid mirrors. Lighting Research & Technology, Vol.13, No1, 1981
71. Holmes J.G. - Para-ellipsoid mirrors and fan shaped beams. Lighting Research & Technology, Vol 11, No 2, 1979
72. Holmes J.G. Moerman J.J.B. - The choice of test distance to control errors in the photometry of round projectors focused at a long distance. Lighting Research and Technology Vol.13, No 2, 1981
73. Holmes J.G. - A reference distance for the photometry of projectors. Lighting Research and Technology Vol.13 No 2, 1981
74. Holmes J.G., Moerman J.J.B. -Intensity distribution from paraboloid mirror with coaxial linear source. Lighting Research and Technology, Vol 11, No 4, 1979
75. Holmes J.G. - Light control. Light and Lighting. September 1972 .
76. Holmes J.G. - Light reflection by prismatic sheets. Lighting Research and Technology Vol.2o No.3 1988.
77. Holmes J.G. - Lights on the road. Softy on the road at night. Light and Lighting. Sept. 1976
78. Holmes J.G. - The road surface is part of the road lighting. Light and Lighting. Sept. 1976

79. Holsberg J.P. - C for Electronics and Computer Engineering Technology. Prentice Hall, New Jersey 1991
80. Hornak P. - Primenenie ETBM dia rasceta jerkálnah simetreskich svetnicov. SvetoTehnika 3, 1972
81. Hornak P. - Nepriama metoda skumania reflectorovyh ploch. Svetelna Technika 4/1978.
82. Ionaş D., Puşcaş A., Popescu A., Barb V. – Influenţa naturii suprafeţei reflectoarelor asupra performanţelor corpurilor de iluminat rutier. Simpozionul "Lumina de la Timişoara – Tradiţie şi actualitate în iluminatul electric". Timişoara. 1996.
83. Ishchenko E.F., Zhilenkova N.V., Burov A.V. - Computer-aided design of optical lighting fixture. Light & Engineering No.1, New York 1993.
84. Karl Happe -Reflektorentwicklung am Bildschirm. Licht 3,4/1993
85. Klemann P. - Zuverlässigkeit von lichttechnischen Oberflächen. Elektropraktiker. No.8. 1988.
86. Korobko A.A. –Monte-Carlo calculation of luminous flux intensity of an axissymmetric luminaire with directionally scattered reflection. Light & Engineering No.4, New York 1995.
87. Kovalevski B.E. Torgonenko B.A. - Optimizaţia ozvetitelei s xenonom lampani. Sveta Tehnika, No 3, 1990.
88. Kushch O.K., Chepelevskii D.Yu. –Integrated Concept of Computer-Aided Calculation and Design on Specular reflectors. Light & Engineering. Vol.3, No. 2, 1995.
89. Kushch O.K. –Computer-Aided Optical Design of Illuminating and Irradiating Devices. ASLAN Publishing House 1993.
90. Littlefair P.J. - Interreflection calculation: Improving convergence, Lighting Research and Technology Vol.23, No 4, 1991
91. Lecocq J.-Méthode de calculs des réflecteurs, LUX 156,1-2/1990
92. Lecocq J. - Du produit scalaire dans les calculs d'éclairage. LUX Nr. 3, 1985
93. Lecocq J. - Conception optique d'un reflecteur d'éclairage public assiste par ordinateur. LUX Europa, 1989
94. Lemaigre - Voreaux P. - Survivance et duree de vie des lampes. LUX 148, 1988
95. Lemaigre - Voreaux P. - Les pertes des ballasts des lampes a decharge. LUX 113, 1981
96. Leszczynska H., Kurzawa M. - Multikriteriale Optimierungsmethode und ihre Lighttechnische Anwendung. LIGHTING'90, Eindhoven, 1990
97. Levin E.R. - The photometric connection. Quantitative uncertainties of luminaires and photometry, lighting calculation and field measurements. Lighting Design and Applications. September 1982.
98. Lowson J.C. - Practical application of the Einhorn (CIE) Glare Index formula.
99. Mazur J. Zagan W. - Optische Systeme der Parabolischen Kraftwagenreflectoren mit Unkonventionellen Bauformen des Gluhiwendel. LUX Europa 93, Edinburg , 1993
100. McNair D. G. - The User's Guide to the CIE Standard Road Luminance Design Programme. The Lighting Journal. September 1989.

101. Mitanchey R., Fontoyront M. -Simulation numerique de la chromacite des ambiances lumineuses. LUX Europa 1993.
102. Monton M.Q., Vizamanos J.G. -Design of asymmetric reflecting surfaces. Lighting Research and Technology. Vol.18 No.3 1986.
103. Moroldo D. - Contributii la realizarea sistemelor de iluminat interior flexibile prin corpuri de iluminat cu geometrie variabila. Teza de doctorat. Universitatea Tehnica de Constructii București 1995
104. Morren L. -Quelques observations concernant la mesure de facteurs de reflexion et de transmission. LUX 134, 1985
105. Murdoch J.B. - Illumination engineering. New York, 1985
106. Nagata M., Shimomura N., Matsuda K. - Monte Carlo simulation of luminous flux vector, flow of light and modelling effect in an interior having 64,000 subdivided ones. LUX Europa 1993
107. Nakamura Y., Inui M. - A study on how to express luminance distribution. LUX Europa, Edinburg, 1993
108. Oberst L. -Cercetari privind reflectoarele parabolice ale farurilor de autovehicule. Teza de doctorat. I.P.Timisoara, 1975.
109. Oberst L., Barb V., Sere A., Mihaiescu D. - Criterii de evaluare a performanțelor fotometrice pentru corpurile de iluminat stradale și optimizarea curbei de distribuție. Conferința Națională "Iluminat'95". București 1995.
110. Pfitzman H. - Relighting in Kensington and Chelsea. LIGHTEC'90, University of York, 1990
111. Patin P. -Un guide de bonne pratique pour la construction des luminaires. LUX 132, 1985
112. Pickup J.F., Farrel M.J. - Modulor Courses in Lighting: Some specimen examination questions and answers. Light and Lighting. January/February and March/April (continued) 1975
113. Pinch D.G., McGrath S.C. - Optical Reflector Sistem for Fluorescent Lighting Fixtures, US Patent 4.799.134, 1989
114. Porcher L.J. - Appareils d'éclairage public: Le mariage de l'esthétique et de la technique. LUX 111, 1981.
115. Radford S. - The High Pressure Sodium Lamp in Road Lighting. Lighting Journal No.28, 1986
116. Savitch W.J. - Pascal. An Introduction to the Art and Science of Programming. University of California. San Diego 1990
117. Schreuder D. A. - L'efficacité lumineuse des signaux routiers. LUX 112. 1981.
118. Schmidt H.J. - Software-Einsatz in der Leuchtenindustrie. LICHT, No.3-4/1993.
119. Scott P. - Light Engineering. LIGHTEC, University of York, 1980.
120. Sere Al., Barb V., Mihaiescu D. -Conceptul de "luminanță-vizibilitate" în iluminatul stradal și implicațiile energetice ale ansamblului corp de iluminat - sistem de iluminat. Simpozionul Internațional "Iluminatul Electric -Prezent și Perspective". București 1997.
121. Sere Al., Barb V., Ghițuică C. -Corpuri de iluminat "eficiente energetic"- Cerințe și realizări. Simpozionul "Lumina de la Timisoara - Tradiție și actualitate în iluminatul electric". Timisoara. 1996.

122. Shikakura T., Kotani T. - A Study of the Visualisation of Spatial Illuminance in Luminous Space. LUX Europa. 1993.
123. Shestakov A.A., Malysheva I.A., Polozkov D.P. - A Course of Higher Mathematics. Mir Publishers, Moskow 1990
124. Simons R.H. - Construction of luminaires. Light and Lighting, September/October, 1975
125. Simons R.H. - Material for optical control: Reflection and absorption. Light and Lighting, May/June, 1977.
126. Simons R.H. - Light control. Light and Lighting, September, 1972.
127. Slater A.I. - Design requirements for desk luminaires, Light and Lighting, No. 7, 1976
128. Şora Ioan ş.a. -Utilizări ale energiei electrice, Ed. FACLA, Timisoara, 1983.
129. Şora Ioan, Barb Viorel –Aplicarea teoriei imaginilor virtuale la identificarea geometriei suprafeţei reflectorizante necesare unui corp de iluminat. Simpozionul "Lumina de la Timişoara – Tradiţie şi actualitate in iluminatul electric". Timişoara. 1996.
130. Şora I., Nicoară D., Hedeş A., Muntean N., Barb V. –Iluminatul Electric. Lucrări de laborator. Litografia U. "Politehnica" Timisoara 1995.
131. Stahlhut L.G. - Effective task lighting with second generation prismatic panels. Light and Lighting, January/ February 1977
132. Stanioch W - Calculation of reflecting and refracting optical elements. Lighting Research and Technology Vol.23 No 3, 1991
133. Suvagau C.V. - Contributii la metodele de calcul pentru sistemele de iluminat interior. Teza de doctorat. Universitatea Tehnica de Constructii Bucureşti 1994.
134. Tregenza P.R. - The Monte Carlo metod in lighting calculations. Lighting Research and Technology Vol.15, No 4, 1983
135. Trembach, V.V. -Fizicescoe i matematicescoe modelirovanie svetovih priborov, Energia-Moskva, 1975
136. Trembach, V.V. -Rascet crivoi sili sveta paraboloregovogo otrajatelea coltevoi lampoi. SvetoTehnica Nr.3. 1972
137. Tulla A. Wright J. - New products for luminaire designer. LUX Europa, Edinburg, 1993.
138. La Toison M. - Introduction a l'eclairagisme. EYROLLES, Paris 1982.
139. Tarroux M. - Determination des repartitions d'intensites lumineuses ideales des luminaires d'eclairage routier. LUX No 76, 1988
140. Uetani Y., Navab M., Matsuura K. - Databasse of the Bidirectional Reflection of Various Materials. LUX Europa 1993.
141. Unver R., Sirel H. - Research on usability of C.S.T.B. formula on cylinder and rectangular prism formed reflector. Lux Europa, Edinburg, 1993
142. Valin J. - Calcul de caracteristique photometriques d'une grille paralume diffusante. LUX 126, 1984.
143. Vandeplanque P. - L'eclairage. Notions de base. Projets d'instalations. Paris 1988.
144. Vandeplanque P. - Un programme de calcul pour l'eclairage interieur. LUX 114, 1981.
145. VanSpeybroeck, L.P. Chase R.C.- Design of Paraboloid-Hyperboloid Telescopes for X-ray



- Astronomy. Applied Optics, Vol.11, No 2, 1972
146. Verbeck P.C., Greenberg P.D. - A Comprehensive Light-Source Description for Computer Graphics. IEEE Computer Graphics and Application, July, 1984.
  147. Vizamanos, J.G., Quintanilla M. -Predicting intensity distribution from symmetrical reflectors with large source of light, Lighting Research and Technology, Vol.16, No 3, 1984
  148. Vogl T.P, Lintner L.C. - Semiautomatic Design of Illumination Systems. Applied Optics, Vol.11, No 5, 1972
  149. Vrenken L.E., Veenstra W. - Compact single-ended fluorescent lamps: Some performance and application aspects. Lighting Research and Technology. Vol.15 No.2 1983
  150. Waldram J.M. - The calculation of sky haze luminance from street lighting. Lighting Research and Technology Vol. No 1, 1972
  151. Waldram, J.M. -Some developments in the design of specular reflectors, Lighting Research and Technology, Vol.2, No 3, 1970
  152. Waldram J.M. - Seeing to drive. Softy on the road at night. Light and Lighting. Sept./Oct. 1976
  153. Wallace R.J., Elmquist A.K. - A Ray-Tracing Algorithm for Progressive Radiosity. Computer Graphics. Vol. 23, No.3, 1989
  154. Ward J.G., Rubinstein M.F. - A New Technique for Computer Simulation of Illuminated Spaces. Journal of the Illumination Engineering Society. Winter 1988.
  155. Ward J.G., Rubinstein M.F., Clear R.D. -A Ray Tracing Solution for Difuse Interreflection. Computer Graphics, Vol. 22, No. 4, August 1988.
  156. Weis B. - Lichtverteilung idealer Spiegelreflektoren, Dissertation, Karlsruhe, 1972
  157. Weis B. -Lichtverteilung idealer Spiegelreflektoren, Lichttechnik, Nr.9/1972
  158. Williams S.C., Becklund A.O. - Optics. Short Course for Engineers and Scientists. J.Wiley & Sons Inc., New York 1972
  159. Wolber W. - Optimierung der Lichtleukung von Leuchten. Dissertation, Karlsruhe, 1973.
  160. Wharmby D.O - Tungsten halogen and metal holid discharge lamps in floodlights. Lighting Research and Technology Vol.5 No 1, 1973
  161. Zagan W.- Inversed Beams, Glanced off the Mirror Reflector, Convergence Surface. Lux Europa, Edinburgh 1993.
  162. Zacs R. - An Introduction to Pascal. SYBEX Inc. Berkeley, California 1980
  163. Zienkiewicz O.C. - The Finite Element Method. McGRAW-HILL Book Company (UK) Limited. The third edition.
  164. \* \* \* -Lighting Handbook. The Standard Lighting Guide. New York, 1995.
  165. \* \* \* -Lighting Manual. Philips Eindhiven, 1993.
  166. \* \* \* -Handbuch fur Beleuchtung. ECOMED Landsberg, 1992.
  167. \* \* \* -Nuovo riflettore ottico per lampade fluorescenti. Dossier componenti, No.1, 1990.
  168. \* \* \* -Code for interior lighting. C.I.B.S.E. London 1994.
  169. \* \* \* -Buletine de încercări. Laboratorul Fotometric al S.C. ELBA-S.A., Timisoara 1995-1997.

## ANEXE

### ANEXA 1. PROGRAME REALIZATE.

#### ANEXA 1.1 Programul FO12.pas

```
PROGRAM fo12; {27.10.92-16.08.93}

USES Graph, Crt, dos, Printer, BGIDRIV, BGIFONT;
TYPE
    tipajut=array[0..3999] OF char;
TYPE punct=record
    x,y,z:real
    END;
TYPE dreapta=record
    l,m,n:real
    END;

CONST
    marca:Array[1..12,1..2] OF Byte=
        ((3,6), (3,8), (3,10), (3,12), (3,14), (3,16),
         (42,6), (42,8), (42,10), (42,12), (42,14), (42,16));
    marcal:array[1..10,1..2] OF byte= {coord.absolute!}
        ((40,8), (40,9), (40,10), (40,11), (40,12),
         (40,13), (40,14), (40,15), (40,16), (40,17));

VAR
    driver,modus:Integer;
    imprim:text;

VAR
    ajut          :^tipajut;
    pozx,pozy     : Integer;
    pozxl,pozyl   : Integer;
    incepecran    : LongInt;
    pozi          : Byte;
    pozil         : byte;
    submeniu      : byte;
    v             : real;
    vizibil       : boolean;
    oldexitproc   : pointer;

CONST C:PUNCT=(X:55.0;Y:0.0;Z:-80.0);
{param.elips.>centru refl.}
AP:REAL=360;BP:REAL=360;CP:REAL=360; {param. elips. -
>reflector}
AE:REAL=45;BE:REAL=72;CE:REAL=45;    {param. elips. ->bec}
LimInfX:REAL=-65; InaltRefX:REAL=120;
LatRefY1:REAL=360; LatRefY2:REAL=380;
flux:REAL=11956;    {[lm] - fluxul becului}
int0max:REAL=1065; {[cd] -intensitatea max}
fro:REAL=0.7; {factor de reflexie}
NMAXX:INTEGER=30;
nr:BYTE=19;
BETAG:real=0;
ALFAEND:integer=90;
ALFASTART:integer=0;
lbec:real=1000; {limitarea semilungimii becului}
                (pasi)
                (nr. de puncte calculate)
```

```

(*$I INCLUD.INS *)
(*$I HARDCOPY.INS *)

PROCEDURE RULEAZA; { 23.10.92}
VAR ix,iy,nrcont(algag/10):integer;
    largirey,pxanterior,pyanterior,
    limInfY,deltaY,
    pasX,pasY,pasYurm,x,y,startY,startYurm,
    startYmij,pasYmij,largireYmij,largireYurm,
    s,s1,s2,s3, {aria}
    int1000,int01000,int10001,int10002,int10003,
    101000(luminanta la 1000 lm):real;
VAR p,m,n,r,E1,E2,E3,E4,pE1,pE2,pE3,pE4,Ale,
    py100:punct;
    d1,d2,d3,d4,d5:dreapta; {puncte si dr. singulare}
VAR alfar,alfag,betar,vg,vr:real; {unghi de intrare si intre D1-D2}
VAR fisier:text;
    xt,yt:integer;
    sir,sir1:string;
    tasta:char;
    ptperefl,TestPlanRef:boolean; {daca pt.e pe refl}

FUNCTION arccos(a:real):real;
    BEGIN
    IF a=0 THEN arccos:=pi/2
    ELSE IF a>0 THEN arccos:=arctan(1/a*sqrt(1-a*a))
    ELSE arccos:=pi+arctan(1/a*sqrt(1-a*a));
    END;

FUNCTION arcsin(a:real):real;
    BEGIN
    IF a=1 THEN arcsin:=pi/2 ELSE
    arcsin:=arctan(a/sqrt(1-a*a));
    END;

FUNCTION tan(teta:real):real;
    BEGIN
    tan:=sin(teta)/cos(teta)
    END;

FUNCTION rad(a:real):real;
    BEGIN
    rad:=a*pi/180;
    END;

FUNCTION grad(a:real):real;
    BEGIN
    grad:=a*180/pi;
    END;

PROCEDURE cosdir (VAR d:dreapta);
    VAR radic:real;
    BEGIN
    radic:=sqrt(sqr(d.l)+sqr(d.m)+sqr(d.n));
    d.l:=d.l/radic;
    d.m:=d.m/radic;
    d.n:=d.n/radic;
    END;{Parametrii directori ai unei drepte D ce trece prin pt.
P1 si P2}
PROCEDURE paramdr (p1,p2:punct;VAR d:dreapta);
    BEGIN
    d.l:=p2.x-p1.x;

```

```

        d.m:=p2.y-pl.y;
        d.n:=p2.z-pl.z;
        cosdir(d);
    END;
{punctul P}
PROCEDURE punctP(px,py:real;VAR pp:punct);
    VAR aa,bb,cc,dd:real;
    BEGIN
        aa:=-sqr(cp*(px-c.x)/ap)-
            sqr(cp*(py-c.y)/bp)+sqr(cp);
        IF aa>=0 THEN
            BEGIN
                bb:=sqrt(aa);
                cc:=c.z+bb;{valoarea convenabila}
                dd:=c.z-bb;
                pp.x:=px;
                pp.y:=py;
                pp.z:=cc;
                IF cc<0 THEN PTPEREFL:=FALSE;
                END
            ELSE PTPEREFL:=FALSE;{Negativ sub radical!}
        END;
    END;

{Recalculeaza limitele, la intersectia x= xdat si z=0}
PROCEDURE testlimite(xx:real;VAR tStartY,tPasY:real);
    VAR aa,capaty:real;
    BEGIN
        punctp(xx,tstarty,p);
        punctp(xx,tstarty+largirey,p);
        IF PTPEREFL=FALSE THEN
            BEGIN
                aa:=sqr(bp)-sqr(bp*(xx-c.x)/ap)-sqr(bp*c.z/cp);
                IF aa>=0 THEN
                    BEGIN
                        tstarty:=c.y-sqrt(aa)+0.01;
                        capaty:=c.y+sqrt(aa)-0.01;
                        tpasy:=(capaty-tstarty)/nmaxx;
                        PTPEREFL:=TRUE;
                    END;
                END;
            END;
        END;
    END;

PROCEDURE unghiuriRR;{unghiuri raza reflectata}
    BEGIN
        alfar:=rad(alfag);
        betar:=rad(betag);
    END;

PROCEDURE paramdrD1(alfar,betar:real;VAR D1:dreapta);
    BEGIN
        d1.l:=cos(alfar);           { cos(betar)*cos(alfar);}
        d1.m:=sin(alfar)*sin(betar);{ sin(betar)*cos(alfar);}
        d1.n:=sin(alfar)*cos(betar);{ sin(alfar);}
        cosdir(d1);
    END;

{Parametrii dr D2 normala la reflector in pt. P}
PROCEDURE paramdrD2 (pp:punct;VAR dd:dreapta);
    BEGIN
        dd.l:=(pp.x-c.x)/ap/ap;
        dd.m:=(pp.y-c.y)/bp/bp;
    END;

```

```

    dd.n:=(pp.z-c.z)/cp/cp;
    cosdir(dd);
    END;
{Punctul M de pe dreapta d1 ce trece prin P}
PROCEDURE punctM (pp:punct;dd:dreapta;VAR mm:punct);
    BEGIN
    mm.x:=pp.x+dd.l*100;
    mm.y:=pp.y+dd.m*100;
    mm.z:=pp.z+dd.n*100;
    END;

{Unghiul in radiani intre dreptele Da si Db}
FUNCTION unghi2dr (da,db:dreapta):real;
    VAR aa,bb,cc,dd:real;
    BEGIN
    aa:=da.l*db.l+da.m*db.m+da.n*db.n;
    bb:=sqrt(sqr(da.l)+sqr(da.m)+sqr(da.n));
    cc:=sqrt(sqr(db.l)+sqr(db.m)+sqr(db.n));
    dd:=aa/bb/cc;
    unghi2dr:=arccos(dd);
    END;

{Calculeaza param.dr D3, simetrica dr. D1 fata de D2}
PROCEDURE drsim(D1,D2:dreapta;VAR D3:dreapta);
    VAR prodscal:real;
    BEGIN
    prodscal:=D1.l*D2.l+D1.m*D2.m+D1.n*D2.n;
    D3.l:=2*D2.l*prodscal-D1.l;
    D3.m:=2*D2.m*prodscal-D1.m;
    D3.n:=2*D2.n*prodscal-D1.n;
    cosdir(D3);
    END;

{Calculeaza parametrii ptr. punctele N,R si dr. D1,D2,D3.}
PROCEDURE paramdrD3 (D1,D2:dreapta;P,M:punct;VAR D3:dreapta);
    VAR de,te:real; N,R:punct;
    BEGIN
    de:=- (m.x*d2.l+m.y*d2.m+m.z*d2.n);
    te:=- (de+p.x*d2.l+p.y*d2.m+p.z*d2.n)/
    (sqr(d2.l)+sqr(d2.m)+sqr(d2.n));
    {punctul N}
    n.x:=p.x+d2.l*te;
    n.y:=p.y+d2.m*te;
    n.z:=p.z+d2.n*te;
    {punctul R}
    r.x:=2*n.x-m.x;
    r.y:=2*n.y-m.y;
    r.z:=2*n.z-m.z;
    paramdr (p,r,d3);{VARIabila d3 va primi val. coresp}
    END;
PROCEDURE element(x,y:real;VAR E1,E2,E3,E4,EC:punct);
    BEGIN
    punctP(x,y,E1);punctP(x,y+pasY,E2);
    punctP(x+pasX,startYurm+iy*pasYurm,E3);
    punctP(x+pasX,E3.y+pasYurm,E4);
    punctP(x+pasX/2,startYmij+iy*pasYmij+pasYmij/2,EC);
    END;

{ Intersecteaza dr. D3 elipsoidul? }
FUNCTION test(dr:dreapta;pt:punct):boolean;

```

```

VAR aa,bb,cc,dd,ro1,ro2,y1,y2:real;
BEGIN
with dr,pt DO
  BEGIN
    bb:=1*x/ae/ae+m*y/be/be+n*z/ce/ce;
    aa:=sqr(1/ae)+sqr(m/be)+sqr(n/ce);
    cc:=sqr(x/ae)+sqr(y/be)+sqr(z/ce)-1;
    dd:=sqr(bb)-aa*cc;
    IF((dd>0) AND (aa<>0)) THEN
      BEGIN
        ro1:=(-sqr(bb)+sqrt(dd))/aa;
        ro2:=(-sqr(bb)-sqrt(dd))/aa;
        y1:=y+ro1*m;
        y2:=y+ro2*m;
        IF ((-lbec<y1) AND (y1<lbec)) OR
          ((-lbec<y2) AND (y2<lbec)) OR
          ((-lbec>y2) AND (y1>lbec))
          THEN test:=true ELSE test:=false;
        END
        ELSE test:=false ;
      END;
    END;
  END;
FUNCTION dist(a,b:punct):real;(Distanta intre punctele A siB)
  BEGIN
    dist:=sqrt(sqr(a.x-b.x)+sqr(a.y-b.y)+sqr(a.z-b.z));
  END;
FUNCTION aria(E1,E2,E3,E4:punct):REAL;
  VAR diag1,diag2,ung:real;
      dil,di2:dreapta;
  BEGIN
    diag1:=dist(e1,e4);diag2:=dist(e2,e3);
    paramdr(e1,e4,dil);paramdr(e2,e3,di2);
    ung:=unghi2drr(dil,di2);
    aria:=abs((diag1*diag2)/2*sin(ung));
  END;

{Testeaza daca raza incidenta nu este obturata}
FUNCTION testplan (latRef:real;d1:dreapta;p:punct;nivel:real;VAR
s:punct):boolean;
  VAR ro:real;
  BEGIN
    ro:=(nivel-p.x)/d1.l;
    s.x:=p.x+d1.l*ro;
    s.y:=p.y+d1.m*ro;
    s.z:=p.z+d1.n*ro;
    testplan:=
      ( (c.z<=0)AND
        (s.y>=(c.y-latRef/2)) AND
        (s.y<=(c.y+latRef/2)) AND
        (sqr((s.x-c.x)/ap)+sqr((s.y-c.y)/bp)+sqr((s.z-c.z)/cp)-
1<=0) AND
        (sqr((s.x-c.x)/ap)+sqr((s.y-c.y)/bp)+sqr((s.z+c.z)/cp)-
1<=0)
      ) OR
      (
        (c.z>0) AND
        (s.y>=(c.y-latref/2)) AND
        (s.y<=(c.y+latref/2)) AND

```

```

        ( ((s.z<=c.z) AND (s.z>=-c.z)) OR
          (sqr((s.x-c.x)/ap)+sqr((s.y-c.y)/bp)+
           sqr((s.z+c.z)/cp)-1<=0) OR
          (sqr((s.x-c.x)/ap)+sqr((s.y-c.y)/bp)+
           sqr((s.z-c.z)/cp)-1<=0)
        )
    );
END;
PROCEDURE paramcun (l,m,n:real;VAR d4:dreapta);
BEGIN
    d4.l:=l;
    d4.m:=m;
    d4.n:=n;
END;
PROCEDURE pcoord (x,y,z:real;VAR F:punct);
BEGIN
    F.x:=x;
    F.y:=y;
    F.z:=z;
END;

FUNCTION prbec (d:dreapta;p:punct):real;
VAR ro,arie:real;
    d01,d02:dreapta;
    Phv:punct;
    h,v:integer; semilung:integer;
    p0:punct;
BEGIN
    IF (be<lbec) AND (ce<be) THEN semilung:=round(be);
    IF (be>lbec) AND (ce<lbec) THEN semilung:=round(lbec);
    IF (be<lbec) AND (ce>be) THEN semilung:=round(ce);

    ro:=sqrt(sqr(d.l)+sqr(d.m));
    arie:=0;
    FOR v:=-semilung TO semilung DO
        FOR h:=-semilung TO semilung DO
            BEGIN
                Phv.x:=(-h*D.m-v*D.l*D.n)/ro;
                Phv.y:=(h*D.l-v*D.m*D.n)/ro;
                Phv.z:=v*ro;
                IF (test (d,Phv) AND testplan (latRefY2,D,Phv,
                    (inaltRefX+limInfX),Ale))
                    THEN
                        BEGIN
                            putpixel(100+round(h/2),200-round(v/2),
yellow);
                                arie:=arie+1;
                            END;
                        END;
                    END;
                prbec:=arie;
            END;
END;
PROCEDURE paramD4;
BEGIN
    d4.l:=1;
    d4.m:=0;
    d4.n:=0;
END;

PROCEDURE Prplan(D:dreapta;P:punct;VAR Pplan:punct);

```

```

VAR
  ro, ehx, ehy, evx, evy, evz:Real;
BEGIN
  ro:=Sqrt(D1.l*D.l+D.m*D.m);
  Pplan.x:=(-P.x*D.m+P.y*D.l)/ro;
  Pplan.y:=(-P.x*D.l*D.n-P.y*D.m*D.n)/ro+P.z*ro;
  Pplan.z:=0;
END;
PROCEDURE paramrefl;
  BEGIN
    liminfy:= c.y-(latrefy1/2);
    deltaY:=(latrefy2-latrefy1)/2;
    {parametrii pt.ce se proiecteaza pe planul normal ptr.
    directia axei-la calculul influentei becului}
    py100.x:=0;
    py100.y:=0;
    py100.z:=1;
  END;

PROCEDURE antet;
  BEGIN
    writeln(fisier,
      'É-----
----->');
    writeln(fisier, '      Coordonatele centrului reflectorului
lateral: '
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier, '
', 'c.x=:8,c.x:8:2, 'c.y=:8,c.y:8:2, 'c.z=:8,c.z:8:2
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier, '      Parametrii reflectorului: '
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier, '      ', 'ap=:8,ap:8:2, 'bp=:8,bp:8:2, 'cp=:8,cp:8:2
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier, '      Limitele reflectorului lateral: '
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier, '
', 'limInfX=:10,limInfX:9:2, 'inaltRefX=:12,inaltrefx:10:2,
      'limInfY=:10,liminfy:8:2
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier, '      ', 'latRefY1=:10,latrefy1:8:2,
      'latRefY2=:11,latrefy2:8:2
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier, '      Parametrii becului: '
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier, '      ', 'ae=:8,ae:8:2, 'be=:8,be:8:2, 'ce=:8,ce:8:2
      ,CHR(13), '°
°');
    writeln(fisier,
      'É-----
-----<');
  
```



```

        writeln(fisier);
        writeln(fisier,'unghi':10,'ref1':10,'ref1+2':10,'bec':10,'i1000':
10);
END;

```

```

{Initializeaza ecranul grafic}
PROCEDURE grstart;(procedura de initializare)
    VAR nn:integer;
    BEGIN
    { driver:=ibm8514;modus:=ibm8514hi;}
    initgraph( driver,modus, '');
    IF graphresult<>grok THEN halt(1);
    setbkcolor(1);
    cleardevice;
    rectangle(0,0,getmaxx,getmaxy);
    rectangle(29,79,391,301); { curba fotometrica}
    outtextxy(29,69,'250 200 150 100 50 [cd/1000lm]');
    outtextxy(5,110,'80ø');outtextxy(5,150,'70ø');
    outtextxy(5,190,'60ø'); outtextxy(5,240,'50ø');
    rectangle(199,449,601,461);{ text}
    outtextxy(199,439,' alfa ir1 ir1+2 ib
i');
    rectangle(399,9,621,401); { desen}
    setviewport(30,80,390,300,true);
    FOR nn:=1 TO 10 DO circle(180,0,round(50/1.5*nn));
    FOR nn:=1 TO 17 DO line(180,0,180+round(400*cos(pi/18*nn)),
        round(400*sin(pi/18*nn)));
    setviewport(0,0,getmaxx,getmaxy,true);
    END;

```

```

{In mod grafic}
PROCEDURE grafic(alfag,radius:real;sir:string);
    CONST a:integer=0;
    CONST b:integer=0;
    VAR c,d:integer;
        tr,trl:array[1..4] OF pointTYPE;
    BEGIN
        IF nrcont=0 THEN BEGIN a:=0; b:=0; END;(reinitializare)
        setviewport(30,80,390,300,false);
        setcolor(59);
        c:=abs(round(radius/1.5*sin(pi/180*alfag)));
        d:=abs(round(radius/1.5*cos(pi/180*alfag)));
        tr[1].x:=180;tr[1].y:=0;
        tr[2].x:=180+a;tr[2].y:=b;
        tr[3].x:=180+c;tr[3].y:=d;
        tr[4].x:=180;tr[4].y:=0;
        { grafic simetric}
        trl[1].x:=180;trl[1].y:=0;
        trl[2].x:=180-a;trl[2].y:=b;
        trl[3].x:=180-c;trl[3].y:=d;
        trl[4].x:=180;trl[4].y:=0;
        setfillstyle(11,62);
        fillpoly(4,tr);
        fillpoly(4,trl);
        a:=c;b:=d;
        setviewport(200,450,600,460,false);
        clearviewport;
        setcolor(60);

```

```

        outtextxy(0,2,sir);
    END;

PROCEDURE pr4p(e1,e2,e3,e4:punct);
VAR
    tr:array[1..4] OF pointTYPE;
    BEGIN
        setviewport(400,10,620,400,true);
        tr[1].x:=100-round(e1.x/2);tr[1].y:=200+round(e1.y/2);
        tr[2].x:=100-round(e2.x/2);tr[2].y:=200+round(e2.y/2);
        tr[4].x:=100-round(e3.x/2);tr[4].y:=200+round(e3.y/2);
        tr[3].x:=100-round(e4.x/2);tr[3].y:=200+round(e4.y/2);
        setfillstyle(0,getcolor);
        fillpoly(4,tr);
    END;

PROCEDURE pr4pN(e1,e2,e3,e4:punct);
VAR
    tr:array[1..4] OF pointTYPE;
    BEGIN
        setviewport(400,10,620,400,true);
        tr[1].x:=100+round(e1.x/2);tr[1].y:=200-round(e1.y/2);
        tr[2].x:=100+round(e2.x/2);tr[2].y:=200-round(e2.y/2);
        tr[4].x:=100+round(e3.x/2);tr[4].y:=200-round(e3.y/2);
        tr[3].x:=100+round(e4.x/2);tr[3].y:=200-round(e4.y/2);
        setfillstyle(0,getcolor);
        fillpoly(4,tr);
    END;

PROCEDURE pixel(dd:dreapta;pp:punct);
VAR PPl:punct;
    BEGIN
        prplan(dd,pp,PPl);
        putpixel(100-round(PPl.x/2),200+round(PPl.y/2),lightred);
    END;

PROCEDURE pixelN(dd:dreapta;pp:punct);
VAR PPl:punct;
    BEGIN
        prplan(dd,pp,PPl);
        putpixel(100+round(PPl.x/2),200-round(PPl.y/2),lightred);
    END;

{Prog. principal Ruleaza}
BEGIN
    assign(fisier,'date1.txt');
    rewrite(fisier);
    paramrefl;
    antet;
    grstart;
    int01000:=int0max/flux*1000;
    l01000:=int01000/(pi*ae*be*0.000001);
    FOR nrcont:=0 TO nr-1 DO
    BEGIN
        setviewport(400,10,620,400,true);clearviewport;
        alfag:=alfastart+nrcont*(alfaEND-alfastart)/(nr-1);
        outtextxy(1,1,'ELBA-SA');
        unghiurirr;
    END;
END;

```

```

pasX:=InaltRefX/nmaxx;
s:=0;s1:=0;s2:=0;s3:=0;
FOR ix:=0 TO nmaxx-1 DO
BEGIN
PTPEREFL:=TRUE;
x:=liminfX+ix*pasX;
largireY:=ix*deltaY/nmaxx;
pasY:=(2*largireY+latRefY1)/nmaxx;
startY:=limInfY-largireY;{cu - ptr.ca liminfY este negativ}
testlimite(x,starty,pasy);
largireYurm:=largireY+deltaY/nmaxx;
pasYurm:=(2*largireYurm+latRefY1)/nmaxx;
startYurm:=limInfY-largireYurm;
testlimite(x+pasx,startyurm,pasyurm);
startymij:=(starty+startyurm)/2;
pasy mij:=(pasy+pasyurm)/2;
FOR iy:=0 TO nmaxx-1 DO
BEGIN
y:=startY+iy*pasY;
PTPEREFL:=TRUE;
element(x,y,pE1,pE2,pE3,pE4,P);{punctele unui element
unitar}
IF PTPEREFL THEN
REPEAT ALFAR:=-ALFAR;
paramdrD1(alfar,betar,D1);{=>D1}
{Punctele E1,E2,E3,E4 vor avea coordonatele in pl. de
proiectie;}
prplan(D1,pE1,E1);prplan(D1,pE2,E2);
prplan(D1,pE3,E3);prplan(D1,pE4,E4);
punctM(P,D1,M);{=>M}
paramdrD2(P,D2);
drsim(D1,D2,D3); {paramdrD3(D1,D2,P,M,D3);}
{Refl.lateral- bec. Testeaza intii planul}

TestPlanRef:=testplan(latRefY2,d1,p,(inaltrefx+liminfX),Ale);
IF (testplanref AND (not test(d1,p)) AND test(d3,p))
THEN
BEGIN
s1:=s1+aria(e1,e2,e3,e4);
setcolor(lightmagenta);
IF alfar<=0 THEN pr4p(e1,e2,e3,e4);
IF alfar>=0 THEN pr4pn(e1,e2,e3,e4);
END
ELSE
BEGIN
IF testplanref=true THEN setcolor(lightgreen)
ELSE setcolor(brown);
IF alfar<=0 THEN pr4p(e1,e2,e3,e4);
IF alfar>=0 THEN pr4pn(e1,e2,e3,e4);
END;

{Refl.lateral-refl.fund-bec}
IF testplan(latRefY1,d3,P,liminfX,Ale) THEN
BEGIN
paramD4;
drsim(D3,D4,D5);{Parametrii directiei D5}
{Testeaza daca D5 intersecteaza becul}
IF test(D5,Ale) THEN {Ale -calculat cu testplan}
BEGIN

```

```

s2:=s2+aria(e1,e2,e3,e4);
setcolor(lightred);
IF alfar<=0 THEN
  BEGIN
  pixel(d1,ale);
  pr4p(e1,e2,e3,e4);
  END;
IF alfar>=0 THEN
  BEGIN
  pixelN(d1,ale);
  pr4pn(e1,e2,e3,e4);
  END;
  END;
  END;
UNTIL (ALFAR>=0);      {PTPEREFL}
IF keypressed THEN
  IF readkey=chr(27) THEN
    BEGIN
    nr:=0;ix:=nmaxx-1;iy:=nmaxx-1;
    END;
  END;
END;

END;
{refl.lateral}
int10001:=s1*0.000001*101000*fro;
{ref.lateral+ref.fund}
int10002:=s2*0.000001*101000*fro*fro;
{lumina directa}
int10003:=prbec(D1,py100)*0.000001*101000;
int1000:=int10001+int10002+int10003;
str(alfag:5:2,sirl);
sir:=sirl;
str(int10001:10:2,sirl);
sir:=sir+sirl;
str(int10002:10:2,sirl);
sir:=sir+sirl;
str(int10003:10:2,sirl);
sir:=sir+sirl;
str(int1000:10:2,sirl);
sir:=sir+sirl;
writeLn(fisier,alfag:10:2,int10001:10:2,int10002:10:2,
int10003:10:2,int1000:10:2);
grafic(alfag,int1000,sir);
END;{ptr. unghiuri}
close(fisier);
REPEAT
  TASTA:=readkey;
  IF tasta='P' THEN
    BEGIN
    assign(imprim,'impr.imp');
    rewrite(imprim);
    hardcopy(imprim);close(imprim);
    outtextxy(1,1,' PROGRAMUL S-A TERMINAT APASA <ESC>
');
    END;
  UNTIL TASTA=#27;
  closegraph;
END;{Ruleaza}

```

```

(*F-*)
PROCEDURE Notex;      (procedura ptr.eroare)
    BEGIN
        closegraph;
        exitproc:=oldexitproc;
    END;

(*F-*)

PROCEDURE Placa;      (PLACA.INC)
    BEGIN
        driver:=detect;
        DetectGraph(driver,modus);
        CASE driver OF
            1..6,8..9 : incepecran:=$b800;
            -2,7,10  : incepecran:=$b000;
        END;
    END;

PROCEDURE Marcecr;
    VAR
        ecran:Pointer;
    BEGIN
        ecran:=Ptr(incepecran,0);
        Move(ecran^,ajut^,4000);
    END;
PROCEDURE Movecr;
    VAR
        ecran:Pointer;
    BEGIN
        ecran:=Ptr(incepecran,0);
        Move(ajut^,ecran^,4000);
    END;

PROCEDURE Cursor(vizibil:Boolean);
    VAR
        reg:Registers;
    BEGIN
        reg.ah:=1;
        IF vizibil THEN
            BEGIN
                IF incepecran=$b800 THEN BEGIN
                    reg.ch:=6;
                    reg.cl:=7;
                END
                ELSE BEGIN
                    reg.ch:=12;
                    reg.cl:=13;
                END;
            INTR(16,reg);
        END
        ELSE BEGIN
            reg.ch:=32;
            reg.cl:=7;
            INTR(16,reg);
        END;
    END;
END;

```

```

PROCEDURE Tabel;                                     (TABEL.INC)
BEGIN
  TextColor(lightred);
  GotoXY(17,2);
  Write(' SIMULAREA FUNCTIONARII CORPURILOR DE ILUMINAT ');
  TextColor(yellow);
  GotoXY(7,6); Write('PROGRAM de calcul ');
  GotoXY(7,8); Write('PARAMETRII reflector ');
  GotoXY(7,10); Write('PARAMETRII bec ');
  GotoXY(7,12); Write('ELEMENTE ref. nmaxx= ',nmaxx:6);
  GotoXY(7,14); Write('Factor de reflexie = ',fro:8:1);
  GotoXY(7,16); Write('INCLINATIE plan C = ',BETAG:8:1);
  GotoXY(46,6); Write('NR.puncte (min 2) = ',nr:6);
  GotoXY(46,8); Write('UNGHIUL amin= ',alfastart:6);
  GotoXY(46,10); Write('UNGHIUL amax= ',alfaEND:6);
  GotoXY(46,12); Write('Limitare bec ',lbec:8:1);
  GotoXY(46,14); Write(' ');
  GotoXY(46,16); Write('INCHEIERE PROGRAM');
  TextColor(lightred);
  GotoXY(10,20); Write('- Selectarea unei optiuni cu tastele
SAGETI');
  GotoXY(10,21); Write('- Lansarea optiunii selectate cu
<RETURN>');
  GotoXY(10,22); Write('- Iesirea din (sub)program cu <ESC>');
END;

PROCEDURE Tabel2;
VAR a:integer;
BEGIN
  window(1,1,80,25);
  a:=40;
  TextColor(yellow);
  GotoXY(a,8); Write('REFL.sub axa LimInfX= ',liminfX:8:1);
  GotoXY(a,9); Write('REFL.gros. InaltRefX= ',InaltRefX:8:1);
  GotoXY(a,10); Write('REFL. lat1 LatRefy1= ',latrefy1:8:1);
  GotoXY(a,11); Write('REFL. lat2 LatRefy2= ',latrefy2:8:1);
  GotoXY(a,12); Write('Centrul refl. c.x= ',c.x:8:1);
  GotoXY(a,13); Write('Centrul refl. c.y= ',c.y:8:1);
  GotoXY(a,14); Write('Centrul refl. c.z= ',c.z:8:1);
  GotoXY(a,15); Write('PARAM refl. ap= ',ap:8:1);
  GotoXY(a,16); Write('PARAM refl. bp= ',bp:8:1);
  GotoXY(a,17); Write('PARAM refl. cp= ',cp:8:1);
END;

PROCEDURE Tabel3;
VAR a:integer;
BEGIN
  window(1,1,80,25);
  a:=40;
  TextColor(yellow);
  GotoXY(a,8); Write('Semilungime bec be= ',be:8:1);
  GotoXY(a,9); Write('Semilatime bec ce= ',ce:8:1);
  GotoXY(a,10);
  Write('Semiinaltime bec ae= ',ae:8:1);
  GotoXY(a,11); Write('Flux bec[lm] flux= ',flux:8:1);
  GotoXY(a,12); Write('Int. bec[cd] intOmax= ',intOmax:8:1);
END;

```

```

PROCEDURE Box(x1,y1,x2,y2:Integer;col:Byte);
  VAR i:Integer;
  BEGIN
    textColor(col);
    GotoXY(x1,y1);Write('É');
    FOR i:=x1+1 TO x2-1 DO Write('°');
    Write('»');
    FOR i:=y1+1 TO y2-1 DO BEGIN
      GotoXY(x1,i);Write('°');
      GotoXY(x2,i);Write('°');
    END;
    GotoXY(x1,y2);Write('É');
    FOR i:=x1+1 TO x2-1 DO Write('-');
    Write('¼');
  END;

PROCEDURE Cadru;
BEGIN
  Box(1,1,80,3,lightcyan);
  Box(1,4,39,17,yellow);
  Box(40,4,80,17,yellow);
  Box(1,18,80,24,lightgreen);
END;

PROCEDURE Scris(pozx,pozy,lung,atr:Byte);{coord.absolute!}
VAR
  i:Integer;
BEGIN
  i:=-1;
  lung:=2*lung;
  REPEAT
    Inc(i,2);
    Mem[incepecran:(pozy-1)*160+(pozx-1)*2+i]:=atr;
  UNTIL i+2>lung;
END;

PROCEDURE citeste(VAR VARIabila:real);
  VAR z:integer;zz:real;
  cIFre:Set OF Char;
  datum:string[8];
  ch:char;
  BEGIN
    cursor(true);
    cIFre:=['0'..'9','.', '-'];z:=0;datum:='';
    REPEAT
      ch:=Readkey;
      IF(ch in cIFre) THEN
        BEGIN
          inc(z);
          write(ch);
          datum:=datum+ch;
        END;
      IF((ch=^H) OR (z>7)) THEN
        BEGIN
          write (^H,' ',^H);
          datum:=copy (datum,1,Length(datum)-
1);
          dec(z);
        END;
    END;

```

```

        UNTIL(ch='^M');
        VAL(datum,zz,z);
        IF z=0 THEN VARIabila:=zz;
        gotoxy(1,1);write(VARIabila:9:1);
        cursor(false);
    END;
PROCEDURE Instal2;
VAR aaa,bbb,ccc,ddd:integer;
BEGIN
    aaa:=marcal[pozil,1]+22;
    bbb:=marcal[pozil,2];
    ccc:=aaa+9;
    ddd:=bbb;
    textattr:=16*red+yellow;
    window(aaa,bbb,ccc,ddd); clrscr;gotoxy(1,1);
    CASE pozil OF
        1: citeste(LimInfX);
        2: citeste(InaltRefX);
        3: citeste(LatRefY1);
        4: citeste(LatRefY2);
        5: citeste(c.x);
        6: citeste(c.y);
        7: citeste(c.z);
        8: citeste(ap);
        9: citeste(bp);
        10: citeste(cp);
    END;
    scriis(aaa,bbb,10,green*16+red);
END;
PROCEDURE Instal3;
VAR aaa,bbb,ccc,ddd:integer;
BEGIN
    aaa:=marcal[pozil,1]+22;
    bbb:=marcal[pozil,2];
    ccc:=aaa+9;
    ddd:=bbb;
    textattr:=16*blue+yellow;
    window(aaa,bbb,ccc,ddd); clrscr;gotoxy(1,1);
    CASE pozil OF
        1: citeste(BE);
        2: citeste(CE);
        3: citeste(AE);
        4: citeste(FLUX);
        5: citeste(INTOMAX);
    END;
    scriis(aaa,bbb,10,magenta*16+green);
END;
PROCEDURE Select1(submenu:byte);
VAR
    taste:Char;
    att:byte;
    loc:byte;
BEGIN
    CASE submenu OF
        2:loc:=10;
        3:loc:=5;
        ELSE exit;
    END;

```



```

att:=textattr;
cursor(false);
pozil:=1; pozxl:=marcal[1,1]; pozy1:=marcal[1,2];
REPEAT
  scriș(pozxl,pozy1,21,blue*16+lightred);
  taste:=ReadKey;
  IF taste=#0 THEN BEGIN
    taste:=ReadKey;
    scriș(pozxl,pozy1,21,att);
    CASE taste OF
      #75: pozil:=1;
      #77: pozil:=loc;
      #72: IF pozil>1 THEN Dec(pozil);
      #80: IF pozil<loc THEN Inc(pozil);
    END;
  END;
  pozxl:=marcal[pozil,1]; pozy1:=marcal[pozil,2];
  scriș(pozxl,pozy1,21,blue*16+lightred);
  IF taste=#13 THEN
    CASE submenu OF
      2: Instal2;
      3: Instal3;
    END;
  UNTIL taste=#27;
  WINDOW(1,1,80,25);
  ClrScr;
END;

PROCEDURE Instal;
VAR aaa,bbb,ccc,ddd:integer;
pppp:pointer; size:word;
BEGIN
  aaa:=marca[pozi,1]+26;
  bbb:=marca[pozi,2];
  ccc:=aaa+9;
  ddd:=bbb;
  textattr:=green*16+red;
  window(aaa,bbb,ccc,ddd);clrscr;gotoxy(1,1);
  new(ajut);
  CASE pozi OF
    1: BEGIN
      marcecr;
      window(1,1,80,25);TEXTATTR:=15;clrscr;
      ruleaza;CLRSCR;movecr;
      cursor(false);
    END;
    2: BEGIN
      marcecr;
      window(29,6,80,19);
      textattr:=green*16+red;
      clrscr;box(2,1,51,14,red);
      tabel2;
      select1(2);
      movecr;
    END;
    3: BEGIN {parametrii bec}
      marcecr;
      window(29,6,79,14);textattr:=magenta*16+lightblue;
      clrscr;box(2,1,50,9,green);
  
```

```

        tabel3;
        select1(3);
        movecr;
        END;
4: BEGIN
    v:=nmaxx;
    citeste(v);
    nmaxx:=round(v);
    END;
5: citeste(fro);
6: citeste(betag);
7: BEGIN
    v:=nr;
    citeste(v);
    nr:=round(v);
    END;
8: BEGIN
    v:=alfastart;
    citeste(v);
    alfastart:=round(v);
    END;
9: BEGIN
    v:=alfaEND;
    citeste(v);
    alfaEND:=round(v);
    END;
10: BEGIN
    v:=lbec;
    citeste(v);
    lbec:=v;
    END;
11: ;
12: ;
    END;
    scriș(aaa,bbb,10,blue*16+green);
END;

PROCEDURE Select;
VAR
    taste:Char;
BEGIN
    cursor(false);
    pozi:=1; pozx:=marca[1,1]; pozy:=marca[1,2];
    REPEAT
        scriș(pozx+4,pozy,21,red*16+yellow);
        taste:=ReadKey;
        IF taste=#0 THEN BEGIN
            taste:=ReadKey;
            scriș(pozx+4,pozy,21,blue*16+yellow);
            CASE taste OF
                #75: pozi:=1;
                #77: pozi:=7;
                #72: IF pozi>1 THEN Dec(pozi);
                #80: IF pozi<12 THEN Inc(pozi);
            END;
        END;
        pozx:=marca[pozi,1]; pozy:=marca[pozi,2];
        scriș(pozx+4,pozy,21,red*16+yellow);
        IF taste=#13 THEN

```

```

                IF pozi<12 THEN Instal ELSE taste:=#27;
UNTIL taste=#27;
WINDOW(1,1,80,25);
textattr:=30;
ClrScr;
cursor(true);
END;

BEGIN
    setcbreak(true);
    includ;
    OldExitProc:=exitproc;
    exitproc:=@Notex;
    textattr:=blue*16+yellow;
    ClrScr;
    Placa;
    Tabel;
    Cadru;
    Select;
END. {FO12.PAS}

```

## ANEXA 1.2 Programul LUM

```

; PROGRAM IN LIMBAJ AUTOLISP PENTRU PROIECTAREA REFLECTOARELOR
; CU SURSA PUNCTIFORMA SAU LINIARA, IN VEDEREA OBTINERII UNEI
; INTENSITATI LUMINOASE CONSTANTE PE O SUPRAFATA ASEZATA SUB
; CORPUL DE ILUMINAT.
; Programul apeleaza la randul sau unul din cele doua programe
; scrise in limbaj TURBO-PASCAL:
; - LUMPT (pentru surse punctiforme),
; - LUMLIN (pentru surse liniare).
;Salveaza VARIabilele
(DEFUN modes (a)
    (SETQ mlst nil)
    (REPEAT (length a)
        (SETQ mlst (append mlst
            (LIST (LIST (car a) (getVAR (car
a)
                )));LIST,LIST,append
            ); SETQ
        (SETQ a (cdr a))
    );DEFUN,REPEAT
;Seteaza VARIabilele la valoarea initiala
(DEFUN moder ()
    (REPEAT (length mlst)
        (setVAR (caar mlst) (cadar mlst))
        (SETQ mlst (cdr mlst))
    );DEFUN,REPEAT
;Eroare
(DEFUN perror (msg)
    (SETQ *error* err
        err nil)
    )
;Selecteaza parametrii entitatii
(DEFUN getval (n e)
    (cdr (assoc n (entget e)))
)

```

```

;Numele ultimei subentitati sau ent. create.
(DEFUN lastend (/ a b)
  (IF (SETQ a (entlast)); ultima ent. princ.
      (WHILE (SETQ b (entnext a))
          (SETQ a b)
        )
    );IF,WHILE
  a;ultima (sub)entitate
);DEFUN
;Punct la dx si dy de punctul initial p.
(DEFUN distp (p dx dy)
  (mapcar '(lambda (x y)
            (+ x y))
          p
          (LIST dx dy)
        )
);DEFUN,mapcar
;Citeste datele trimise de Pascal.
(DEFUN citeste (/ fisier linie x y txa pgraf xgraf ygraf)
  (graphscr)
  (SETQ txa '()
    pgraf (getpoint "\nColtul graficului: ")
    xgraf (car pgraf)
    ygraf (cadr pgraf)
  )
  (SETQ fisier (open "profil.dat" "r"))
  (SETQ linie (read-line fisier))
  (WHILE (SETQ linie (read-line fisier))
    (SETQ x (atof (substr linie 31 10))
          y (atof (substr linie 41 10)))
    (SETQ txa (cons (LIST 'quote
                        (LIST (+ xgraf x) (+ ygraf y))) txa)
    )
  )
  (close fisier)
);Deseneaza graficul.
; (COMMAND"layer" "set" "c1" "")
  (eval (append '(COMMAND"pline") txa '(""))
  (COMMAND"pedit" (entlast) "w" "0.3" "s" ""))
);
;Functia principala.
(DEFUN C:LUM ()
; (SETQ err *error* *error* perror)
  (SETQ pexe (getstring "Fissierul .exe <lumpt,lumlin>"))
  (COMMAND"shell" pexe)
  (COMMAND"regen")
  (modes '("BLIPMODE" "CMDECHO" "TEXTEVAL"))
  (setVAR "blipmode" 1);invers
  (setVAR "cmdecho" 1);invers
  (citeste)
  (moder)
; (SETQ *error* err err nil)
  (princ)
)
; (princ "\nSe lanseaza cu LUM")
; (princ)

(*****LUMPT*****)
(* Calculeaza profilul reflectorului pentru o sursa punctiforma
in vederea obtinerii unei iluminari constante pe o suprafata *)
program lumpt;
uses wincrt;

```

```

TYPE articol=record
    teta,fi,r,x,y:real;
    END;
VAR ro,teta0,teta0g,fi0,x0,y0,rzero,fi0g,rap,a,tetar,fir:real;
i:integer;
tot:array[0..100] OF articol;
fisier:text;
larg:integer;
pas:real;
FUNCTION rad(a:real):real;
    BEGIN
    rad:=a*pi/180;
    END;
FUNCTION grad(a:real):real;
    BEGIN
    grad:=a*180/pi;
    END;
FUNCTION arccos(a:real):real;
    BEGIN
    IF abs(a)>1 THEN
        BEGIN
        close (fisier);
        halt;
        END;
    IF a=0 THEN arccos:=pi/2
        ELSE IF a>0 THEN arccos:=arctan(1/a*sqrt(1-a*a))
            ELSE arccos:=pi+arctan(1/a*sqrt(1-a*a));
    END;
FUNCTION arcsin(a:real):real;
    BEGIN
    IF a=1 THEN arcsin:=pi/2 ELSE
        arcsin:=arctan(a/sqrt(1-a*a));
    END;
FUNCTION tan(teta:real):real;
    BEGIN
    tan:=sin(teta)/cos(teta);
    END;
PROCEDURE dateintrare;
    BEGIN
    clrscr;
    gotoxy(1,1);
    write('teta0g=');read(teta0g);
    write('Factor de reflexie:');read(ro);
    write('x0=');read(x0);
    write('y0=');read(y0);
    rzero:=sqrt(y0*y0+x0*x0);
    fi0:=arctan(x0/y0);
    fi0g:=grad(fi0);
    write('Iax/Is=');read(rap);
    teta0:=rad(teta0g);
    REPEAT
        write('Reflector adinc (-1) sau larg (+1)?');
        read(larg);
    UNTIL (larg=-1) OR (larg=1);
    write('pas[grd.]');read(pas);
END;
FUNCTION fIF(teta:real):real;

```

```

        BEGIN
            fif:=arccos(a-rap/2/ro*(tan(teta))*(tan(teta))-
1/ro*(cos(teta)));
            END;

FUNCTION j(teta:real):real;
    VAR be,fi,d,ji,un:real;
    BEGIN
        be:=cos(teta);
        un:=a-rap/2/ro*(tan(teta))*(tan(teta))-
1/ro*(cos(teta));
        fi:=arccos(un);
        d:=-1/ro*(sin(teta))/(sin(fi))*(rap/(be*be*be)-1) ;
        ji:=(tan((fi+(larg*teta))/2))*d;
        j:=abs(ji);
        {larg = -1 ptr forma inchisa sau +1 ptr. forma
deschisa}
    END;
FUNCTION integrala(teta:real):real;
    CONST n=100;
    VAR s,h,fh:real;
        i,k:integer;
    BEGIN
        h:=(teta-teta0)/n;
        k:=2;
        s:=j(teta0)+j(teta);
        FOR i:=1 TO n-1 DO
            BEGIN
                k:=6-k;
                fh:=j(teta0+i*h);
                s:=s+k*fh;
            END;
        integrala:=h/3*s;
    END;
FUNCTION rf(teta:real):real;
    BEGIN
        rf:=rzero*exp(integrala(teta))
    END;
PROCEDURE initializare;
    VAR i:integer;
    BEGIN
        FOR i:=0 TO 100 DO
            BEGIN
                with tot[i] DO
                    BEGIN
                        teta:=i;
                        fi:=0; r:=0; x:=0; y:=0;
                    END;
                END;
            END;
        BEGIN
            dateintrare;
            initializare;
            a:=cos(fi0)+rap/2/ro*(tan(teta0))*(tan(teta0))+(cos(teta0))/ro;
            assign(fisier,'profil.dat');
            rewrite(fisier);
            writeln('teta':10,'fi':10,'r':10,'x':10,'y':10);
            writeln(fisier,'teta':10,'fi':10,'r':10,'x':10,'y':10);
            i:=0;

```

```

REPEAT
  BEGIN
    with tot[i] DO
      BEGIN
        teta:=teta0g+i*pas;
        tetar:=rad(teta);
        fir:=fif(tetar);
        fi:=grad(fir);
        r:=rf(tetar);
        x:=r*sin(fir); y:=r*cos(fir);
        if (fi+teta)<=180 THEN
          BEGIN
            writeln(teta:10:2,fi:10:2,r:10:4,x:10:2,y:10:2);

writeln(fisier,teta:10:2,fi:10:2,r:10:4,x:10:2,y:10:2);
            END;
          END;
          i:=i+1;
          END;
        UNTIL (tot[i-1].fi+tot[i-1].teta)>=180;
        close(fisier);
      END.

(*****LUMLIN*****
(* Calculeaza profilul reflectorului pentru o sursa liniara
in vederea obtinerii unei iluminari constante pe o suprafata
asezata sub CIL *)
program lumlin;
uses crt;
VAR
ro,teta0,fi0,x0,y0,x,y,r,rzero,fi0g,rap,a,teta,tetar,fi,fir,teta0g:re
al;
  i:integer;
  fisier:text;
  larg,sursa:integer;
  pas:integer;
FUNCTION rad(a:real):real;
  BEGIN
    rad:=a*pi/180;
  END;
FUNCTION grad(a:real):real;
  BEGIN
    grad:=a*180/pi;
  END;
FUNCTION arccos(a:real):real;
  BEGIN
    IF abs(a)>1 THEN
      BEGIN
        close (fisier);
        halt;
      END;
    IF a=0 THEN arccos:=pi/2
      ELSE IF a>0 THEN arccos:=arctan(1/a*sqrt(1-a*a))
        ELSE arccos:=pi+arctan(1/a*sqrt(1-a*a));
  END;
FUNCTION arcsin(a:real):real;
  BEGIN
    IF a=1 THEN arcsin:=pi/2 ELSE

```

```

        arcsin:=arctan(a/sqrt(1-a*a));
    END;
FUNCTION tan(teta:real):real;
VAR a:real;
    BEGIN
        a:=teta;
        tan:=(sin(teta))/(cos(teta));
    END;
FUNCTION lne(a:real):real;
    BEGIN
        IF a=1 THEN lne:=0 ELSE lne:=ln(a);
    END;
PROCEDURE dateintrare;
    BEGIN
        clrscr;
        gotoxy(1,1);
        write('teta0g=');read(teta0g);
        write('x0=');read(x0);
        write('y0=');read(y0);
        rzero:=sqrt(y0*y0+x0*x0);
        fi0:=arctan(x0/y0);
        fi0g:=grad(fi0);
        write('Iax/Is=');read(rap);
        write('Factor de relexie:');read(ro);
        teta0:=rad(teta0g);
        REPEAT
            write('Reflector adinc (-1) sau larg (+1)?');
            read(larg);
        UNTIL (larg=-1) OR (larg=1);
        write('Contributia sursei [0=sursa obturata:]);
        read(sursa);
        IF sursa>0 THEN sursa:=1;
        write('pas[grd.]='); read(pas);
    END;

FUNCTION fif(teta:real):real;
VAR b,c,d,e,te:real;
    BEGIN
        te:=teta;
        b:= tan(teta/2+pi/4);
        c:=0.5*lne(b);
        d:=(sin(teta))/2/(cos(teta))/(cos(teta));
        e:=a+rap/ro*(d+c)-sursa*teta/ro;
        fif:=e;
    END;

FUNCTION j(teta:real):real;
VAR be,fir,d,ji,un:real;
    BEGIN
        be:=cos(teta);
        fir:=fif(teta);
        d:=1/ro*(rap/(be*be*be)-sursa);
        ji:=(tan((fir+(larg*teta))/2))*d;
        j:=abs(ji);
        {larg = -1 ptr forma inchisa sau +1 ptr. forma
deschisa}
    END;
FUNCTION integrala(teta:real):real;
    CONST n=50;

```



```

VAR s,h,fh:real;
    i,k:integer;
BEGIN
    h:=(teta-teta0)/n;
    k:=2;
    s:=j(teta0)+j(teta);
    FOR i:=1 TO n-1 DO
        BEGIN
            k:=6-k;
            fh:=j(teta0+i*h);
            s:=s+k*fh;
        END;
        integrala:=h/3*s;
    END;
FUNCTION rf(teta:real):real;
    BEGIN
        rf:=rzero*exp(integrala(teta))
    END;
BEGIN
    dateintrare;
    a:=fi0-rap/ro*((sin(teta0))/2/(cos(teta0))/(cos(teta0))+
        1/2*(lne(tan(teta0/2+pi/4))))+sursa*teta0/ro;
    assign(fisier,'profil.dat');
    rewrite(fisier);
    writeln('teta':10,'fi':10,'r':10,'x':10,'y':10);
    writeln(fisier,'teta':10,'fi':10,'r':10,'x':10,'y':10);
    i:=0;
    REPEAT
        BEGIN
            teta:=teta0+i*pas;
            tetar:=rad(teta);
            fir:=fif(tetar);
            fi:=grad(fir);
            r:=rf(tetar);
            x:=r*sin(fir); y:=r*cos(fir);
            IF (fi+teta)<=180 THEN
                BEGIN
                    writeln(teta:10:2,fi:10:2,r:10:4,x:10:2,y:10:2);
                END;
            i:=i+1;
        END;
    UNTIL (fi+teta)>=180 ;
    close(fisier);
END.

```

### ANEXA 1.3 Programul FOCALÉ

```

*****CURBE FOCALÉ*****
;Salveaza VARIabilele
(DEFUN modes (a)
  (SETQ mlst nil)
  (REPEAT (length a)
    (SETQ mlst (append mlst

```

```

                (LIST (LIST (car a) (getVAR (car a))
                )
                ))
        ); SETQ
        (SETQ a (cdr a))
    )
)
;Seteaza VARIabilele la valoarea initiala
(DEFUN moder ()
  (REPEAT (length mlst)
    (setVAR (caar mlst) (cadar mlst))
    (SETQ mlst (cdr mlst))
  )
)
;Selecteaza parametrii entitatii
(DEFUN getval (n e)
  (cdr (assoc n (entget e)))
)
;Linie prin puncte si nume
(DEFUN numel (a b c)
  (COMMAND"line" a b "")
  (SETQ c (entlast))
  (princ)
)
;Polilinia
(DEFUN foc ()
  (SETQ p0 (getpoint "\nPozitionati focarul:"))
  x0 (car p0)
  y0 (cadr p0)
  f (getdist "\nDistanta focala <f>:")
  E (getdist "\nElongatia <dist.focare/f>:")
  pas (getreal "\nPasul de calcul pentru unghi <grade>:")
  pasr (/ (* pas pi) 180)
  alfamax (getreal "\nUnghiul maxim <grade>:")
  alfamaxr (/ (* alfamax pi) 180)
  test 1
)
  (SETQ p1 (LIST (- x0 f) y0))
  (COMMAND"PLINE" p1 "w" "0" "0")
  (SETQ alfar 0.0)
  (WHILE(= test 1)
    (SETQ alfar (+ alfar pasr))
    (SETQ rr (/ (* 2 f) (1+ (/ (1+ (* E (cos alfar))) (1+ E))))
      x (- x0 (* rr (cos alfar)))
      y (+ y0 (* rr (sin alfar)))
      p2 (LIST x y)
    )
    (IF (<= alfar alfamaxr)
      (COMMANDp2)
      (progn
        (SETQ alfar alfamaxr)
        (SETQ rr (/ (* 2 f) (1+ (/ (1+ (* E (cos alfar))) (1+ E))))
          x (- x0 (* rr (cos alfar)))
          y (+ y0 (* rr (sin alfar)))
          p2 (LIST x y)
        )
      )
    (SETQ test 0)
    (COMMANDp2 "")
  );progn
)

```

```

    );IF
  );WHILE
  (COMMAND)
; (SETQ e1 (entlast))
; (COMMAND"PEDIT" e1 "F")
; (COMMAND)
  (princ)
);sfirsit
(DEFUN C:FOCALE ()
  (COMMAND)
    (modes '("BLIPMODE" "CMDECHO" "TEXTEVAL"))
    (setVAR "blipmode" 0);invers
    (setVAR "cmdecho" 0);invers
    (setVAR "texteval" 1)
    (foc)
    (COMMAND"line" p0 (LIST (- (car p0) f) (cadr p0) ) "")
    (COMMAND"line" p0 "@l0<90" "")
    (moder)
    (princ)
  )
)

```

## ANEXA 1.4 Programul PRPAR

```

***** PRPAR *****
;Salveaza VARIabilele
(DEFUN modes (a)
  (SETQ mlst nil)
  (REPEAT (length a)
    (SETQ mlst (append mlst
      (LIST (LIST (car a) (getVAR (car a)
        )) ) ;LIST,LIST,append
    ); SETQ
    (SETQ a (cdr a))
  ) );DEFUN,REPEAT
;Seteaza VARIabilele la valoarea initiala
(DEFUN moder ()
  (REPEAT (length mlst)
    (setVAR (caar mlst) (cadr mlst))
    (SETQ mlst (cdr mlst))
  ) );DEFUN,REPEAT
;Eroare
(DEFUN perror (msg)
  (SETQ *error* err
    err nil)
  )
;Selecteaza parametrii entitatii
(DEFUN getval (n e)
  (cdr (assoc n (entget e)))
  )
;Numele ultimei subentitati sau ent. create.
(DEFUN lastend (/ a b)
  (IF (SETQ a (entlast)); ultima ent. princ.
    (WHILE (SETQ b (entnext a))
      (SETQ a b)
    ) );IF,WHILE
  a;ultima (sub)entitate
);DEFUN
;Punct simetric fata de oriz. prin p0
(DEFUN psim (p)

```

```

        (LIST (car p)
              (- (cadr p)
                (* 2 (- (cadr p)
                       (cadr p0))
                )
              )
        );DEFUN,LIST,-,*,-.
;Linie prin punctele a si b, va primi un numele c.
(DEFUN numel (a b c)
  (COMMAND"line" a b "")
  (set c (entlast))
  (princ)
)
;Linie dintr-un punct, perpendiculara pe oriz. prin p0.
(DEFUN pper (p)
  (COMMAND"line" p (LIST (car p) (cadr p0)) "")
)
;Punct la dx si dy de punctul initial p.
(DEFUN distp (p dx dy)
  (mapcar '(lambda (x y)
            (+ x y))
          p
          (LIST dx dy)
        )
);DEFUN,mapcar
;Punct pe parabola la dx de punctul p.
(DEFUN ppar (p dx / xalt yalt)
  (SETQ xalt (- (+ (car p) dx) x0)
        yalt (sqrt (* 4 f xalt))
  )
  (LIST (+ x0 xalt) (+ y0 yalt))
);DEFUN
;Pascal
(DEFUN pascal (/ fisier)
  (SETQ fisier (open "trimit.dat" "w"))
  (print f fisier)
  (print y1 fisier)
  (print ymax fisier)
  (print e fisier)
  (print ro fisier)
  (print i0 fisier)
  (close fisier)
)
;Citeste datele trimise de Pascal.
(DEFUN citeste (/ fisier linie t irt xa xb)
  (graphscr)
  (SETQ txa '()
        txb '()
        tirt '()
  )
;
  pgraf (getpoint "\nColtul graficului: ")
  pgraf (LIST 200 80);coltul introdus automat
  xgraf (car pgraf)
  ygraf (cadr pgraf)
)
(SETQ fisier (open "pracad.dat" "r"))
(REPEAT 75
  (SETQ linie (read-line fisier)
        t (* 10 (atof (substr linie 1 16)))
        irt (* 10 (atof (substr linie 17 16)))
        xa (atof (substr linie 33 16))
        xb (atof (substr linie 49 16))
  )
)

```

```

(IF (/= xa 0.0)
  (SETQ txa (cons (LIST 'quote
    (LIST (+ xgraf xa) (+ ygraf t))) txa)))
(IF (/= xb 0.0)
  (SETQ txb (cons (LIST 'quote
    (LIST (+ xgraf xb) (+ ygraf t))) txb)))
(IF (/= irt 0.0)
  (SETQ tirt (cons (LIST 'quote
    (LIST (+ xgraf irt) (+ ygraf t))) tirt)))
)
(close fisier)
;Deseneaza graficul.
(COMMAND"layer" "set" "c3" "")
(COMMAND"line" pgraf "@150<0" "")
(COMMAND"array" (entlast) "" "r" "16" "" "10")
(COMMAND"line" pgraf "@150<90" "")
(COMMAND"array" (entlast) "" "r" "" "16" "10")
(COMMAND"layer" "set" "c1" "")
(eval (append '(COMMAND"pline") tirt '(""))
(COMMAND"pedit" (entlast) "w" "0.3" "s" ""
(eval (append '(COMMAND"pline") txa '(""))
(COMMAND"pedit" (entlast) "w" "0.3" "s" ""
(eval (append '(COMMAND"pline") txb '(""))
(COMMAND"pedit" (entlast) "w" "0.3" "s" ""
(SETQ cIFr 0) ;scrie pe orizontala
(WHILE(<= cIFr 15)
  (COMMAND"text" (LIST (+ xgraf (* 10 cIFr)) (- ygraf 4))
    "3" "" (itoa cIFr))
  (IF (< (* 10 cIFr) ymax)
    (COMMAND"text" (LIST (+ xgraf (* 10 cIFr)) (+
ygraf 1))
      "3" "" (itoa (* 10 cIFr))))
  (SETQ cIFr (1+ cIFr))
)
(COMMAND"text" (LIST (+ xgraf (* 10 cIFr)) (- ygraf 4))
  "3" "" "E[1x]")
(SETQ cIFr 0) ;scrie pe verticala
(WHILE(<= cIFr 15)
  (COMMAND"text" (LIST (- xgraf 6) (+ ygraf (* 10 cIFr)))
    "3" "" (strcat (itoa cIFr) "%d"))
  (SETQ cIFr (1+ cIFr))
)
;Scrie textul pe grafic.
(COMMAND"text" (LIST (- xgraf 6) (+ ygraf (* 10 cIFr)))
  "3" "" "u[%d]")
(COMMAND"text" (LIST xgraf (- ygraf 15)) "4" ""
  (strcat "F=" (rtos f 2 2) "; e=" (rtos e 2 2)
  "; %cmax:" (rtos (* 2 ymax)) "; %%cmin:" (rtos (* 2 yl))
  "; ro=" (rtos ro 2 2) "; i0=" (rtos i0) "cd"))
)
;Rotunjirea colturilor.
(DEFUN racordari (/ ultima rint)
  (setVAR "filletrad" rext)
  (SETQ ultima (lastend))
  (COMMAND"explode" (LIST e1 p2))
  (COMMAND"fillet" (LIST (entlast) (ppar p2 (- rext)))
    (LIST e2 (distp p2 0 rext)))
  (COMMAND"fillet" (LIST e6 (distp p6 0 (- rext)))
    (LIST e5 (distp p6 rext 0)))
)

```

```

(COMMAND"fillet" (LIST e8 (distp p1 (- rext) 0))
                 (LIST (entnext ultima) (ppar p1 rext)))
(SETQ rint (- rext gros))
(setVAR "filletrad" rint)
(SETQ ultima (lastend))
(COMMAND"explode" (LIST e7 p7))
(COMMAND"fillet" (LIST e6 (distp p7 0 rint))
                 (LIST (entlast) (distp p7 (- rint) (- rint))))
(COMMAND"fillet" (LIST e2 (distp p2 0 (- rint))
                 (LIST e3 (distp p3 rint 0)))
                 (LIST e9 (distp p10 (- rint) 0)
                 (LIST (entnext ultima) (distp p10 rint rint)))
);DEFUN
;Inscrierea cotelor
(DEFUN cotare ()
  (COMMAND"layer" "set" "cote" "")
  (COMMAND"dim" "ver" p2 (psim p2) (LIST (+ (car p2) (+ 10
bordura)
                                     (cadr p0)) "%%c<>")
  (COMMAND"ver" p4 (psim p4) (LIST (+ (car p4) (+ 20 bordura)
                                     (cadr p0)) "%%c<>")
  (COMMAND"ver" p8 (psim p8) (LIST (- (car p8) 10) (cadr p0))
  "%%c<>")
  (COMMAND"hor" p9 p5 (LIST (car p6) (+ 5 (cadr p5))) "")
  (COMMAND"hor" p9 p1 (LIST (car p9) (+ 10 (cadr p9))) "")
  (SETQ pfocar (LIST (+ f (car p0)) (cadr p0)))
  (COMMAND"hor" p8 pfocar (LIST (car p0) (+ (cadr p0) 5)) "")
  (COMMAND"hor" p0 pfocar (LIST (car p0) (- (cadr p0) 10)) "F=<>")
  (COMMAND)
)
;Date de intrare
(DEFUN intrare ()
  (SETQ f (getreal "\nDistanța focală: ")
        e (getreal "\nExcentricitatea focar-filament: ");SETQ
        (initget 1 "Ext Int")
        (SETQ dbec (getreal "\nFixarea becului pe diametrul
Ext/Int:"))
        (COND ((eq dbec "Ext")
              (progn
                (SETQ flfil 28.5
                      y1 (/ 45.15 2)
                      ));SETQ,progn,eq
              ((eq dbec "Int")
              (progn
                (SETQ flfil 23.8
                      y1 (/ 41.7 2)
                      ));SETQ,progn,eq
              (T (progn
                  (SETQ flfil 28.5
                        y1 (/ 45.15 2)
                        )));SETQ,progn,T,COND
        (SETQ
          1 (- flfil e) ;dist. de la flansa la focar
          ymax (/ (getreal "\nDiametrul reflectorului: ") 2)
          ro 0.7; factor de reflexie
          i0 42.6;1/2 din intensitatea max. a filamentului
          flansa 8.25

```

```

        bordura 6
        gros 0.8
        rext (+ 0.5 gros) ;raza de racordare ext.
) );DEFUN,SETQ
;Parabola.
(DEFUN par ()
  (SETQ
;
    p0 (getpoint "\nVirful parabolei")
    p0 (LIST 70 150)
    x0 (car p0)
    y0 (cadr p0)
    pas 15
    x1 (/ (* y1 y1) (* 4 f))
    p1 (LIST (+ x0 x1) (+ y0 y1))
    x x1
    test 1
  )
  (COMMAND"PLINE" p1 "w" "0" "0")
  (WHILE(= test 1)
    (SETQ x (+ x pas)
          y (sqrt (* 4 f x))
          p2 (LIST (+ x0 x) (+ y0 y))
    )
    (IF (<= y ymax)
      (COMMANDp2)
      (progn
        (SETQ y ymax
              x (/ (* y y) (* 4 f))
              p2 (LIST (+ x0 x) (+ y0 y))
              test 0
        )
        (COMMANDp2 "")
      )
    )
  ) );WHILE,IF,progn
(COMMAND)
(SETQ e1 (entlast))
; (COMMAND"PEDIT" e1 "F")
(COMMAND)
(princ)
);sfirsit
;Deseneaza reflectorul.
(DEFUN desen ()
  (COMMAND"layer" "set" "c1" "")
  (par)
  (SETQ p3 (polar p2 (/ pi 2) flansa)
        p4 (polar p3 0 bordura)
        p5 (polar p4 (/ pi 2) gros)
        p6 (polar p5 pi (+ bordura gros))
        p7 (polar p6 (+ pi (/ pi 2)) (+ gros flansa))
        p8 (polar p1 pi (- 1 (- f x1)))
        p9 (LIST (car p8) (+ gros (cadr p8)))
        p10 (LIST (car p2) (cadr p9))
  )
  (mapcar 'numel
    (LIST p2 p3 p4 p5 p6 p1 p8 p9)
    (LIST p3 p4 p5 p6 p7 p8 p9 p10)
    '( e2 e3 e4 e5 e6 e8 e98 e9)
  )
  (COMMAND"offset" gros
    (LIST e1 p2) p6 ""))

```

```

(SETQ e7 (entlast))
(COMMAND"trim" e6 "" (LIST e7 p2) "")
(SETQ e7 (entlast)) ;numele polilinieii se mod.
(COMMAND"trim" e7 "" (LIST e6 p7) "")
(SETQ p7 (getval 11 e6))
(COMMAND"trim" e9 "" (LIST e7 p0) "")
(SETQ e7 (entlast))
(COMMAND"trim" e7 "" (LIST e9 p10) "")
(SETQ p10 (getval 11 e9))
(COMMAND"pedit" e1 "F" "X")
(COMMAND"pedit" e7 "F" "X")
(COMMAND"zoom" "w" p1 p5 )
(racordari)
(COMMAND"zoom" "all")
(mapcar 'pper (LIST p1 p2 p4 p8))
(COMMAND"mirror" "c" (LIST (car p8) (cadr p0))
p5 "" p0 (LIST (car p5) (cadr p0)) "n")
; (COMMAND"layer" "set" "hasura" "")
; (COMMAND"hatch" "u" "45" "2" "n" "w" p8 p5 "w"
; (psim p8) (psim p5) "")
(cotare)
(COMMAND"layer" "set" "p3" "")
(COMMAND"line" (LIST (car p8) (cadr p0)) (LIST (car p4) (cadr
p0)) "")
)
;Functia principala.
(DEFUN C:PREPAR ()
(SETQ err *error* *error* perror)
(COMMAND)
(modes '("BLIPMODE" "CMDECHO" "TEXTEVAL"))
(setVAR "blipmode" 0);invers
(setVAR "cmdecho" 1);invers
; (setVAR "texteval" 1)
(intrare)
(desen)
(pascal)
(COMMAND"shell" "refl_03.exe")
(citeste)
(moder)
(SETQ *error* err err nil)
(princ)
)

```

## ANEXA 1.5 Programul GEN1 si GEN\_LIN

```

;GEN1.lsp
;Salveaza VARIabilele
(DEFUN modes (a)
(SETQ mlst nil)
(REPEAT (length a)
(SETQ mlst (append mlst
(LIST (LIST (car a) (getVAR (car a))
)) );LIST,LIST,append
); SETQ
(SETQ a (cdr a))
);DEFUN,REPEAT
)
;Seteaza VARIabilele la valoarea initiala
(DEFUN moder ()
(REPEAT (length mlst)

```



```

        (setVAR (caar mlst) (cadar mlst))
        (SETQ mlst (cdr mlst))
) );DEFUN, REPEAT
;Eroare
(DEFUN perror (msg)
  (SETQ *error* err
    err nil)
)

;Date de intrare
(DEFUN intrare ()
  (SETQ romat (getreal "\nFactor de deflexie <0.7>: "))
  (IF (null romat) (SETQ romat 0.7))
  (SETQ r0 (getreal "\nDistanta la punctul de inceput <114>:")
  (IF (null r0) (SETQ r0 114))
  (SETQ iBmax (getint "\n iBmax <45>:")
  (IF (null iBmax) (SETQ iBmax 45))
  (SETQ Bmin (getreal "\n Bmin <90>:")
  (IF (null Bmin) (SETQ Bmin 90))
  (SETQ Bmax (getreal "\n Bmax <0>:")
  (IF (null Bmax) (SETQ Bmax 0))
  (SETQ Blmin (getreal "\n Blmin <62>:")
  (IF (null Blmin) (SETQ Blmin 62))
  (SETQ Blmax (- 0 Blmin))
  (SETQ iBetaMax (getint "\n iBetaMax <35>:")
  (IF (null iBetaMax) (SETQ iBetaMax 35))
  (SETQ betaMin (getreal "\n betaMin <180>:")
  (IF (null betaMin) (SETQ betaMin 180))
  (SETQ betaMax (getreal "\n betaMax <110>:")
  (IF (null betaMax) (SETQ betaMax 110))
  (SETQ nrfis (getint "\nNr.fisier 1/2 <1>:")
  (IF (null nrfis) (SETQ nrfis 1))
)
(DEFUN pascal (/ fisier)
  (SETQ fisier (open "genl.dat" "w"))
  (print romat fisier)
  (print r0 fisier)
  (print iBmax fisier)
  (print Bmin fisier)
  (print Bmax fisier)
  (print Blmin fisier)
  (print Blmax fisier)
  (print iBetaMax fisier)
  (print betaMin fisier)
  (print betaMax fisier)
  (print nrfis fisier)
  (close fisier)
)
;Functia principala.
(DEFUN C:GEN1 ()
  (SETQ err *error* *error* perror)
  (COMMAND)
  (modes '("BLIPMODE" "CMDECHO" "TEXTEVAL"))
  (setVAR "blipmode" 0);invers
  (setVAR "cmdecho" 1);invers
; (setVAR "texteval" 1)
  (intrare)
  (pascal)
  (COMMAND"shell" "genl.exe")

```

```

(moder)
(SETQ *error* err err nil)
(princ)
)

```

```

program gen1;
uses crt,biblio;

```

```

VAR raz,r01,r02,B,beta,beta0,B1,dB,dBeta,dB1:real;
    iB,iBeta:integer;
    v:vector;
    tx,ls,verIF,fdat:text;
    romat,r0,Bmin,Bmax,Blmin,Blmax,betaMin,betaMax:real;
    iBmax,iBetaMax,nrfis:integer;
(CONST
    romat=0.7;
    r0=114.0;
    iBmax=9;      Bmin=90; Bmax=0;
    Blmin=62;    Blmax=-62;
    iBetaMax=8;  betaMin=-180; betaMax=-100;
)
VAR  tab:array [0..40,0..45] OF vector;

FUNCTION fdB1(B1:real):real;
VAR a:real;
BEGIN
    a:=grad(B1);
    fdB1:=rad(romat*grad(dB)/(a/(2*B1min)+0.5));
END;

FUNCTION fB1(B:real):real;
VAR a,al:real;
BEGIN
    a:=grad(B);
    al:=-B1min+sqrt(abs((B1min*B1min-4*B1min*(B1min/4-romat*a))));
    fB1:=rad(al);
END;

FUNCTION fbetal(B1:real):real;
BEGIN
    fbetal:=arctan(0.75*cos(B1)); {Observatorul la 0,75}
END;
FUNCTION fdBetal(B1:real):real;
VAR fd:real;
BEGIN
    fd:={-0.75*sin(B1)/(1+0.5625*sqr(cos(B1)))*fdB1(B1); {0.5625
este 0.75^2}
    IF B1>0 THEN fdbetal:=fd ELSE fdbetal:=-fd;
END;

PROCEDURE DeschidFis;
BEGIN
    IF nrfis=2 THEN
        BEGIN
            assign(ls,'r32.dat');
            assign(tx,'r32p.dat');
            assign(verIF,'rV32.dat');

```

```

        END
        ELSE
            BEGIN
                assign(ls,'r3l.dat');
                assign(tx,'r3lp.dat');
                assign(verIF,'rV3l.dat');
            END;
        rewrite(ls);
        writeln(ls,(iBetamax+1):6,(iBmax+1):6);
        rewrite(tx);
        writeln(tx,'r0=',r0:7:2,'/iBmax=',iBmax:3,'/Bmin=',Bmin:3:0,
            '/Bmax=',Bmax:4:0,'/Blmin=',Blmin:4:0,'/Blmax=',Blmax:4:0);
        writeln(tx,
        '/iBetaMax=',iBetaMax:3,'/betaMin=',betaMin:4:0,'/betaMax=',betaMax:4
        :0);
        writeln(tx,'i':2,'j':3,'B':6,'beta':7,'r':7,'x':7,'y':7,'z':7,
            'Bl':7,'betal':7,'Blre':7,' betalre');
        rewrite(verIF);
    END;

PROCEDURE InchideFis;
BEGIN
    close(tx);close(ls);close(verIF);
END;

PROCEDURE scrie(i,j:integer; B,beta:real);
VAR P1,P2,P3,Pm,Por:punct;
    v,v1,v2,n,re,vi:vector;
    Bre,betare,s:real;
    BEGIN
        ( IF B>pi/2 THEN BEGIN
            B:=(pi-B);
            beta:=pi-beta;
            END ELSE B:=B; )
        Bbeta_Vect(B,beta,v);
        writeln(i:2,'/',j:2{
            , ' B=',grad(B):6:2,' beta=',grad(beta):7:2,
            ' r=',ModVect(tab[i,j]):7:2,' x=',tab[i,j].l:7:2,'
m=',tab[i,j].m:7:2,' n=',tab[i,j].n:7:2);
            writeln('          Bl=',grad(Bl):7:2,'
betal=',grad(fbetal(Bl)):7:2);
            write(tx,i:2,'/',j:2,'/',grad(B):6:1,'/',grad(beta):6:1,
            '/',ModVect(tab[i,j]):6:1,'/',tab[i,j].l:6:1,'/',tab[i,j].m:6:1,'
            ',tab[i,j].n:6:1,
            '/',grad(Bl):6:1,'/',grad(fbetal(Bl)):6:1}
            );
        writeln(ls,tab[i,j].l:10:5,tab[i,j].m:10:5,tab[i,j].n:10:5);
        IF (i>0) AND ((j>0) (j<iBmax) THEN(ptr a doua VAR. pCoord
nu se pune j<iBmax ci j>0)
            BEGIN
                pCoord(tab[i-1,j].l,tab[i-1,j].m,tab[i-1,j].n,P1);
                pCoord(tab[i-1,j+1].l,tab[i-1,j+1].m,tab[i-1,
j+1].n,P2);
                pCoord(tab[i,j].l,tab[i,j].m,tab[i,j].n,P3);
                VectP1P2(P1,P2,v1); VectP1P2(P1,P3,v2);
                ProdVect(v1,v2,n);
                s:=ModVect(n);versor(n);
                PtMed(P2,P3,Pm);
                writeln(verIF,Pm.x:10:4,Pm.y:10:4,Pm.z:10:4,

```

```

                                n.l:10:6,n.m:10:6,n.n:10:6,s:10:4);
    pCoord(0,0,0,For);
    VectPlP2(For,Fm,vi);
    DirSiml(vi,n,re);
    Vect_Bbeta(re,Bre,betare);
    writeln('          Bre=',grad(Bre):6:2,
'    betare=',grad(betare):6:2);
    writeln(tx,'/',grad(Bre):6:1,'/',grad(betare):6:1);
    END ELSE writeln(tx);
END;
BEGIN
    assign (fdat,'genl.dat'); reset(fdat);
    readln(fdat,romat);
    readln(fdat,r0);
    readln(fdat,iBmax);
    readln(fdat,Bmin);
    readln(fdat,Bmax);
    readln(fdat,Blmin);
    readln(fdat,Blmax);
    readln(fdat,iBetaMax);
    readln(fdat,betaMin);
    readln(fdat,betaMax);
    readln(fdat,nrfis);
    close(fdat);
    r01:=r0;    r02:=r0;
    B:=rad(Bmin);    dB:=rad((Bmax-Bmin)/iBmax);
    beta:=rad(betaMin);    dBeta:=rad((betaMax-betaMin)/iBetaMax);
    B1:=rad(Blmin);    dB1:=rad(fdB1(B1));

    clrscr;
    DeschidFis;

    FOR iBeta:=0 TO iBetaMax DO
        BEGIN
            Bbeta_Vect(B,beta,v);
            with tab[iBeta,0] DO
                BEGIN l:=r01*v.l; m:=r01*v.m; n:=r01*v.n;
                END;
            scribe(iBeta,0,B,beta);
            r02:=r01;
            FOR iB:=1 TO iBmax DO
                BEGIN
                    IF (iBeta=0) THEN
                        raz:=r(r02,B,beta,B1,fbetal(B1),dB,0,dB1,fdBetal(B1)
1)*dB,
                            rad(BetaMin)+(iBeta-1)*dBeta,fb1(B-dB),
                            fbetal(fb1(B-
dB)),dB,dBeta,fdB1(fb1(B)),fdBetal(fb1(B-dB)));
                        r02:=raz;
                        B:=B+dB;    B1:=fb1(B);
                        Bbeta_Vect(B,beta,v);
                        with tab[iBeta,iB] DO
                            BEGIN l:=r02*v.l; m:=r02*v.m; n:=r02*v.n; END;
                        scribe(iBeta,iB,B,beta);
                        END;
                    IF iBeta<iBetaMax THEN
                        BEGIN
                            B:=rad(Bmin);B1:=rad(Blmin);

```

```

                                END;
IF ibeta<iBetaMax THEN
BEGIN
    B:=rad(Bmin);Bl:=rad(Blmin);
    raz:=r(r01,B,beta,Bl,fbetal(Bl),0,dBeta,0,0);
    beta:=rad(betaMin)+(iBeta+1)*dBeta;
    r01:=raz;
    END;
    {readln;}writeln(tx);
    END;
    IncludFis;
END.

;GENLIN.lsp
;Salveaza VARIabilele
(DEFUN modes (a)
  (SETQ mlst nil)
  (REPEAT (length a)
    (SETQ mlst (append mlst
      (LIST (LIST (car a) (getVAR (car a)
        ) ) );LIST,LIST,append
      ); SETQ
    (SETQ a (cdr a))
  );DEFUN,REPEAT
;Seteaza VARIabilele la valoarea initiala
(DEFUN moder ()
  (REPEAT (length mlst)
    (setVAR (caar mlst) (cadar mlst))
    (SETQ mlst (cdr mlst))
  );DEFUN,REPEAT
;Eroare
(DEFUN perror (msg)
  (SETQ *error* err
    err nil)
)

;Date de intrare
(DEFUN intrare ()
  (SETQ romat (getreal "\nFactor de deflexie <0.7>: "))
  (IF (null romat) (SETQ romat 0.7))
  (SETQ r0 (getreal "\nDistanța la punctul de inceput <114>:"))
  (IF (null r0) (SETQ r0 114))
  (SETQ iBmax (getint "\n iBmax <15>:"))
  (IF (null iBmax) (SETQ iBmax 15))
  (SETQ Bmin (getreal "\n Bmin <90>:"))
  (IF (null Bmin) (SETQ Bmin 90))
  (SETQ Bmax (getreal "\n Bmax <120>:"))
  (IF (null Bmax) (SETQ Bmax 120))
  (SETQ Blmin (getreal "\n Blmin <62>:"))
  (IF (null Blmin) (SETQ Blmin 62))
  (SETQ Blmax (getreal "\n Blmax <68>:"))
  (IF (null Blmax) (SETQ Blmax 68))
  (SETQ iBetaMax (getint "\n iBetaMax <35>:"))
  (IF (null iBetaMax) (SETQ iBetaMax 35))
  (SETQ betaMin (getreal "\n betaMin <180>:"))
  (IF (null betaMin) (SETQ betaMin 180))
  (SETQ betaMax (getreal "\n betaMax <110>:"))
  (IF (null betaMax) (SETQ betaMax 110))
  (SETQ nrfis (getint "\nNr.fisier 3/4 <3>:"))

```

```

        (IF (null nrfis) (SETQ nrfis 3))
    )
(DEFUN pascal (/ fisier)
  (SETQ fisier (open "genlin.dat" "w"))
  (print romat fisier)
  (print r0 fisier)
  (print iBmax fisier)
  (print Bmin fisier)
  (print Bmax fisier)
  (print Blmin fisier)
  (print Blmax fisier)
  (print iBetaMax fisier)
  (print betaMin fisier)
  (print betaMax fisier)
  (print nrfis fisier)
  (close fisier)
)
;Functia principala.
(DEFUN C:GENLIN ()
  (SETQ err *error* *error* perror)
  (COMMAND)
  (modes ("BLIPMODE" "CMDECHO" "TEXTEVAL"))
  (setVAR "blipmode" 0);invers
  (setVAR "cmdecho" 1);invers
; (setVAR "texteval" 1)
  (intrare)
  (pascal)
  (COMMAND"shell" "genLIN.exe")
  (moder)
  (SETQ *error* err err nil)
  (princ)
)

program genlin;{r3p4}
uses crt,biblio;

VAR raz,r01,r02,B,beta,beta0,B1,dB,dBeta,dB1:real;
    iB,iBeta:integer;
    v:vector;
    tx,ls,verIF,fdat:text;
    romat,r0,Bmin,Bmax,Blmin,Blmax,betaMin,betaMax:real;
    iBmax,iBetaMax,nrfis:integer;

(CONST r0=114.0;
        iBmax=15;          Bmin=-90; Bmax=-60;
                           Blmin=62;          Blmax=68;
        iBetaMax=40; betaMin=0; betaMax=-80;
)
VAR tab:array [0..40,0..45] OF vector;

FUNCTION fbetal(B1:real):real;
BEGIN
    fbetal:=arctan(0.75*cos(B1));
END;
FUNCTION fdBetal(B1:real):real;
VAR fd:real;
BEGIN
    fd:=(-0.75*sin(B1))/(1+0.5625*sqr(cos(B1)))*dB1;
    IF B1>0 THEN fdbetal:=fd ELSE fdbetal:=-fd;

```

```

END;

PROCEDURE DeschidFis;
BEGIN
  IF nrfis=4 THEN
    BEGIN
      assign(ls, 'r34.dat');
      assign(tx, 'r34p.dat');
      assign(verIF, 'rV34.dat');
    END
  ELSE
    BEGIN
      assign(ls, 'r33.dat');
      assign(tx, 'r33p.dat');
      assign(verIF, 'rV33.dat');
    END;

    rewrite(ls);
    writeln(ls, (iBetaMax+1):6, (iBmax+1):6);
    rewrite(tx);
    writeln(tx, 'r0=', r0:7:2, '/iBmax=', iBmax:3, '/Bmin=', Bmin:3,
      '/Bmax=', Bmax:4, '/Blmin=', Blmin:4, '/Blmax=', Blmax:4);
    writeln(tx,
'/iBetaMax=', iBetaMax:3, '/betaMin=', betaMin:4, '/betaMax=', betaMax:4);
    writeln(tx, 'i':2, 'j':3, 'B':6, 'beta':7, 'r':7, 'x':7, 'y':7, 'z':7,
      'Bl':7, 'betal':7, 'Blre':7, ' betalre');
    rewrite(verif);

END;

PROCEDURE InchideFis;
BEGIN
  close(tx); close(ls); close(verif);
END;

PROCEDURE scrie(i, j:integer; B, beta:real);
VAR P1, P2, P3, Pm, Por:punct;
    v, v1, v2, n, re, vi:vector;
    Bre, betare, s:real;
  BEGIN
    { IF B>pi/2 THEN BEGIN
      B:=(pi-B);
      beta:=pi-beta;
      END ELSE B:=B; }

    Bbeta_Vect(B, beta, v);
    { writeln('B=', grad(B):6:2, ' beta=', grad(beta):6:2,
r=', r:6:2,
      ' Bl=', grad(Bl):6:2, ' betal=', grad(betal):6:2,
p=', 2*100/(1+cos(b)):6:2);

    }
    writeln(i:2, '/', j:2{
      , ' B=', grad(B):6:2, ' beta=', grad(beta):7:2,
' r=', ModVect(tab[i, j]):7:2, ' x=', tab[i, j].l:7:2,
' m=', tab[i, j].m:7:2, ' n=', tab[i, j].n:7:2
    });
    writeln(' Bl=', grad(Bl):7:2,
    betal=', grad(fbetal(Bl)):7:2);

```

```

write(tx,i:2,'/',j:2,'/',grad(B):6:1,'/',grad(beta):6:1,
'/',ModVect(tab[i,j]):6:1,'/',tab[i,j].l:6:1,'/',tab[i,j].m:6:1,
',tab[i,j].n:6:1,
',grad(B1):6:1,'/',grad(fbeta1(B1)):6:1);

writeln(ls,tab[i,j].l:10:5,tab[i,j].m:10:5,tab[i,j].n:10:5);
IF (i>0) AND ((j>0))(j<iBmax) THEN(ptr a doua VAR. pCoord
nu se pune j<iBmax ci j>0)
BEGIN
pCoord(tab[i-1,j].l,tab[i-1,j].m,tab[i-1,j].n,P1);
pCoord(tab[i-1,j+1].l,tab[i-1,j+1].m,tab[i-
1,j+1].n,P2);
pCoord(tab[i,j].l,tab[i,j].m,tab[i,j].n,P3);
VectP1P2(P1,P2,v1); VectP1P2(P1,P3,v2);
ProdVect(v1,v2,n);
s:=ModVect(n);versor(n);
PtMed(P2,P3,Pm);
writeln(verIF,Pm.x:10:4,Pm.y:10:4,Pm.z:10:4,
n.l:10:6,n.m:10:6,n.n:10:6,s:10:4);
pCoord(0,0,0,Por);
VectP1P2(Por,Pm,vi);
DirSiml(vi,n,re);
Vect_Bbeta(re,Bre,betare);
writeln('Bre=',grad(Bre):6:2,
betare=',grad(betare):6:2);
writeln(tx,'/',grad(Bre):6:1,'/',grad(betare):6:1);
END ELSE writeln(tx);
END;

BEGIN
assign(fdat,'genlin.dat'); reset(fdat);
readln(fdat,romat);
readln(fdat,r0);
readln(fdat,iBmax);
readln(fdat,Bmin);
readln(fdat,Bmax);
readln(fdat,Blmin);
readln(fdat,Blmax);
readln(fdat,iBetaMax);
readln(fdat,betaMin);
readln(fdat,betaMax);
readln(fdat,nrfis);
close(fdat);
r01:=r0; r02:=r0;
B:=rad(Bmin); dB:=rad((Bmax-Bmin)/iBmax);
beta:=rad(betaMin); dBeta:=rad((betaMax-betaMin)/iBetaMax);
Bl:=rad(Blmin); dB1:=rad((Blmax-Blmin)/iBmax);

clrscr;
DeschidFis;

FOR iBeta:=0 TO iBetaMax DO
BEGIN
Bbeta_Vect(B,beta,v);with tab[iBeta,0] DO
BEGIN l:=r01*v.l; m:=r01*v.m; n:=r01*v.n; END;
scrie(iBeta,0,B,beta);
r02:=r01;
FOR iB:=1 TO iBmax DO
BEGIN

```



```

        IF (iBeta=0) THEN

            raz:=r(r02,B,beta,B1,fbetal(B1),dB,0,dB1,fdBeta1(B1))
            ELSE raz:=r(ModVect(tab[iBeta-1,iB-1]),rad(Bmin)+(iB-
1)*dB,
                rad(BetaMin)+(iBeta-1)*dBeta,rad(B1min)+(iB-1)*dB1,
                fbetal(rad(B1min)+(iB-
1)*dB1),dB,dBeta,dB1,fdBeta1(rad(B1min)+(iB-1)*dB1));
            r02:=raz;
            B:=B+dB; B1:=B1+dB1;
            Bbeta_Vect(B,beta,v);
            with tab[iBeta,iB] DO
                BEGIN l:=r02*v.l; m:=r02*v.m; n:=r02*v.n; END;
                scribe(iBeta,iB,B,beta);
            END;
            IF ibeta<iBetaMax THEN
                BEGIN
                    B:=rad(Bmin);B1:=rad(B1min);
                    END;
                IF ibeta<iBetaMax THEN
                    BEGIN
                        B:=rad(Bmin);B1:=rad(B1min);
                        raz:=r(r01,B,beta,B1,fbetal(B1),0,dBeta,0,0);
                        beta:=rad(betaMin)+(iBeta+1)*dBeta;
                        r01:=raz;
                    END;
                    {readln;}writeln(tx);
                    END;
                IncludFis;
            END.{genlin.pas}

```

## ANEXA 1.6 Programele PLGEN și MESGEN

```

;plgen.lsp
(DEFUN citeste (/ fisier1 linie x y t tx txa m n)
  (graphscr)
  (SETQ fct (strcase (getstring "\nFisierul1 (fara .dat):")))
  (SETQ fisier1 (open (strcat fct ".dat") "r"))
  (SETQ linie (read-line fisier1))
  (SETQ m (atoi (substr linie 1 6)))
  (SETQ n (atoi (substr linie 7 12)))
  (SETQ fct (strcase (getstring "\nFisierul2 (fara .dat):")))
  (SETQ fisier2 (open (strcat fct ".dat") "r"))
  (SETQ linie (read-line fisier2))
  (SETQ n2 (atoi (substr linie 7 6)))
  (REPEAT m
    (SETQ txa '())
    (REPEAT n
      (SETQ linie (read-line fisier1))
      (SETQ x (atof (substr linie 1 10)))
      (SETQ y (atof (substr linie 11 10)))
      (SETQ z (atof (substr linie 21 10)))
      (SETQ tx txa)
      (SETQ txa (cons (LIST 'quote
        (LIST x y z)) txa))
    )
  )

```

```

        (SETQ txa2 '())
        (REPEAT n2
          (SETQ linie (read-line fisier2))
          (SETQ x (atof (substr linie 1 10)))
          (SETQ y (atof (substr linie 11 10)))
          (SETQ z (atof (substr linie 21 10)))
          (SETQ tx txa2)
          (SETQ txa2 (cons (LIST 'quote
                                (LIST x y z)) txa2))
        )
        (SETQ txa (append txa2 (reverse txa)))
        (eval (append '(COMMAND"3dpoly") txa '(""))))
      )
      (close fisier1)
      (close fisier2)
      ;Deseneaza graficul.
    )
;Functia principala.
(DEFUN C:PLGEN (/ pexe)
  (citeste)
  (princ)
)

;mesgen.lsp
(DEFUN citeste (/ fisier linie x y t tx txa m n)
  (graphscr)
  (SETQ txa '())
  (SETQ fct (strcase (getstring "\nFisierul (fara .dat):")))
  (SETQ fisier (open (strcat fct ".dat") "r"))
  (SETQ linie (read-line fisier))
  (SETQ m (substr linie 1 6))
  (SETQ n (substr linie 7 12))
  (WHILE (SETQ linie (read-line fisier))
    (SETQ x (atof (substr linie 1 10)))
    (SETQ y (atof (substr linie 11 10)))
    (SETQ z (atof (substr linie 21 10)))
    (SETQ tx txa)
    (SETQ txa (cons (LIST 'quote
                          (LIST x y z)) txa))
  )
  (close fisier)
  ;Deseneaza graficul.
  (COMMAND"layer" "s" "c1" "")
  (eval (append '(COMMAND"3dmesh" m n) txa '(""))))
)
;Functia principala.
(DEFUN C:MESGEN (/ pexe)
  (citeste)
  (princ)
)

```

## ANEXA 1.7 Programul VERDIR

```

;VERDIR.lsp
;Salveaza VARIabilele
(DEFUN modes (a)
  (SETQ mlst nil)
  (REPEAT (length a)

```

```

        (SETQ mlst (append mlst
            (LIST (LIST (car a) (getVAR (car a)
                )) );LIST,LIST,append
            ); SETQ
        (SETQ a (cdr a))
    );DEFUN,REPEAT
;Seteaza VARIabilele la valoarea initiala
(DEFUN moder ()
    (REPEAT (length mlst)
        (setVAR (caar mlst) (cadar mlst))
        (SETQ mlst (cdr mlst))
    );DEFUN,REPEAT
;Eroare
(DEFUN perror (msg)
    (SETQ *error* err
        err nil)
)

;Date de intrare
(DEFUN intrare ()
    (SETQ c (getreal "\nUnghiul C <15>: "))
    (IF (null c) (SETQ c 15))
    (SETQ gama (getreal "\nUnghiul gama <65>:"))
    (IF (null gama) (SETQ gama 65))
    (SETQ Cilx (getreal "\nDeplasare verticala sursa Cilx <0>: "))
    (IF (null Cilx) (SETQ Cilx 0))
    (SETQ Cily (getreal "\nDeplasare orizontala sursa Cily <0>: "))
    (IF (null Cily) (SETQ Cily 0))
)

;Trimitete datele ptr. programul extern
(DEFUN pascal (/ fisier)
    (SETQ fisier (open "verdir.dat" "w"))
    (print c fisier)
    (print gama fisier)
    (print Cilx fisier)
    (print Cily fisier)
    (close fisier)
)

;Citeste datele trimise de Pascal.
(DEFUN citeste (/ fisier linie x y txa pgraf xgraf ygraf)
    (graphscr)
    (SETQ fisier (open "verdis.dat" "r"))
    (SETQ linie (read-line fisier))
    (SETQ l (atof (substr linie 1 10))
        m (atof (substr linie 11 10))
        n (atof (substr linie 21 10))
        vp (LIST l m n))
    (COMMAND"vpoint" vp)

    (WHILE (SETQ linie (read-line fisier))
        (SETQ x (atof (substr linie 1 10))
            y (atof (substr linie 11 10))
            z (atof (substr linie 21 10))
            pgraf (LIST x y z))
        (COMMAND"point" pgraf)
    );WHILE
    (close fisier)
);DEFUN

```

```

;Functia principala.
(DEFUN C:VERDIR ()
  (SETQ err *error* *error* perror)
  (COMMAND)
  (modes '("BLIPMODE" "CMDECHO" "TEXTEVAL"))
  (setVAR "blipmode" 0);invers
  (setVAR "cmdecho" 1);invers
  (setVAR "pdmode" 35)
  (setVAR "pdsiz" 5)
  (intrare)
  (pascal)
  (COMMAND"shell" "verdir.exe")
  (citeste)
  (moder)
  (SETQ *error* err err nil)
  (princ)
)

program verdir;
uses crt,biblio;

VAR ic,ig,sim:integer;
    c,gama,arie,I:real;
    D:vector;
    f1,f2,f3,f4:string;
    Cil:punct;
    verIF,dis,dat,dir:text;

CONST ro=0.7;L=100/(9*67);

PROCEDURE Verificare(D:vector;f:string;VAR arie:real);
VAR Pm:punct;
    n,Dl:vector;
    s:real;
BEGIN
  writeln;
  append(dis);{deschide fisierul pentru completare}
  assign(verif,f);
  {$I-}reset(verif);{$I+}
  IF (IOResult = 0) THEN
  BEGIN
    WHILEnot eof(verif) DO
    BEGIN
      readln(verif,Pm.x,Pm.y,Pm.z,n.l,n.m,n.n,s);
      IF Pm.x<34 THEN BEGIN
        write('.');
        DirSim(D,n,Dl);
        IF IntersCil(Dl,Pm,Cil) THEN
        BEGIN
          arie:=arie+s*abs(cos2dr(d,n));
          IF sim=1 THEN BEGIN Pm.z:=-Pm.z END;
          writeln(dis,Pm.x:10:3,Pm.y:10:3,Pm.z:10:3);
          write('*');
          END;{IF}
        END;{IF}
      END;{WHILE}
    close(verIF);
    END;{IF IOResult}
  close(dis);

```

```

END;

BEGIN
  assign(dir, 'verdir.dat');
  {$I-}reset(dir);{$I+}
  IF (IOResult = 0) THEN
    BEGIN
      readln(dir, c);
    readln(dir, gama); readln(dir, Cil.x); readln(dir, Cil.y); close(dir);
      Cil.z:=0;
      Cgama Vect(rad(c), rad(gama), D);
      assign(dis, 'verdis.dat'); rewrite(dis);
      writeln(dis, D.l:10:5, D.m:10:5, D.n:10:5); close(dis); {creaza
fisiurul}
      arie:=0;
      FOR sim:=0 TO 1 DO
        BEGIN
          Cgama Vect(rad(c), rad(gama), D);
          fl:='rv34.dat'; Verificare(D, fl, arie);
          fl:='rv31.dat'; Verificare(D, fl, arie);
          fl:='rv32.dat'; Verificare(D, fl, arie);
          fl:='rv33.dat'; Verificare(D, fl, arie);
          c:=180-c;
          END;
          I:=100+arie*ro*L;
          writeln('c=', c:5:1, ' gama=', gama:6:1, ' I=', I:10:3);
        END ELSE writeln('Fisiurul <verdir.dat> nu este gasit!!!');
      END. {verdir.pas}

```

### ANEXA 1.8 Programul VERIF3.PAS si VERIFIC

```

program verif3;
uses crt, biblio;

VAR ic, ig, sim: integer;
    c, gama, arie, I: real;
    D: vector;
    f1, f2, f3, f4: string;
    verif, dis: text;

CONST ro=0.7; L=100/(9*67);

PROCEDURE Verificare(D: vector; f: string; VAR arie: real);
VAR Pm: punct;
    n, Dl: vector;
    s: real;
BEGIN
  assign(verif, f); reset(verif);
  WHILE not eof(verif) DO
    BEGIN
      readln(verif, Pm.x, Pm.y, Pm.z, n.l, n.m, n.n, s);
      DirSim(D, n, Dl);
      IF IntersCil(Dl, Pm) THEN
        BEGIN
          arie:=arie+s*abs(cos2dr(d, n));
          {writeln(arie:10:3);}
        END;
      END;
    END;

```

```

        close(verif);
END;

BEGIN
    assign(dis, 'cdil.dat');
    rewrite(dis);
    write(dis, 'gam/c'); FOR ic:=0 TO 18 DO
write(dis, ic*5:5); writeln(dis);
    FOR ig:=0 TO 14 DO
        BEGIN
            gama:=ig*5;
            write(dis, ig*5:5);
            FOR ic:=0 TO 18 DO
                BEGIN c:=ic*5;
                arie:=0;
                FOR sim:=0 TO 1 DO
                    BEGIN
                        Cgama_Vect(rad(c), rad(gama), D);
                        fl:='rv34.dat'; Verificare(D, fl, arie);
                        {fl:='rv31.dat'; Verificare(D, fl, arie);}
                        fl:='rv32.dat'; Verificare(D, fl, arie);
                        {fl:='rv33.dat'; Verificare(D, fl, arie);}
                        c:=180-c;
                    END;
                    I:=100+arie*ro*L;
                    writeln('c=', c:5:1, ' gama=', gama:6:1, ' I=', I:10:3);
                    write(dis, I:5:0);
                END;
                writeln(dis);
            END;
        readln; close(dis);
    END.

```

```
program Verific; {pentru Windows95}
```

```

uses
    Forms,
    Unl in 'Unl.pas' {ver3};

{$R *.RES}

begin
    Application.Initialize;
    Application.CreateForm(Tver3, ver3);
    Application.Run;
end.

```

```
unit Unl; {pentru Windows95}
```

```

interface

uses
    Biblio, Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls,
    Forms, Dialogs,
    StdCtrls, Buttons, Grids, ComCtrls, ExtCtrls, Menus;

```

```

type
  tabel= record
      x,y,z,l,m,n,s:real;
      end;
  Tver3 = class(TForm)
      SaveDialog1: TSaveDialog;
      OpenFileDialog1: TOpenDialog;
      PageControll: TPageControl;
      TabSheet1: TTabSheet;
      StringGrid1: TStringGrid;
      ProgressBar1: TProgressBar;
      BitBtn1: TBitBtn;
      BitBtn2: TBitBtn;
      TabSheet2: TTabSheet;
      Image1: TImage;      Label3: TLabel;      Label4: TLabel;
      Label5: TLabel;      Label6: TLabel;      Label7: TLabel;
      Label8: TLabel;      Label9: TLabel;      Label10: TLabel;
      Label11: TLabel;      Label12: TLabel;      Label13: TLabel;
      TrackBar1: TTrackBar;  BitBtn3: TBitBtn;  BitBtn4: TBitBtn;
      Label1: TLabel;      Label2: TLabel;      Panel1: TPanel;
      ComboBox1: TComboBox;  ComboBox2: TComboBox;
      ComboBox3: TComboBox;  ComboBox4: TComboBox;
      ComboBox5: TComboBox;  ComboBox6: TComboBox;
      ComboBox7: TComboBox;  Label14: TLabel;  Label15: TLabel;
      Label16: TLabel;      Label17: TLabel;  Label18: TLabel;
      Label19: TLabel;      Label20: TLabel;  Label21: TLabel;
      TabSheet3: TTabSheet;  BitBtn5: TBitBtn;
      Image2: TImage;      Image3: TImage;  Image4: TImage;
      Image8: TImage;      Image5: TImage;  Image6: TImage;
      Image7: TImage;      Image9: TImage;  Image10: TImage;
      Image11: TImage;      Label22: TLabel;  Label23: TLabel;
      Label24: TLabel;      Label25: TLabel;  Label26: TLabel;
      Label27: TLabel;      Label28: TLabel;  Label29: TLabel;
      Label30: TLabel;      Label31: TLabel;
      procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
  Procedure Citire;
  Procedure Verificare(D:vector;ceTab:integer;var arie:real);
  Procedure Lansare;
  {Procedure DiaPolara(poz,scara:integer); }
      procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
      procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
      procedure TrackBar1Change(Sender: TObject);
      procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
      procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
      procedure ComboBox2Change(Sender: TObject);
      procedure PageControllChange(Sender: TObject);
      procedure BitBtn5Click(Sender: TObject);

  private
      { Private declarations }
  public
      { Public declarations }
  end;

var
  ver3: Tver3;
  ic,ig,sim:integer;
  c,gama,arie,I:real;
  D:vector;

```

```

(Cil:punct; )
verif, dis, fis:text;
sir, s, dateFis, dateFis9:string;
tb31:array[1..1575]of tabel;
tb32:array[1..1800]of tabel;
tb33:array[1..525]of tabel;
tb34:array[1..600]of tabel;
puncte: array [1..39,1..19] of TPoint;
puncteExp: array [1..39,1..19] of TPoint;

const ro:real=0.46;{reflexia oglindata}
      L:real=100/(9*67);
      Izero:real=650*0.26/pi;{reflexie difuza:0.26}
      {suprafata refl 320*230= 73600; E=100/(115*115)}
      (I0=E*suprafata *ro/pi=556*ro/pi)
      Cil:punct=(x:7;y:10-12.5;z:0);

implementation

{$R *.DFM}
Procedure Tver3.Citire;
var f:string;
    n:integer;
begin
  f:='rV31.dat';
  assignFile(verif, f);
  {$I-}reset(verif);{$I+}
  if (IOResult = 0) then
  begin
    for n:=1 to 1575 do
      (while not eof(verif) do )
      begin
        readln(verif, tb31[n].x, tb31[n].y, tb31[n].z,
              tb31[n].l, tb31[n].m, tb31[n].n, tb31[n].s);
      end;
    end;
  closeFile(verif);

  f:='rV32.dat';
  assignFile(verif, f);
  {$I-}reset(verif);{$I+}
  if (IOResult = 0) then
  begin
    for n:=1 to 1800 do
      (while not eof(verif) do )
      begin
        readln(verif, tb32[n].x, tb32[n].y, tb32[n].z,
              tb32[n].l, tb32[n].m, tb32[n].n, tb32[n].s);
      end;
    end;
  end;
  closeFile(verif);

  f:='rV33.dat';
  assignFile(verif, f);
  {$I-}reset(verif);{$I+}
  if (IOResult = 0) then
  begin
    for n:=1 to 525 do
      (while not eof(verif) do )
      begin

```



```

        readln(verif, tb33[n].x, tb33[n].y, tb33[n].z,
              tb33[n].l, tb33[n].m, tb33[n].n, tb33[n].s);
    end;
end;
closeFile(verif);

    f:='rV34.dat';
assignFile(verif, f);
{$I-}reset(verif);{$I+}
if (IOResult = 0) then
begin
    for n:=1 to 600 do
        {while not eof(verif) do }
        begin
            readln(verif, tb34[n].x, tb34[n].y, tb34[n].z,
                  tb34[n].l, tb34[n].m, tb34[n].n, tb34[n].s);
        end;
    end;
closeFile(verif);

end;

Procedure Tver3.Verificare(D:vector;ceTab:integer;var arie:real);
var Pm:punct;
    n, Dl:vector;
    s:real;
    en:integer;
begin
    for en:=1 to ceTab do
        begin
            case ceTab of
                1575: begin
                    Pm.x:=Tb31[en].x;
                    Pm.y:=Tb31[en].y; Pm.z:=Tb31[en].z;

                    n.l:=Tb31[en].l; n.m:=Tb31[en].m; n.n:=Tb31[en].n;
                    s:=Tb31[en].s;
                    end;
                1800: begin
                    Pm.x:=Tb32[en].x;
                    Pm.y:=Tb32[en].y; Pm.z:=Tb32[en].z;

                    n.l:=Tb32[en].l; n.m:=Tb32[en].m; n.n:=Tb32[en].n;
                    s:=Tb32[en].s;
                    end;
                525: begin
                    Pm.x:=Tb33[en].x;
                    Pm.y:=Tb33[en].y; Pm.z:=Tb33[en].z;

                    n.l:=Tb33[en].l; n.m:=Tb33[en].m; n.n:=Tb33[en].n;
                    s:=Tb33[en].s;
                    end;
                600: begin
                    Pm.x:=Tb34[en].x;
                    Pm.y:=Tb34[en].y; Pm.z:=Tb34[en].z;

                    n.l:=Tb34[en].l; n.m:=Tb34[en].m; n.n:=Tb34[en].n;
                    s:=Tb34[en].s;
                    end;
            end;
        end;
    end;
end;

```

```

        end;
    if Pm.x<20 then
        begin
            DirSim(D,n,D1);
            if IntersCil(D1,Pm,Cil) then
                begin
                    arie:=arie+s*abs(cos2dr(d,n));
                    if sim=1 then begin Pm.z:=-Pm.z end;
                    end;(if IntersCil)
                end;(if Pm)
            end;(while)
        end;

Procedure Tver3.Lansare;
begin
    arie:=0;
    for sim:=0 to 1 do
        begin
            Cgama_Vect(rad(c),rad(gama),D);
            Verificare(D,1575,arie);
            Verificare(D,1800,arie);
            Verificare(D,525,arie);
            Verificare(D,600,arie);
            c:=180-c;
        end;    {for sim}

end;

Procedure DiaPolara(poz,scara:integer;Imagine:Timage);
var
    cenx, ceny,i:integer;
begin
    with Imagine do
        begin
            Canvas.brush.color := clWhite;
            Canvas.brush.style := bsSolid;
            Canvas.Pen.Color:=clBlack;
            Canvas.Pen.Width := 1;
            Canvas.Rectangle(0, 0, Imagine.Width,
Imagine.Height);
            cenx:=round(Width/3);ceny:=0;
            Canvas.brush.style := bsClear;
            for i:=1 to 10 do
                Canvas.Ellipse(cenx-round(100*i/scara),-
round(100*i/scara),
cenx+round(100*i/scara),round(100*i/scara));
            Canvas.Font.Size:=8;
            Canvas.TextOut(cenX+round(200/scara), 0, '200');
            Canvas.TextOut(cenX+round(400/scara), 0, '400');
            for i:=1 to 17 do
                begin
                    Canvas.MoveTo(cenx,0);
                    Canvas.LineTo(cenx+round(600*cos(pi/18*i)),ceny+round(600*sin(pi/18*i)
));
                end;
            Canvas.Pen.Width := 2;
            Canvas.Pen.Color:=clBlue;

```

```

        {Canvas.MoveTo(cenx,0); }
        for i:=1 to 36 do
        begin
            if i=1 then

Canvas.MoveTo(round(puncte[i,poz].x/scara)+cenx,round(puncte[i,poz].y
/scara))
                else
Canvas.LineTo(round(puncte[i,poz].x/scara)+cenx,round(puncte[i,poz].y
/scara));
                { Canvas.MoveTo(cenx,0);

Canvas.LineTo(round(puncte[i,poz].x/scara)+cenx,round(puncte[i,poz].y
/scara)); }
                end;
                Canvas.MoveTo(cenx,0);
                for i:=1 to 36 do
                begin
                    if i=1 then
                        Canvas.MoveTo(-round(puncte[i,-
poz+20].x/scara)+cenx,round(puncte[i,-poz+20].y/scara))
                            else Canvas.LineTo(-round(puncte[i,-
poz+20].x/scara)+cenx,round(puncte[i,-poz+20].y/scara));
                            end;
                            Canvas.Pen.Color:=clRed;
                            for i:=1 to 36 do
                            begin
                                if i=1 then
Canvas.MoveTo(round(puncteExp[i,poz].x/scara)+cenx,round(puncteExp[i,
poz].y/scara))
                                    else
Canvas.LineTo(round(puncteExp[i,poz].x/scara)+cenx,round(puncteExp[i,
poz].y/scara));
                                    { Canvas.MoveTo(cenx,0);

Canvas.LineTo(round(puncteExp[i,poz].x/scara)+cenx,round(puncteExp[i,
poz].y/scara));
                                    ) end;
                                    Canvas.MoveTo(cenx,0);
                                    for i:=1 to 36 do
                                    begin
                                        if i=1 then Canvas.MoveTo(-round(puncteExp[i,-
poz+20].x/scara)+cenx,round(puncteExp[i,-poz+20].y/scara))
                                            else Canvas.LineTo(-round(puncteExp[i,-
poz+20].x/scara)+cenx,round(puncteExp[i,-poz+20].y/scara));
                                            { Canvas.MoveTo(cenx,0);
                                            Canvas.LineTo(-round(puncteExp[i,-
poz+20].x/scara)+cenx,round(puncteExp[i,-poz+20].y/scara));
                                            } end;

                                        end;
                                        end;

procedure Tver3.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var Idir:real;
begin
    citire;
    assignFile(dis,'cdil.dat');
    rewrite(dis);

```

```

        write(dis,'gam/c');for ic:=0 to 18 do write(dis,(ic*10-
90):5);writeln(dis);
        StringGrid1.Cells[0,0]:='G/C';
        for ic:=0 to 18 do StringGrid1.Cells[ic+1,0]:=IntToStr(ic*10-
90);
        for ig:=0 to 36[16] do
StringGrid1.Cells[0,ig+1]:=FormatFloat('0.0',ig*2.5);
        for ig:=0 to 36 do {0..36 definitiv)
            begin
                gama:=ig*2.5;
                write(dis,ig*2.5:5:1);
                ProgressBar1.StepIt;
                for ic:=0 to 18 do {0..18 definitiv)
                    begin c:=ic*10-90;
                        Lansare;
                        if gama<80 then Idir:=100*(cos(rad(c)))+(1-
cos(rad(c)))*cos(rad(gama))else Idir:=0;
                        I:= Idir + arie*ro*L + Izero*cos(rad(gama));
                        StringGrid1.Cells[ic+1,ig+1]:=FormatFloat('0',I);
                        repaint;
                        {writeln('c=',c:5:1,' gama=',gama:6:1,' I=',I:10:3);
                    }
                write(dis,I:5:0);
                end;{for ic}
            writeln(dis);
            end; {for ig}
        CloseFile(dis);
        ProgressBar1.Position:=0;
end;

procedure Tver3.BitBtn2Click(Sender: TObject);
begin
    SaveDialog1.FileName := 'inr9*';
    if SaveDialog1.Execute then
        begin
            sir:= SaveDialog1.FileName;
            assignFile(fis,sir);
            rewrite(fis);
            writeln(fis,'*INRNEW*');
            writeln(fis,'100');
            writeln(fis,'Verif. ptr. x='+floatToStr(Cil.x)+' y='
+floatToStr(Cil.y));
            writeln(fis,'LVS250');
            writeln(fis,' 2.750000000000000E+0001');
            writeln(fis,'1');
            writeln(fis,' 7.100000000000000E+0001');
            writeln(fis,'39 72 97 100 78 78');
            writeln(fis,' 2.389999999999942E+0000');
            writeln(fis,' 0.000000000000000E+0000');
            writeln(fis,' 0.000000000000000E+0000');
            writeln(fis,'0 0 0 0');
            writeln(fis,'0 0 0 0 0 0 0 0');
            writeln(fis,'XX');
            writeln(fis,' 2.500000000000000E+0000');
            writeln(fis,'37');
            writeln(fis,' 1.000000000000000E+0001');
            writeln(fis,'19');
            writeln(fis,' 9.000000000000000E+0001');
            {writeln(fis,'Var;'); }
        end;
end;

```

```

    for ic:=18 downto 0 do
    begin
        for ig:=0 to 36 do
        begin
            write(fis,StringGrid1.Cells[ic+1,ig+1]:5);
            end;
            writeln(fis);
            end;
        closeFile(fis);
        end;{SaveDialog1}
    end;

procedure Tver3.BitBtn3Click(Sender: TObject);
var
    a,i,j:integer;
    s:string;
begin

    OpenDialog1.FileName := 'inr9*';
    if OpenDialog1.Execute then
    begin
        sir:= OpenDialog1.FileName;
        assignFile(fis,sir);
        reset(fis);
        for i:=1 to 19 do
        begin
            readln(fis,s);
            if i=3 then
            begin
                dateFis9:=s;
            end;
            end;
        for j:=1 to 19 do
        begin
            for i:=1 to 36 do
            begin
                read(fis,a);
                puncte[i,j].x:=round(a{/2}*cos(pi/2-(i-1)*2.5*pi/180));
                puncte[i,j].y:=round(a{/2}*sin(pi/2-(i-1)*2.5*pi/180));
                end;
                readln(fis,a);
            end;
            closeFile(fis);
            end;{OpenDialog1}
        end;

procedure Tver3.TrackBar1Change(Sender: TObject);
Var trbar:integer;
begin
    trBar:=TrackBar1.position;
    DiaPolara(trBar,1,Imagel);
    Label2.Caption:=DateFis;
    Label21.Caption:=DateFis9;
    Label11.Caption:='Unghiul C= '+ IntToStr(100-
10*TrackBar1.position) ;

end;

```

```

procedure Tver3.BitBtn4Click(Sender: TObject);
var
  a,i,j:integer;
  s:string;
begin
  OpenFileDialog1.FileName := 'inr'+**';
  if OpenFileDialog1.Execute then
  begin
    sir:= OpenFileDialog1.FileName;
    assignFile(fis,sir);
    reset(fis);

    for i:=1 to 19 do
    begin
      readln(fis,s);
      if i=3 then
      begin
        dateFis:=s;
      end;
    end;

    for j:=1 to 19 do
    begin
      for i:=1 to 36 do
      begin
        read(fis,a);
        puncteExp[i,j].x:=round(a{/2}*cos(pi/2-(i-1)*2.5*pi/180));
        puncteExp[i,j].y:=round(a{/2}*sin(pi/2-(i-1)*2.5*pi/180));
      end;
      readln(fis,a);
    end;
    closeFile(fis);
  end;(OpenDialog1)

end;

procedure Tver3.ComboBox1Change(Sender: TObject);
begin
  Cil.x:=StrToFloat(ComboBox1.Text);
end;

procedure Tver3.ComboBox2Change(Sender: TObject);
begin
  Cil.y:=StrToFloat(ComboBox2.Text);
end;

procedure Tver3.PageControl1Change(Sender: TObject);
begin
  Labell6.caption:='OK';
  ComboBox1.Text:=FloatToStr(Cil.x);
  ComboBox2.Text:=FloatToStr(Cil.y);
  ComboBox3.Text:=FloatToStr(Cil.x);
  ComboBox4.Text:=FloatToStr(Cil.x);
  ComboBox5.Text:=FloatToStr(Cil.x);
  ComboBox6.Text:=FloatToStr(Cil.x);
end;

```

```

procedure Tver3.BitBtn5Click(Sender: TObject);
begin
    DiaPolara(1,4,Image2);
    DiaPolara(2,4,Image3);
    DiaPolara(3,4,Image4);
    DiaPolara(4,4,Image5);
    DiaPolara(5,4,Image6);
    DiaPolara(6,4,Image7);
    DiaPolara(7,4,Image8);
    DiaPolara(8,4,Image9);
    DiaPolara(9,4,Image10);
    DiaPolara(10,4,Image11);

end;

end.

```

## ANEXA 1.9 Programul RAY1

```

;RAY1.LSP
;Programul traseaza razele de lumina reflectate de un contur
selectat.
;Selecteaza parametrii entitatii
(DEFUN getval (n e)
  (cdr (assoc n (entget e)))
)

;Punct median.
(DEFUN pMed (p1 p2 /)
  (LIST
    (/ (+ (car p1) (car p2)) 2.0)
    (/ (+ (cadr p1) (cadr p2)) 2.0)
    (/ (+ (caddr p1) (caddr p2)) 2.0)
  ))

(DEFUN trasare ()
  (COMMAND"line" OR p "")
  (SETQ rOR (entlast))
  (COMMAND"mirror" rOR "" p CapPerp "n")
  (SETQ refl (entlast))
  (SETQ plrefl (getval 10 refl))
  ; (COMMAND"erase" rOR "")
  (COMMAND"extEND" margine "" plrefl "")
  (COMMAND"trim" margine "" plrefl "")
)

(DEFUN C:rayl ()
  (setVAR "aperture" 1)
  (setVAR "blipmode" 0)
  (setVAR "pickbox" 1)
  (COMMAND"osnap" "none")
  (COMMAND"ortho" "off")
  (SETQ OR (getpoint "\nCentrul sursei:"))
  (SETQ c1 (getpoint "\nSelecteaza conturul W. Primul colt:"))

```

```

      (SETQ c2 (getcorner c1 "\n                               Al doilea colt:"))
      (SETQ aaa (ssget "w" c1 c2))
      (SETQ margine (entsel "\nSelecteaza PLinia pentru extindere:"))
;Explodeaza polilinia profilului.
      (SETQ n (sslenght aaa))
      (SETQ i 0)
      (REPEAT n
        (SETQ b (ssname aaa i))
        (IF (= "POLYLINE" (cdr (assoc 0 (entget b))))
          (COMMAND"explode" b));IF
        (SETQ i (+ 1 i))
      );REPEAT
;Selecteaza entitatile de procesat
      (SETQ aaa (ssget "w" c1 c2))
;   (COMMAND"zoom" "w" c1 c2 "")
      (SETQ n (sslenght aaa))
      (SETQ i 0)
;Ciclul.
      (REPEAT n
        (SETQ b (ssname aaa i))
        (COND ((= "LINE" (cdr (assoc 0 (entget b))))
          (progn
            (SETQ p1 (getval 10 b))
            (SETQ p2 (getval 11 b))
            (SETQ p (pMed p1 p2))
            (COMMAND"line" OR (osnap p "perp") "")
            (SETQ perp (entlast))
            (SETQ pr2 (getval 11 perp))
            (COMMAND"move" perp "" pr2 p )
            (SETQ perp (entlast))
            (SETQ CapPerp (getval 10 perp))
          (trasare)
          (COMMAND"erase" perp "")
          ));progn ;=
        ((= "ARC" (cdr (assoc 0 (entget b))))
          (progn
            (SETQ CapPerp (getval 10 b))
            r (cdr (assoc 40 (entget b)))
              u1 (cdr (assoc 50 (entget b)))
              u2 (cdr (assoc 51 (entget b)))
              u12 (+ u1 u2) )
          (COND ((< u1 u2) (SETQ u (/ u12 2.0)))
            ((>= u1 u2) (SETQ u (/ (- u12 (* 2 pi)) 2))))
          (SETQ p (polar CapPerp u r) )
          (trasare)
          ));progn;=
      ); COND
      (SETQ i (+ i 1))
    );REPEAT
    (COMMAND"zoom" "e")
    (setVAR "aperture" 2)
    (setVAR "blipmode" 1)
    (setVAR "pickbox" 3)
    (princ)
  );DEFUN

```



## ANEXA 1.10 Programul POL

```

;pol.lsp
;Salveaza VARIabilele
(DEFUN modes (a)
  (SETQ mlst nil)
  (REPEAT (length a)
    (SETQ mlst (append mlst
      (LIST (LIST (car a) (getVAR (car a)
        )) ) );LIST,LIST,append
    ); SETQ
    (SETQ a (cdr a))
  ) );DEFUN,REPEAT
;Seteaza VARIabilele la valoarea initiala
(DEFUN moder ()
  (REPEAT (length mlst)
    (setVAR (caar mlst) (cadar mlst))
    (SETQ mlst (cdr mlst))
  ) );DEFUN,REPEAT
;Eroare
(DEFUN perror (msg)
  (SETQ *error* err
    err nil)
  )
;Selecteaza parametrii entitatii
(DEFUN getval (n e)
  (cdr (assoc n (entget e)))
  )
;Unghi in grade, din radiani.
(DEFUN grad (u)
  (* (/ u pi) 180.0))
;Unghi in radiani, din grade.
(DEFUN rad (u)
  (* (/ u 180.0) pi))
;Citeste datele din fisier.
(DEFUN citeste (/ fisier linie int irt alfa xb)
  (graphscr)
  (SETQ
    fis (getstring "\Fisierul cu tabelul CDIL: ")
    pgraf1 (getpoint "\nColtul graficului: ")
    xgraf1 (car pgraf1)
    ygraf1 (cadr pgraf1)
    dimmax 50.0) ;inaltimea graficului mm.
  (SETQ imax 600)
  (SETQ a (/ dimmax imax) ;scara [mm/cd]
    imax dimmax)
  (SETQ rep 1)
  (COMMAND"layer" "set" "c1" "")
  (REPEAT 10
    (COND ((= rep 6) (SETQ xgraf1 (+ 85 xgraf1)
      ygraf1 (+ ygraf1 (* (1- rep)
48))))))
  (SETQ pgraf (LIST xgraf1 (- ygraf1 (* (1- rep) 48))))
  (COMMAND"insert" "pol" pgraf "" "" "")
  (SETQ xgraf (car pgraf)
    ygraf (cadr pgraf))

```

```

      (SETQ cifr (- 90 (* (1- rep) 10))) ;scrie pe horizontala
      (COMMAND"text" (LIST (- xgraf 25) (- ygraf 38))
        "2" "" (strcat (itoa rep) ". CDIL in planul C"
          (itoa cifr) "-C" (itoa (+ 180 cifr))
          " / C" (itoa (- 180 cifr)) "-C" (itoa (- 360
cifr)) ))

      (SETQ fisier (open fis "r"))
      (SETQ nume (read-line fisier))
      (SETQ nn 1)
      (WHILE(SETQ linie (read-line fisier))
        (COND ((= nn rep) (SETQ uu 1)
          (COMMAND "PLINE")
            (SETQ ii 0)
            (REPEAT 37
              (SETQ xb (* 2.5 ii )
                alfa (rad xb)
                poz (+ (* ii 4) 1)
                int (atof (substr linie poz 4)))
                (COMMAND(polar pgraf (+ (* uu
alfa) (/ pi -2)) (* a int)))
              (SETQ ii (+ ii 1))
            );REPEAT
          (COMMAND""))
          (COMMAND"pedit" (entlast) "w" 0.3 "d" ""))
        );COND
      (COND ((= (- 20 nn) rep) (SETQ uu -1)
        (COMMAND "PLINE")
          (SETQ ii 0)
          (REPEAT 37
            (SETQ xb (* 2.5 ii )
              alfa (rad xb)
              poz (+ (* ii 4) 1)
              int (atof (substr linie poz 4)))
              (COMMAND(polar pgraf (+ (* uu
alfa) (/ pi -2)) (* a int)))
            (SETQ ii (+ ii 1))
          );REPEAT
        (COMMAND""))
        (COMMAND"pedit" (entlast) "w" 0.3 "d" ""))
      );COND
      (SETQ nn (1+ nn))
    );WHILE
  (close fisier)
  (SETQ rep (1+ rep)) );REPEAT
(COMMAND"text" (LIST (- xgraf (+ 40 90)) (- ygraf (+ 40 10)))
  "3.5" "" (strcat ". VARIanta: " nume))

)
;Functia principala.
(DEFUN C:POL ()
; (SETQ err *error* *error* perror)
(COMMAND)
(modes '("BLIPMODE" "CMDECHO" "TEXTEVAL"))
(setVAR "blipmode" 1);invers
(setVAR "cmdecho" 1);invers
; (setVAR "texteval" 1)

```

```

(citeste)
(moder)
; (SETQ *error* err err nil)
(princ)
)
(princ "\nSe lanseaza cu POL")
(princ)
;(c:pol)

```

## ANEXA 1.11 Programul DIA

```

;dia.lsp
;Salveaza VARIabilele
(DEFUN modes (a)
  (SETQ mlst nil)
  (REPEAT (length a)
    (SETQ mlst (append mlst
      (LIST (LIST (car a) (getVAR (car a)
        )) ) ;LIST,LIST,append
    ); SETQ
    (SETQ a (cdr a))
  );DEFUN,REPEAT
;Seteaza VARIabilele la valoarea initiala
(DEFUN moder ()
  (REPEAT (length mlst)
    (setVAR (caar mlst) (cadar mlst))
    (SETQ mlst (cdr mlst))
  );DEFUN,REPEAT
;Eroare
(DEFUN perror (msg)
  (SETQ *error* err
    err nil)
)
;Selecteaza parametrii entitatii
(DEFUN getval (n e)
  (cdr (assoc n (entget e)))
)
;Unghi in grade, din radiani.
(DEFUN grad (u)
  (* (/ u pi) 180.0))
;Unghi in radiani, din grade.
(DEFUN rad (u)
  (* (/ u 180.0) pi))
(DEFUN tan (u)
  (/ (sin u) (cos u)))
;Citeste datele din fisier.
(DEFUN citeste (/ fisier linie int irt alfa xb)
  (graphscr)
  (SETQ
    fis (getstring "\Fisierul cu tabelul CDIL: ")
    pgraf (getpoint "\nColtul graficului: ")
    xgraf (car pgraf)
    ygraf (cadr pgraf))
  (COMMAND"layer" "set" "cote" "")
  (COMMAND"insert" "dia" pgraf "" "" "")
  (SETQ xgraf (car pgraf)
    ygraf (cadr pgraf))

```

```

      (SETQ fisier (open fis "r"))
      (SETQ nume (read-line fisier))
      (SETQ nn 0)
      (WHILE (SETQ linie (read-line fisier))
        (SETQ ii 0)
        (REPEAT 37 ;37
          (SETQ xb (* 2.5 ii )
            alfa (rad xb)
            poz (+ (* ii 4) 1)
            int (atoi (substr linie poz 4)))
          (COND (
            (AND (>= xb 45) (<= xb 75))
            (COMMAND "text"
              (polar pgraf (- (/ pi 2)
                (rad (* 10 nn))) (* 50 (tan alfa)))
                "1.5" "" int)
            )
          )
          (SETQ ii (+ ii 1))
        );REPEAT
      (SETQ nn (1+ nn))
    );WHILE
  (close fisier)
)
;Functia principala.
(DEFUN C:DIA ()
; (SETQ err *error* *error* perror)
(COMMAND)
(modes '("BLIPMODE" "CMDECHO" "TEXTEVAL"))
(setVAR "blipmode" 1);invers
(setVAR "cmdecho" 1);invers
; (setVAR "texteval" 1)
(citeste)
(moder)
; (SETQ *error* err err nil)
(princ)
)
(princ "\nSe lanseaza cu DIA")
(princ)
(c:DIA)

```

### ANEXA 1.12 Programul IDEAL.PAS.

```

program ideal;
uses biblio;
VAR b,tg,blg,betalr,c,g,
    r4_b,r_b,rb_4,rb,i4_b,i_b,latA,Obs,dist,
    d,tx,tx1,tx2,bx,bx1,bx2,Y1,Y2,Y3:real;
q:char;
indC,indG,i,j,ib,it,isw,n:integer;
f1:text;
w:array[1..3] OF real;
beta:array[1..20] OF real;
tang:array[1..29] OF real;
iref:array[1..29,1..20] OF real;

```

```

FUNCTION fbetal(B1:real):real;
BEGIN

```

```

    fbetal:=arctan(latA*cos(B1));
    END;

PROCEDURE citesteTab;
VAR f:text;
    n,m,ib,ig:integer;
    v,q0:real;
BEGIN
    assign(f,'rtab3');reset(f);
    readln(f);readln(f);
    read(f,ig); IF ig=29 THEN
        FOR n:=1 TO 29 DO read(f,tang[n]);
    read(f,ib); IF ib=20 THEN
        FOR n:=1 TO 20 DO read(f,beta[n]);
    read(f,q0);
    FOR n:=1 TO ib DO
        FOR m:=1 TO ig DO
            BEGIN read(f,v); iref[m,n]:=v*q0; END;
    END;

FUNCTION rval3(bt,tgam:real):real;

PROCEDURE iswp;
BEGIN
    isw:=1; n:=3;
    IF (ib>=19) THEN ib:=ib-1;
END;
PROCEDURE iswm;
BEGIN
    isw:=-1; n:=2;
END;

FUNCTION aipol(isw:integer;x,dx1,dx2,y1,y2,y3:real):real;
VAR w:real;
BEGIN
    IF isw>0 THEN
        BEGIN
            w:=(y3-y1)*dx1*(x-dx1)+(y2-y1)*(dx1+dx2)*(dx1+dx2-x);
            aipol:=y1+x*w/((dx1+dx2)*dx1*dx2);
        END
    ELSE aipol:=y1+x*(y2-y1)/dx1;
END;

BEGIN
{citesteTab;}
    {Cauta in tabelul cu beta indicele dinaintea lui BT}
    j:=1; WHILE((beta[j]<=BT) AND (j<20)) DO j:=j+1; IB:=j-1;
    {Cauta in tabelul cu tg(gama) indicele dinaintea lui TGAM}
    j:=1; WHILE((tang[j]<=TGAM) AND (j<29)) DO j:=j+1; IT:=j-1;
    IF (tang[j]>=TGAM) THEN {sfarsit}
BEGIN
    {Stabileste numarul punctelor ptr. interpolare}
    IF it<14 THEN iswp ELSE
        IF ib>=7 THEN iswm ELSE
            IF it<18 THEN iswp ELSE
                IF ib>=4 THEN iswm ELSE
                    IF it>=28 THEN iswm ELSE iswp;

```

```

        {Calculeaza dIFerente ptr. tg(gama) si beta}
tx:=tgam-tang[it];
tx1:=tang[it+1]-tang[it];
bx:=bt-beta[ib];
bx1:=beta[ib+1]-beta[ib];
IF isw>0 THEN
    BEGIN
        tx2:=tang[it+2]-tang[it+1];
        bx2:=beta[ib+2]-beta[ib+1];
        END;
        {Interpoleaza}
FOR j:=1 TO n DO
    BEGIN
        i:=j-1+ib;
        y1:=iref[it,i];
        y2:=iref[it+1,i];
        IF isw>0 THEN y3:=iref[it+2,i];
        w[j]:=aipol(isw,tx,tx1,tx2,y1,y2,y3);
        END;
        rval3:=aipol(isw,bx,bx1,bx2,w[1],w[2],w[3]);
    END ELSE rval3:=0;
END;

FUNCTION fr(dist:real):real;
VAR teta:real;
BEGIN
    blg:=grad(arctan(dist));
    betalr:=fbetal(rad(blg));
    Bbeta_cGama(rad(blg),betalr,c,g);
    tg:=tan(g);b:=grad(c);
    IF dist>=0 THEN
        BEGIN teta:=arctan((Obs-latA)/(6+4-dist));
            b:=abs(grad(c)-grad(teta));
        END ELSE
        BEGIN teta:=arctan((Obs-latA)/(6-dist));
            b:=(grad(c)-grad(teta));
        END;
    fr:=rval3(b,tg);
END;

BEGIN
    citesteTab;
    assign(f1,'ideal.dat');rewrite(f1);
    write(f1,'gam\C ');
    FOR indC:=0 TO 9 DO write(f1,(indC*10):5);
    writeln(f1); writeln(f1);
    FOR indG:=0 TO 36 DO
        BEGIN
            write(f1,(indG*2.5):4:1,' ');
            FOR indC:=0 TO 9 DO
                BEGIN
                    dist:=tan(rad(indG*2.5))*cos(rad(indC*10));
                    latA:=tan(rad(indG*2.5))*sin(rad(indC*10));
                    IF latA>=0.5 THEN Obs:=0.75 ELSE Obs:=0.25;(2 Observatori)
                    IF ((dist<=4) AND (tan(rad((indG-
1)*2.5))*sin(rad(indC*10))<0.999))
                    {latA include sigur si 1}
                    THEN BEGIN

```

```

        r4_b:=fr(4-dist);r_b:=fr(-dist);rb_4:=fr(dist-
4);rb:=fr(dist);
        i4_b:=iref[1,1]*(rb-r_b)/(rb*r4_b-r_b*rb_4);
        i_b:=(iref[1,1]-rb_4*i4_b)/rb;
        write(100*i_b:5:0);{S-a inmultit cu 100 ptr. valoare in
procente)
        write(f1,100*i_b:5:0){S-a inmultit cu 100 ptr. valoare in
procente)
        END ELSE write(f1,0.0:5:0);
        END;
        writeln;
        writeln(f1);
        END;
        close(f1);
        REPEAT readln(q)
        UNTIL upcase(q)='Q';
END.

```

### ANEXA 1.13 Programul IDEALL.PAS.

```

program ideall;
{Calculeaza distributia ideala a intensitatii luminoase in puncte de
pe sosea}
uses biblio;
VAR b,tg:real;
    q:char;
    blg,betalr,c,g:real;
    inddist,indlat:integer;
    dist,r4_b,r_b,rb_4,rb,i4_b,i_b:real;
    f1:text;
    latA:real;
    Obs:real;
    i,j,ib,it,isw,n:integer;
    d,tx,tx1,tx2,bx,bx1,bx2,Y1,Y2,Y3:real;
    w:array[1..3] OF real;
    beta:array[1..20] OF real;
    tang:array[1..29] OF real;
    iref:array[1..29,1..20] OF real;

FUNCTION fbetal(B1:real):real;
BEGIN
    fbetal:=arctan(latA*cos(B1));
END;

PROCEDURE citesteTab;
VAR f:text;
    n,m,ib,ig:integer;
    v,q0:real;
BEGIN
    assign(f,'rtab3');reset(f);
    readln(f);readln(f);
    read(f,ig); IF ig=29 THEN
        FOR n:=1 TO 29 DO read(f,tang[n]);
    read(f,ib); IF ib=20 THEN
        FOR n:=1 TO 20 DO read(f,beta[n]);
    read(f,q0);
    FOR n:=1 TO ib DO

```

```

        FOR m:=1 TO ig DO
        BEGIN read(f,v); iref[m,n]:=v*q0; END;
END;

FUNCTION rval3(bt,tgam:real):real;

PROCEDURE iswp;
BEGIN
    isw:=1; n:=3;
    IF (ib>=19) THEN ib:=ib-1;
END;

PROCEDURE iswm;
BEGIN
    isw:=-1; n:=2;
END;

FUNCTION aipol(isw:integer;x,dx1,dx2,y1,y2,y3:real):real;
VAR w:real;
BEGIN
    IF isw>0 THEN
        BEGIN
            w:=(y3-y1)*dx1*(x-dx1)+(y2-y1)*(dx1+dx2)*(dx1+dx2-x);
            aipol:=y1+x*w/((dx1+dx2)*dx1*dx2);
        END
    ELSE aipol:=y1+x*(y2-y1)/dx1;
END;

BEGIN {rval3}
{ citesteTab;}
    {Cauta in tabelul cu beta indicele dinaintea lui BT}
    j:=1; WHILE((beta[j]<=BT) AND (j<20)) DO j:=j+1; IB:=j-1;
    {Cauta in tabelul cu tg(gama) indicele dinaintea lui TGAM}
    j:=1; WHILE((tang[j]<=TGAM) AND (j<29)) DO j:=j+1; IT:=j-1;
    IF (tang[j]>=TGAM) THEN {sfarsit}
BEGIN
    {Stabileste numarul punctelor ptr. interpolare}
    IF It<14 THEN iswp ELSE
        IF ib>=7 THEN iswm ELSE
            IF it<18 THEN iswp ELSE
                IF ib>=4 THEN iswm ELSE
                    IF it>=28 THEN iswm ELSE iswp;
        {Calculeaza dIFerente ptr. tg(gama) si beta}
    tx:=tgam-tang[it];
    tx1:=tang[it+1]-tang[it];
    bx:=bt-beta[ib];
    bx1:=beta[ib+1]-beta[ib];
    IF isw>0 THEN
        BEGIN
            tx2:=tang[it+2]-tang[it+1];
            bx2:=beta[ib+2]-beta[ib+1];
        END;
        {Interpoleaza}
    FOR j:=1 TO n DO
        BEGIN
            i:=j-1+ib;
            y1:=iref[it,i];
            y2:=iref[it+1,i];
            IF isw>0 THEN y3:=iref[it+2,i];

```



```

        w[j]:=aipol(isw,tx,tx1,tx2,y1,y2,y3);
    END;
    rval3:=aipol(isw,bx,bx1,bx2,w[1],w[2],w[3]);
    END ELSE rval3:=0;
END;(rval3)

FUNCTION fr(dist:real):real;
VAR teta:real;
BEGIN
    blg:=grad(arctan(dist));
    betalr:=fbetal(rad(blg));
    Bbeta_cGama(rad(blg),betalr,c,g);
    tg:=tan(g);b:=grad(c);
    IF dist>=0 THEN
        BEGIN teta:=arctan((Obs-latA)/(6+4-dist));
            b:=abs(grad(c)-grad(teta));
        END ELSE
        BEGIN teta:=arctan((Obs-latA)/(6-dist));
            b:=(grad(c)-grad(teta));
        END;
    fr:=rval3(b,tg);
END;

BEGIN {Program principal}
    citesteTab;
    REPEAT
        assign(f1,'ideall.dat');rewrite(f1);
        write(f1,'lung\lat ');
        FOR indlat:=0 TO 8 DO write(f1,(indlat/8):7:3);
        writeln(f1); writeln(f1);
        FOR inddist:=0 TO 16 DO
            BEGIN
                write(f1,(inddist/4):7:3,' ');
                FOR indlat:=0 TO 8 DO
                    BEGIN
                        dist:=inddist/4;
                        latA:=indlat/8;
                        IF latA>=0.5 THEN Obs:=0.75 ELSE Obs:=0.25;{2 Observatori}
                        IF ((dist<=4) AND (latA<=1.1))
                            THEN BEGIN
                                r4_b:=fr(4-dist);r_b:=fr(-dist);rb_4:=fr(dist-
                                4);rb:=fr(dist);
                                i4_b:=iref[1,1]*(rb-r_b)/(rb*r4_b-r_b*rb_4);
                                i_b:=(iref[1,1]-rb_4*i4_b)/rb;
                                write(i_b:7:3);
                                write(f1,i_b:7:3)
                                END ELSE write(f1,0.0:7:0);
                            END;
                        writeln;
                        writeln(f1);
                    END;
                close(f1);
                readln(q);
                UNTIL upcase(q)='Q';
            END.

```

## ANEXA 1.14 Programul R3.PAS și R3INIT.PAS

```
program r3;
uses biblio;
VAR b,tg:real;
    q:char;
    blg,betalr,c,g:real;
    inddist,indlat:integer;
    dist,r4_b,r_b,rb_4,rb,i4_b,i_b:real;
    fl:text;
    latA:real;
    Obs:real;
    i,j,ib,it,isw,n:integer;
    d,tx,tx1,tx2,bx,bx1,bx2,Y1,Y2,Y3:real;
    w:array[1..3] OF real;
    beta:array[1..20] OF real;
    tang:array[1..29] OF real;
    iref:array[1..29,1..20] OF real;

FUNCTION fbetal(B1:real):real;
BEGIN
    fbetal:=arctan(latA*cos(B1));
END;

PROCEDURE citesteTab;
VAR f:text;
    n,m,ib,ig:integer;
    v,q0:real;
BEGIN
    assign(f,'rtab3');reset(f);
    readln(f);readln(f);
    read(f,ig); IF ig=29 THEN
        FOR n:=1 TO 29 DO read(f,tang[n]);
    read(f,ib); IF ib=20 THEN
        FOR n:=1 TO 20 DO read(f,beta[n]);
    read(f,q0);
    FOR n:=1 TO ib DO
        FOR m:=1 TO ig DO
            BEGIN read(f,v); iref[m,n]:=v*q0; END;
    END;

FUNCTION rval3(bt,tgam:real):real;

    PROCEDURE iswp;
    BEGIN
        isw:=1; n:=3;
        IF (ib>=19) THEN ib:=ib-1;
    END;

    PROCEDURE iswm;
    BEGIN
        isw:=-1; n:=2;
    END;

FUNCTION aipol(isw:integer;x,dx1,dx2,y1,y2,y3:real):real;
VAR w:real;
BEGIN
```

```

IF isw>0 THEN
  BEGIN
    w:=(y3-y1)*dx1*(x-dx1)+(y2-y1)*(dx1+dx2)*(dx1+dx2-x);
    aipol:=y1+x*w/((dx1+dx2)*dx1*dx2);
    END
  ELSE aipol:=y1+x*(y2-y1)/dx1;
END;

BEGIN {rval3}
{ citesteTab;}
  {Cauta in tabelul cu beta indicele dinaintea lui BT}
  j:=1; WHILE((beta[j]<=BT) AND (j<20)) DO j:=j+1; IB:=j-1;
  {Cauta in tabelul cu tg(gama) indicele dinaintea lui TGAM}
  j:=1; WHILE((tang[j]<=TGAM) AND (j<29)) DO j:=j+1; IT:=j-1;
  IF (tang[j]>=TGAM) THEN {sfarsit}
BEGIN
  {Stabileste numarul punctelor ptr. interpolare}
  IF It<14 THEN iswp ELSE
    IF ib>=7 THEN iswm ELSE
      IF it<18 THEN iswp ELSE
        IF ib>=4 THEN iswm ELSE
          IF it>=28 THEN iswm ELSE iswp;
    {Calculeaza dIFerente ptr. tg(gama) si beta}
    tx:=tgam-tang[it];
    tx1:=tang[it+1]-tang[it];
    bx:=bt-beta[ib];
    bx1:=beta[ib+1]-beta[ib];
    IF isw>0 THEN
      BEGIN
        tx2:=tang[it+2]-tang[it+1];
        bx2:=beta[ib+2]-beta[ib+1];
      END;
      {Interpoleaza}
    FOR j:=1 TO n DO
      BEGIN
        i:=j-1+ib;
        y1:=iref[it,i];
        y2:=iref[it+1,i];
        IF isw>0 THEN y3:=iref[it+2,i];
        w[j]:=aipol(isw,tx,tx1,tx2,y1,y2,y3);
      END;
      rval3:=aipol(isw,bx,bx1,bx2,w[1],w[2],w[3]);
    END ELSE rval3:=0;
  END;{rval3}

FUNCTION fr(dist:real):real;
VAR teta:real;
BEGIN
  blg:=grad(arctan(dist));
  betalr:=fbetal(rad(blg));
  Bbeta_cGama(rad(blg),betalr,c,g);
  tg:=tan(g);b:=grad(c);
  IF dist>=0 THEN
    BEGIN teta:=arctan((Obs-lata)/(6+4-dist));
      b:=abs(grad(c)-grad(teta));
    END ELSE
    BEGIN teta:=arctan((Obs-lata)/(6-dist));
      b:=(grad(c)-grad(teta));
    END;
  END;

```

```

    fr:=rval3(b,tg);
END;

BEGIN {Program principal}
  citesteTab;
  REPEAT
    assign(f1,'rr3.dat');rewrite(f1);
    write(f1,'lung\lat ');
    FOR indlat:=0 TO 8 DO write(f1,(indlat/8):7:3);
    writeln(f1); writeln(f1);
    FOR inddist:=0 TO 16 DO
      BEGIN
        write(f1,(inddist/4):7:3,' ');
        FOR indlat:=0 TO 8 DO
          BEGIN
            dist:=inddist/4;
            latA:=indlat/8;
            Obs:=latA;{IF latA>=0.5 THEN Obs:=0.75 ELSE Obs:=0.25;}{2
Observatori}
            IF ((dist<=4) AND (latA<=1.1))
              THEN BEGIN
                i_b:=fr(dist);
                write(i_b:7:1);
                write(f1,i_b:7:1)
                END ELSE write(f1,0.0:7:0);
              END;
            writeln;
            writeln(f1);
          END;
        close(f1);
        readln(q);
        UNTIL upcase(q)='Q';
      END.

```

## ANEXA 2. REZULTATE EXPERIMENTALE LA VARIANTELE PRELIMINARE.

Tab.A2-1. Intensitățile luminoase [cd/1000lm] măsurate pentru varianta FVB01AA 1X250

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270
0.0	176	177	178	179	176	171	173	172	170	171	171	172	175	174	171	172	172	171	171
2.5	183	183	183	184	180	173	175	173	169	169	169	169	172	171	169	171	170	169	169
5.0	190	190	189	189	184	175	176	173	169	167	167	166	170	168	166	169	169	168	167
7.5	197	196	194	194	188	177	178	174	168	165	164	163	167	165	164	168	167	166	165
10.0	204	203	199	199	192	179	179	174	167	163	162	160	164	162	161	166	166	164	163
12.5	232	230	223	221	211	190	184	175	166	161	157	155	159	157	155	160	160	159	159
15.0	260	257	246	242	230	201	188	175	164	159	153	150	153	152	149	154	155	154	154
17.5	287	285	269	264	249	211	193	176	163	156	148	145	148	146	143	147	149	150	150
20.0	315	312	292	285	268	222	197	176	161	154	143	140	142	141	137	141	143	144	145
22.5	346	345	331	326	302	245	210	181	162	153	142	139	140	138	134	138	141	142	145
25.0	377	379	371	367	337	267	223	186	164	151	142	138	137	135	131	135	139	140	146
27.5	408	414	410	407	371	290	236	190	165	150	141	136	135	132	127	132	137	137	146
30.0	439	448	450	448	405	312	249	195	166	148	140	135	132	129	124	129	135	135	146
32.5	443	458	468	473	423	332	263	207	171	149	138	134	130	127	122	126	135	135	154
35.0	446	468	485	497	441	352	276	219	175	150	135	132	128	125	120	123	136	135	162
37.5	432	459	481	498	442	364	295	236	183	154	138	132	127	122	117	120	133	132	163
40.0	418	450	477	499	443	375	314	253	190	157	141	131	125	119	114	117	131	129	164
42.5	383	420	452	481	436	381	336	276	204	161	141	130	123	115	108	112	123	123	147
45.0	347	389	428	463	428	387	358	298	218	165	141	129	120	111	102	106	115	117	130
47.5	304	348	391	433	415	398	380	326	234	168	142	128	118	108	100	100	107	109	114
50.0	259	308	350	387	401	408	403	367	252	173	140	125	115	105	96	92	96	98	99
52.5	218	259	302	349	390	410	431	400	264	174	136	122	112	101	92	85	86	86	85
55.0	174	215	256	299	357	413	448	418	278	172	131	122	110	99	89	78	78	72	70
57.5	131	166	201	236	324	403	456	433	278	170	127	119	108	97	85	74	72	62	59
60.0	100	129	159	189	279	383	441	420	269	164	123	115	105	95	82	69	65	52	49
62.5	81	101	125	154	228	314	396	377	249	154	120	112	102	92	78	64	59	42	39
65.0	67	78	98	127	190	276	335	320	219	149	115	107	99	88	75	59	53	33	29
67.5	54	64	82	107	157	229	286	264	194	137	105	104	95	85	70	54	47	26	22
70.0	40	51	68	93	129	179	219	206	164	127	107	99	90	80	65	50	41	17	14
72.5	31	41	57	80	106	139	176	138	62	34	13	15	28	49	50	39	31	11	9
75.0	23	32	47	68	93	91	51	46	34	33	9	6	44	4	11	3	4	4	4
77.5	14	23	35	52	33	23	28	30	21	11	7	4	3	3	3	3	3	2	3
80.0	7	6	4	5	9	13	15	15	13	7	4	3	2	2	2	2	2	1	1
82.5	1	1	2	3	4	6	6	8	6	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1
85.0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab.A2-2. Intensitățile luminoase [cd/1000lm] măsurate pentru varianta PVB01AB 1X250

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	170	170	170	171	171	173	169	172	172	172	172	171	170	169	173	168	169	169	170
2.5	175	175	174	175	174	175	170	173	171	170	169	168	167	165	168	164	165	165	168
5.0	181	180	179	179	178	177	171	173	171	168	166	165	163	161	164	161	162	162	166
7.5	186	185	183	182	181	179	172	174	170	166	162	162	160	156	159	157	158	158	163
10.0	191	190	187	186	184	181	173	174	169	164	159	159	156	152	154	153	155	154	161
12.5	220	218	210	208	202	193	179	176	169	162	157	156	153	148	150	149	151	150	157
15.0	249	246	234	231	220	205	185	178	169	161	155	153	149	144	147	145	146	145	152
17.5	278	274	257	253	237	216	191	180	168	159	152	149	146	140	143	140	142	141	148
20.0	307	302	281	275	255	228	197	182	168	157	150	146	142	136	139	136	137	136	143
22.5	337	334	315	309	284	247	207	187	169	157	149	144	140	134	137	133	136	134	144
25.0	368	365	348	343	314	267	217	191	170	156	148	142	138	132	134	131	134	133	145
27.5	398	396	382	376	343	286	227	196	171	156	147	140	135	130	132	128	132	131	145
30.0	428	427	415	410	372	305	237	200	172	155	146	138	133	128	129	125	130	129	146
32.5	433	434	428	425	383	317	251	207	176	155	146	138	132	126	126	122	130	127	153
35.0	438	442	441	439	393	328	265	214	179	155	145	138	131	123	122	118	129	126	159
37.5	426	433	436	437	394	340	279	230	185	158	144	136	128	121	120	116	126	121	162
40.0	413	423	430	434	395	352	293	246	190	160	142	134	124	119	117	113	124	117	165
42.5	379	396	409	417	390	362	318	272	204	163	142	132	122	116	113	108	117	112	150
45.0	345	370	388	400	385	372	342	297	217	165	142	129	119	112	109	103	110	107	134
47.5	302	329	352	372	375	382	358	325	231	171	140	124	115	109	104	97	100	96	116
50.0	258	283	311	340	360	392	383	368	252	174	138	123	113	104	100	92	93	92	97
52.5	219	244	272	304	349	395	403	388	266	175	138	123	110	100	95	86	85	83	83
55.0	169	196	225	256	317	390	413	406	276	175	138	121	108	98	92	81	78	72	71
57.5	133	157	180	203	284	370	408	408	273	174	136	120	105	94	89	76	73	62	60
60.0	103	121	141	163	241	330	388	383	260	169	135	118	104	93	84	70	66	52	48
62.5	78	93	113	138	196	287	345	334	240	162	130	117	103	90	81	67	62	44	40
65.0	64	73	90	113	164	238	289	279	211	152	126	114	100	89	79	62	56	34	30
67.5	53	60	76	99	136	199	233	233	189	141	117	109	96	87	77	58	51	28	23
70.0	40	47	62	85	119	158	188	190	160	125	106	101	87	76	72	53	45	19	14
72.5	31	37	52	76	101	131	140	88	56	27	13	20	32	43	49	38	32	12	9
75.0	22	29	43	66	84	59	40	40	28	16	9	6	5	3	3	2	2	6	5
77.5	14	21	31	46	15	19	26	23	18	11	6	5	3	3	2	2	2	2	3
80.0	7	8	5	4	7	10	13	12	10	7	4	3	2	2	2	2	2	2	2
82.5	2	2	1	2	3	5	6	6	5	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1
85.0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A2-3. Intensitățile luminoase [cd/1000lm] măsurate pentru varianta PVB01AC 1X250

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270
0.0	255	255	255	256	256	255	255	255	256	250	250	250	248	248	248	247	248	249	251
2.5	265	265	265	265	264	262	260	258	257	249	246	244	239	237	235	233	233	233	234
5.0	274	274	274	274	272	268	265	261	257	248	242	237	231	227	223	219	217	216	216
7.5	284	284	284	282	279	275	270	263	258	246	237	231	222	216	210	205	202	200	199
10.0	293	294	293	291	287	281	275	266	258	245	233	224	213	205	197	191	187	184	181
12.5	300	301	300	298	294	290	283	270	260	243	228	216	202	191	181	176	173	172	171
15.0	308	308	307	305	301	299	290	275	262	242	223	208	192	178	166	162	160	160	162
17.5	315	315	314	312	307	307	298	279	264	240	217	199	181	164	150	147	146	148	152
20.0	322	322	321	319	314	316	305	283	266	238	212	191	170	150	134	132	133	136	142
22.5	315	315	316	318	319	323	309	288	272	243	213	187	163	145	132	130	137	145	153
25.0	307	309	312	316	325	330	314	294	278	247	215	182	156	140	129	127	141	153	164
27.5	300	302	307	315	330	336	318	299	284	252	216	178	148	134	127	125	145	162	175
30.0	292	295	302	313	335	343	322	304	290	256	217	173	141	129	124	122	149	171	186
32.5	275	280	291	307	326	334	329	327	318	280	229	175	140	128	122	125	150	168	181
35.0	257	265	279	300	317	325	335	350	346	304	240	176	139	127	119	128	150	166	175
37.5	236	245	261	286	303	319	342	363	352	310	251	191	146	126	117	126	146	160	169
40.0	215	224	243	271	288	312	348	375	357	315	261	205	152	125	115	124	141	154	163
42.5	193	202	221	249	268	295	348	368	351	310	260	205	155	128	115	121	135	146	154
45.0	170	180	199	227	247	278	348	361	345	304	258	205	157	131	114	117	129	138	144
47.5	151	161	178	202	225	265	346	368	346	299	250	197	152	127	112	112	122	129	133
50.0	131	138	153	174	201	244	343	373	344	297	242	188	146	121	109	107	113	119	125
52.5	115	120	135	160	182	224	325	365	343	289	231	176	138	115	103	101	104	109	117
55.0	96	103	116	135	163	210	289	335	320	273	217	162	127	104	98	92	93	98	108
57.5	84	89	101	122	151	192	257	300	289	243	197	147	115	94	89	83	84	87	92
60.0	68	74	87	108	134	171	229	259	253	218	175	125	99	86	81	74	74	73	72
62.5	59	64	75	94	119	150	203	229	219	195	144	98	86	79	74	68	65	62	58
65.0	49	53	63	79	98	126	178	202	192	164	111	78	72	70	65	59	54	50	47
67.5	46	48	54	63	79	106	145	166	152	122	78	64	60	58	56	51	46	42	37
70.0	42	43	47	52	61	75	108	127	112	79	53	45	47	48	47	43	36	31	28
72.5	36	39	41	44	46	53	68	75	66	42	33	34	35	35	36	33	28	23	20
75.0	29	31	33	36	33	35	41	35	33	26	23	24	25	26	25	24	19	16	13
77.5	22	24	25	26	24	22	24	22	20	17	16	15	16	17	17	16	13	11	8
80.0	14	15	16	17	15	13	12	11	10	9	9	9	9	10	10	9	7	5	4
82.5	7	8	9	9	7	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	2	1
85.0	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab.A2-4. Intensitățile luminoase [cd/1000lm] măsurate pentru varianta PVB01AD 1X250

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270
0.0	133	133	133	133	132	133	131	132	132	132	132	131	131	130	129	129	129	128	127
2.5	135	135	135	133	131	131	129	129	128	128	127	127	126	126	125	126	127	127	126
5.0	138	138	137	134	130	129	126	126	124	123	122	123	121	121	122	123	125	126	125
7.5	140	140	138	134	129	126	124	122	119	119	117	118	116	117	118	120	124	125	123
10.0	142	143	140	134	128	124	121	119	115	114	112	114	111	112	114	117	122	123	122
12.5	249	224	201	180	158	133	118	113	108	107	105	106	104	106	109	114	118	121	122
15.0	356	306	263	227	187	142	115	106	102	100	98	99	97	99	104	110	115	119	121
17.5	463	387	324	273	217	150	112	100	95	93	90	91	90	93	98	107	112	116	121
20.0	570	469	385	319	246	159	109	93	88	86	83	83	83	86	93	103	108	114	120
22.5	540	466	402	347	240	162	122	101	93	91	88	87	86	87	90	97	104	111	117
25.0	509	464	419	375	233	166	135	109	98	96	93	91	89	88	87	92	100	107	114
27.5	479	461	436	402	227	169	148	117	102	100	98	95	92	88	83	86	96	104	110
30.0	448	459	453	430	220	172	161	125	107	105	103	99	95	89	80	80	91	100	107
32.5	438	457	442	393	224	175	164	141	113	109	107	103	98	92	84	77	86	95	104
35.0	428	455	430	355	228	178	166	157	119	113	110	106	101	94	87	74	81	89	100
37.5	412	454	430	341	216	176	170	164	124	114	111	108	105	98	90	75	78	86	98
40.0	395	452	430	327	203	173	174	170	128	114	112	110	108	101	92	76	75	82	96
42.5	351	445	434	317	190	175	179	169	136	115	115	113	111	104	95	78	75	92	129
45.0	306	438	438	306	176	177	184	167	143	115	118	116	114	106	98	80	74	101	161
47.5	185	354	382	271	168	175	182	167	155	118	122	123	120	110	100	82	77	133	250
50.0	114	283	305	179	158	177	182	173	170	122	123	180	125	116	110	83	74	134	263
52.5	94	213	225	128	155	177	184	188	183	125	128	160	124	110	101	89	71	137	288
55.0	81	92	102	111	147	179	190	208	204	133	131	148	115	111	93	77	64	129	273
57.5	73	70	81	106	134	183	221	244	250	146	140	127	108	102	89	68	57	91	169
60.0	64	61	73	98	125	206	269	378	311	180	131	115	105	96	83	64	53	57	77
62.5	55	56	68	92	123	242	435	464	471	311	121	111	102	93	79	61	50	49	58
65.0	48	50	63	86	112	370	542	625	1001	357	117	107	98	89	74	58	47	41	40
67.5	42	44	56	79	115	387	484	704	919	206	111	102	93	84	71	55	44	35	28
70.0	37	40	50	68	96	199	370	641	284	133	106	97	89	79	67	52	39	28	18
72.5	31	36	47	63	82	109	240	194	135	112	101	94	86	76	63	49	34	22	13
75.0	26	32	43	59	74	91	110	118	113	102	96	90	82	72	60	47	29	16	8
77.5	18	27	39	55	68	84	99	104	102	97	93	88	80	70	58	43	26	13	5
80.0	11	22	35	50	64	72	68	55	48	43	38	41	55	59	55	40	23	11	4
82.5	7	15	24	35	26	16	12	12	11	9	8	8	8	11	24	18	9	4	3
85.0	3	3	3	4	5	7	7	8	7	6	6	5	5	4	4	4	3	2	3
87.5	1	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Tab.A2-5. Intensitățile luminoase [cd/1000lm] măsurate pentru varianta PVB01AE 1X250

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	172	173	173	173	173	174	175	174	175	173	173	172	171	168	168	167	167	165	164
2.5	189	190	189	188	186	185	183	179	177	173	172	169	167	164	163	162	162	160	160
5.0	205	207	205	203	199	196	191	184	180	174	170	167	164	160	159	158	157	156	155
7.5	222	224	221	218	212	207	198	188	182	174	169	164	160	156	154	153	152	151	151
10.0	238	241	236	233	225	218	206	193	184	174	167	161	156	152	149	148	148	146	146
12.5	269	272	268	266	251	238	219	199	185	173	164	157	152	148	145	144	144	143	143
15.0	300	302	300	298	276	257	231	205	187	171	161	154	148	144	142	141	141	141	141
17.5	331	332	331	331	302	277	244	211	188	170	157	150	143	139	138	137	137	137	138
20.0	362	362	362	363	327	296	256	217	189	168	154	146	139	135	134	133	134	134	135
22.5	364	366	369	374	341	301	258	219	190	168	153	144	137	133	131	131	132	132	136
25.0	365	370	376	384	355	306	261	220	190	167	152	143	136	130	128	128	131	131	136
27.5	367	374	383	395	369	311	263	222	191	167	151	141	134	128	125	126	129	129	137
30.0	368	377	390	405	383	316	265	223	191	166	150	139	132	125	122	123	128	128	137
32.5	349	361	376	393	365	305	262	226	196	168	151	140	132	124	120	121	128	128	144
35.0	329	344	361	380	347	294	259	229	200	170	151	140	132	123	117	119	128	127	150
37.5	294	311	330	352	322	280	257	234	206	175	153	142	133	122	115	117	128	124	164
40.0	258	277	299	324	296	266	255	238	212	179	154	143	133	120	113	114	128	121	178
42.5	219	237	259	285	268	254	257	248	224	187	157	144	132	118	111	110	126	116	187
45.0	179	197	219	246	240	241	258	257	235	195	159	144	130	115	108	106	123	111	195
47.5	144	163	180	196	198	231	266	275	257	208	162	143	127	112	104	102	117	104	187
50.0	116	135	151	164	175	218	276	297	282	222	163	141	123	109	100	97	110	101	160
52.5	96	109	124	141	156	207	290	300	300	222	163	138	119	106	96	92	100	93	138
55.0	78	87	100	117	134	197	307	325	325	229	160	133	115	102	93	87	91	87	112
57.5	63	70	82	100	120	187	326	350	350	250	153	128	111	99	90	82	82	78	95
60.0	54	60	71	88	109	174	325	400	400	275	147	122	107	95	86	77	75	67	78
62.5	46	53	64	77	102	156	296	450	450	300	139	118	105	93	83	73	69	62	62
65.0	37	46	58	72	93	135	246	500	500	325	127	114	102	90	79	69	63	50	49
67.5	30	41	53	66	87	118	203	550	550	350	123	111	100	88	76	65	58	40	38
70.0	20	32	46	61	80	104	146	450	450	335	114	106	97	86	74	60	52	31	28
72.5	14	25	40	57	74	91	116	147	148	126	103	102	94	83	71	55	47	24	20
75.0	11	20	34	51	68	83	83	70	53	38	26	39	62	75	64	49	39	16	14
77.5	8	15	27	45	38	19	11	17	17	12	7	6	5	14	35	39	30	9	8
80.0	2	3	4	5	3	4	6	9	9	6	3	3	3	4	4	8	7	4	4
82.5	1	1	1	1	2	2	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
85.0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A2-6. Intensitățile luminoase [cd/1000lm] măsurate pentru varianta FVB01AF 1X250

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270
0.0	152	154	154	154	154	154	154	154	154	152	152	152	152	150	150	149	149	149	149
2.5	165	157	157	157	157	157	157	157	155	152	150	152	152	150	149	149	149	149	149
5.0	169	169	169	169	169	169	159	159	155	152	149	149	149	150	140	149	149	149	145
7.5	173	173	173	173	173	170	162	162	157	152	149	149	144	140	139	140	142	142	145
10.0	182	180	178	178	178	172	165	162	157	152	142	142	142	140	132	137	139	139	139
12.5	198	198	198	198	198	178	173	165	159	150	142	142	142	139	132	135	135	135	132
15.0	215	215	215	215	215	198	182	165	159	150	142	142	140	137	131	134	135	135	132
17.5	231	231	231	231	231	207	188	169	159	150	142	142	135	134	131	132	135	135	132
20.0	256	256	251	248	235	211	190	170	159	149	142	142	132	131	129	129	129	129	132
22.5	273	273	273	273	264	223	195	172	159	149	142	142	132	129	127	127	129	129	132
25.0	281	281	281	281	273	231	198	175	160	150	142	142	132	129	127	126	126	126	132
27.5	289	289	289	289	281	240	203	177	160	150	142	142	132	129	127	124	126	126	132
30.0	302	304	307	316	283	245	207	180	162	150	140	140	132	129	126	124	126	126	132
32.5	302	304	307	316	281	243	207	182	165	152	142	139	132	129	124	122	126	126	134
35.0	291	297	307	316	281	240	208	183	167	155	144	139	134	129	124	121	126	126	137
37.5	268	279	307	307	264	231	208	190	172	159	144	142	135	127	121	119	127	127	142
40.0	248	251	281	286	253	225	208	193	177	162	150	145	139	127	119	117	127	127	152
42.5	215	231	248	264	248	220	210	202	185	172	150	150	137	124	116	111	127	127	159
45.0	185	198	231	231	213	210	211	210	195	177	159	150	137	121	112	112	124	124	172
47.5	152	172	198	200	195	202	216	218	208	183	162	147	134	117	109	107	121	132	178
50.0	126	139	165	169	172	193	221	238	208	195	164	145	131	114	106	102	116	132	173
52.5	104	116	132	140	152	185	230	253	248	207	162	145	126	111	101	97	107	124	162
55.0	84	91	107	116	131	178	240	274	269	218	160	139	121	106	97	93	99	116	139
57.5	68	76	91	96	117	169	251	306	299	236	159	135	116	102	94	88	91	102	119
60.0	56	61	79	81	104	159	264	363	355	261	154	129	111	99	91	83	81	86	101
62.5	46	50	69	71	94	150	278	410	411	297	147	124	107	96	88	79	73	79	84
65.0	38	41	61	61	84	139	268	474	494	354	137	117	107	93	84	74	64	66	68
67.5	30	33	56	56	78	126	231	487	514	357	127	112	102	91	81	71	58	56	55
70.0	23	28	51	51	71	107	182	377	385	281	117	107	101	88	79	68	51	50	41
72.5	18	23	46	46	66	93	137	240	254	187	111	102	97	86	78	64	45	36	31
75.0	12	17	43	43	59	83	99	157	169	135	104	97	93	83	73	59	38	33	25
77.5	8	17	38	40	55	73	89	119	111	104	86	84	84	78	69	56	33	43	18
80.0	7	12	36	36	51	59	45	36	26	15	15	13	18	28	50	51	28	20	12
82.5	2	3	13	17	12	5	5	7	7	5	3	3	3	3	3	15	8	5	5
85.0	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
87.5	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A2-7. Intensitățile luminoase [cd/1000lm] măsurate pentru varianta PVBOLAG 1X250

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	152	154	154	154	154	154	154	154	150	150	150	152	150	152	152	152	152	149	149
2.5	165	159	159	157	157	157	157	155	150	150	150	152	152	152	149	149	149	149	149
5.0	173	169	169	169	165	160	159	155	150	150	149	149	149	149	140	149	149	149	145
7.5	177	178	178	173	167	164	159	157	150	149	149	149	144	145	139	140	142	142	145
10.0	190	180	178	173	167	165	159	157	150	149	145	144	140	140	140	137	142	139	139
12.5	202	198	198	198	182	173	164	157	150	147	142	142	140	139	139	135	135	135	132
15.0	215	215	215	215	198	182	167	157	149	147	142	140	140	137	139	134	135	135	132
17.5	231	231	231	228	207	187	170	157	149	142	142	139	135	134	135	132	135	135	132
20.0	256	251	248	235	215	192	170	157	147	140	137	135	132	131	132	132	134	132	132
22.5	273	273	273	273	223	195	175	159	149	140	137	134	132	129	132	132	134	132	132
25.0	289	289	287	281	235	202	178	160	150	142	137	134	132	129	131	131	134	132	132
27.5	297	306	301	289	241	208	182	162	150	142	139	134	132	127	131	131	132	132	132
30.0	302	314	311	294	249	213	183	164	150	142	140	134	132	126	129	129	132	132	132
32.5	302	317	311	296	248	215	188	169	150	145	142	135	131	126	127	127	135	134	134
35.0	291	319	311	296	246	215	192	172	157	147	142	137	129	124	126	126	137	137	137
37.5	268	297	291	281	245	216	197	182	159	152	144	142	131	124	126	126	140	142	142
40.0	248	289	284	271	236	216	200	187	167	154	149	142	131	122	124	124	147	149	152
42.5	223	264	264	264	231	216	215	195	172	159	150	144	131	121	121	122	152	154	159
45.0	187	235	231	226	216	216	213	203	177	164	154	144	129	117	119	119	159	165	172
47.5	152	202	202	203	205	216	221	213	188	167	155	142	126	116	116	116	162	169	178
50.0	126	169	169	178	193	216	231	231	198	170	155	139	122	112	109	109	157	165	173
52.5	104	142	145	155	180	216	248	246	210	170	154	135	119	109	106	106	149	159	162
55.0	84	114	116	137	169	218	261	266	223	170	150	131	114	104	99	99	129	132	139
57.5	68	93	99	119	157	220	283	291	241	170	147	126	109	99	93	93	114	116	119
60.0	56	76	91	104	145	226	306	325	268	167	140	104	106	96	86	86	99	101	101
62.5	46	66	83	93	132	231	370	397	296	160	132	116	102	93	81	81	83	84	84
65.0	38	58	66	84	121	240	411	473	363	150	126	111	99	89	73	73	69	69	68
67.5	30	53	66	76	109	230	444	544	385	144	121	107	97	88	68	68	58	58	55
70.0	23	46	63	71	101	188	383	482	337	135	116	106	94	84	59	59	45	45	41
72.5	18	41	50	64	91	147	251	316	249	124	109	102	91	83	53	53	36	33	31
75.0	12	38	38	59	84	117	160	195	167	112	104	97	88	79	50	50	30	28	25
77.5	8	35	38	56	76	96	124	140	122	96	91	88	83	74	46	46	23	21	18
80.0	7	30	30	51	69	61	55	38	30	26	26	35	38	50	41	41	12	12	12
82.5	2	10	10	17	8	8	8	10	8	5	3	3	3	5	13	13	3	3	5
85.0	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
87.5	2	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A2-8. Intensitățile luminoase [cd/1000lm] măsurate pentru varianta PVB01AH 1X250

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270
0.0	188	189	189	190	190	189	191	191	191	195	195	195	197	196	196	196	195	194	193
2.5	188	189	191	193	194	194	196	196	196	200	200	200	201	200	199	199	196	194	192
5.0	188	190	193	197	198	199	201	201	201	205	205	205	205	203	202	201	197	194	190
7.5	187	191	195	200	202	203	205	206	206	210	209	209	208	207	205	204	199	194	189
10.0	187	192	197	203	206	208	210	211	211	215	214	214	212	210	208	206	200	194	187
12.5	187	192	198	204	207	209	211	212	211	215	214	214	212	210	208	205	199	192	184
15.0	186	193	199	205	209	210	212	213	212	215	214	214	212	211	208	205	198	190	181
17.5	186	193	200	206	210	211	213	213	212	214	213	213	212	211	208	204	197	189	178
20.0	185	194	201	207	211	212	214	214	212	214	213	213	212	211	208	203	196	187	175
22.5	185	194	202	208	209	209	211	211	209	211	210	210	209	208	204	201	193	183	170
25.0	184	194	202	208	207	206	207	208	206	209	208	207	206	204	201	198	190	179	166
27.5	184	194	203	209	205	202	204	205	203	206	205	203	202	201	197	196	186	175	161
30.0	183	194	203	209	203	199	200	202	200	203	202	200	199	197	193	193	183	171	156
32.5	179	192	200	205	198	195	197	199	198	200	199	197	195	192	189	187	178	166	151
35.0	175	189	198	201	192	190	194	195	195	197	196	193	190	187	184	181	172	161	146
37.5	170	185	193	193	187	187	191	193	192	195	193	190	187	183	179	175	167	156	142
40.0	164	181	188	185	181	183	188	190	189	192	190	186	183	178	173	169	162	152	137
42.5	156	173	180	178	176	178	184	186	186	188	187	183	179	173	167	163	157	148	138
45.0	148	165	173	171	171	173	179	182	182	184	183	179	175	167	161	156	151	145	138
47.5	138	154	161	160	164	168	175	178	176	180	177	174	169	162	155	148	144	143	146
50.0	127	142	150	152	157	163	170	174	172	176	173	169	165	156	149	140	136	143	160
52.5	117	130	138	141	151	158	165	170	168	170	169	164	159	152	143	134	129	135	154
55.0	108	119	127	132	143	153	160	165	164	166	163	160	154	146	136	127	120	117	116
57.5	100	108	116	124	136	146	155	160	161	160	158	155	148	140	130	119	112	102	90
60.0	89	97	106	115	127	140	150	157	157	155	152	149	143	134	124	112	103	91	76
62.5	79	86	96	107	121	134	146	156	154	150	147	143	136	128	118	106	95	82	69
65.0	68	75	86	99	110	128	144	157	154	144	141	137	131	122	111	98	86	73	60
67.5	59	66	77	90	104	122	147	162	154	138	136	132	125	116	104	92	78	65	52
70.0	49	55	66	82	97	117	143	166	156	134	131	126	120	110	98	85	69	55	44
72.5	39	48	60	76	92	111	131	146	142	129	126	121	114	103	91	78	61	47	37
75.0	30	39	52	70	87	104	119	128	130	124	121	116	108	97	84	70	53	40	31
77.5	24	32	46	66	83	98	108	115	121	120	116	110	102	92	78	60	45	33	25
80.0	18	26	41	62	77	91	102	107	98	95	83	77	76	72	67	51	32	20	15
82.5	13	23	38	57	71	68	52	46	28	26	18	14	18	18	24	22	15	10	7
85.0	8	11	15	20	15	9	8	7	7	7	6	5	5	4	4	3	3	3	2
87.5	4	5	5	4	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0
90.0	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## ANEXA 3. INTENSITATI LUMINOASE REZULTATE DIN SIMULARE PE CALCULATOR.

Tab. A3-1. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 919 H-2.5/V-1

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157
2.5	163	163	163	161	161	161	160	159	159	157	157	157	156	156	156	155	156	156	156	156
5.0	170	169	170	169	170	166	163	159	158	157	156	156	155	155	155	155	155	154	154	154
7.5	171	173	173	173	170	171	168	162	159	156	156	155	155	154	154	154	153	153	152	152
10.0	190	195	181	177	174	173	170	164	160	156	155	155	154	153	153	152	152	152	152	151
12.5	237	222	218	209	191	173	172	166	159	157	155	154	153	153	152	151	151	151	151	150
15.0	253	253	242	238	217	194	173	169	159	156	154	153	152	151	151	150	150	149	149	149
17.5	264	271	271	268	236	218	188	170	157	156	153	153	151	150	150	149	148	147	147	147
20.0	267	268	267	271	269	228	199	172	161	155	152	151	151	149	148	148	147	146	146	145
22.5	263	267	264	271	262	257	223	183	160	154	151	150	149	148	147	146	145	143	143	142
25.0	253	261	264	266	252	274	220	194	160	153	150	149	148	147	145	144	143	141	141	139
27.5	245	252	263	252	279	255	253	203	162	152	150	148	146	145	144	142	140	138	136	136
30.0	238	235	248	244	259	259	268	212	160	151	148	147	145	143	142	140	138	136	133	133
32.5	217	226	230	252	248	274	245	225	169	149	148	146	144	142	140	138	135	132	132	130
35.0	210	211	222	237	253	261	259	241	179	148	147	144	142	140	138	135	132	129	126	126
37.5	195	200	208	217	253	249	267	241	189	148	144	142	140	138	135	132	129	126	122	122
40.0	182	187	198	203	227	256	255	253	194	145	143	141	138	136	133	130	126	122	118	118
42.5	168	172	183	197	199	257	252	256	198	145	141	139	136	134	130	127	122	118	113	113
45.0	152	158	169	185	213	221	258	251	207	143	140	138	134	131	128	123	119	114	109	109
47.5	128	138	153	171	196	225	260	252	218	141	138	136	132	129	125	120	115	110	104	104
50.0	99	107	135	155	174	221	253	248	224	140	136	134	130	126	122	117	111	105	99	99
52.5	94	100	111	140	158	220	246	251	229	141	134	132	128	124	119	113	107	100	94	94
55.0	88	96	103	122	153	184	227	256	238	147	133	129	125	121	116	110	103	96	88	88
57.5	83	91	98	107	142	165	212	257	245	156	130	127	123	118	112	106	98	91	83	83
60.0	77	86	94	102	123	154	206	273	265	167	128	126	120	115	109	102	94	86	77	77
62.5	71	80	89	98	110	139	203	286	284	176	126	122	118	112	106	98	89	80	71	71
65.0	65	75	85	94	102	127	199	321	317	187	124	120	115	109	102	94	85	75	65	65
67.5	59	70	80	90	99	113	192	366	389	209	121	118	113	106	99	90	80	70	59	59
70.0	53	64	75	85	95	103	206	420	434	230	119	116	110	103	95	85	75	64	53	53
72.5	46	58	70	81	91	100	280	529	465	262	116	113	107	100	91	81	70	58	46	46
75.0	40	53	65	77	87	97	393	475	391	233	113	111	105	97	87	77	65	53	40	40
77.5	33	47	60	72	84	93	283	176	150	134	111	108	101	93	84	72	60	47	33	33
80.0	9	9	9	9	9	9	36	9	9	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	7	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2

Tab. A3-2. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 920 H-2.5/V-4

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174
2.5	176	177	180	178	175	174	175	174	173	172	171	170	171	170	168	168	167	166	164
5.0	185	183	184	182	180	178	179	176	175	172	170	168	164	162	160	157	158	157	156
7.5	192	190	190	190	187	184	179	177	173	172	169	163	160	157	155	156	155	155	155
10.0	200	202	198	195	193	189	184	179	176	172	164	160	157	155	154	154	153	153	152
12.5	274	269	265	234	200	196	188	182	176	170	161	159	156	154	153	152	152	151	151
15.0	281	285	277	276	260	206	193	185	177	170	159	157	153	153	152	151	150	149	149
17.5	290	288	289	281	275	257	194	187	179	167	157	155	152	152	151	149	148	147	147
20.0	290	294	295	286	286	275	225	190	181	166	156	153	151	150	149	148	147	146	145
22.5	276	288	284	289	287	270	261	193	182	164	155	153	150	149	147	146	145	143	142
25.0	271	281	282	289	274	284	270	212	181	162	154	151	149	147	146	144	143	141	139
27.5	269	272	271	282	296	287	275	235	183	161	151	150	147	146	144	142	140	138	136
30.0	263	266	273	268	288	272	281	247	183	161	150	148	146	144	142	140	138	136	133
32.5	252	253	258	272	268	290	274	264	184	160	148	148	144	142	140	138	135	132	130
35.0	234	239	242	259	271	289	276	268	205	160	148	146	143	140	138	135	132	129	126
37.5	219	223	230	241	276	263	287	256	219	160	146	144	141	138	135	132	129	126	122
40.0	202	208	215	222	243	274	275	264	232	159	144	142	139	136	133	130	126	122	118
42.5	185	190	200	218	219	281	272	273	234	158	142	140	137	134	130	127	122	118	113
45.0	167	171	185	203	226	253	276	276	240	156	140	138	135	131	128	123	119	114	109
47.5	141	149	166	184	215	234	290	272	244	156	139	136	133	129	125	120	115	110	104
50.0	105	121	144	165	186	235	280	270	248	160	137	134	130	126	122	117	111	105	99
52.5	94	100	120	144	163	215	277	280	263	167	135	133	128	124	119	113	107	100	94
55.0	88	96	103	125	164	183	275	291	274	185	133	130	126	121	116	110	103	96	88
57.5	83	91	98	113	143	167	281	321	305	195	131	127	124	118	112	106	98	91	83
60.0	77	86	94	102	119	151	259	350	349	218	128	126	121	115	109	102	94	86	77
62.5	71	80	89	98	110	131	271	426	419	238	126	123	118	112	106	98	89	80	71
65.0	65	75	85	94	103	111	353	589	466	260	124	121	116	109	102	94	85	75	65
67.5	59	70	80	90	99	106	436	611	458	263	121	118	113	106	99	90	80	70	59
70.0	53	64	75	85	95	103	304	249	206	160	118	115	110	103	95	85	75	64	53
72.5	46	58	70	81	91	100	132	115	115	117	116	113	108	100	91	81	70	58	46
75.0	40	53	65	77	87	97	104	109	113	114	113	110	105	97	87	77	65	53	40
77.5	33	47	60	72	84	93	101	107	110	112	111	107	102	93	84	72	60	47	33
80.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A3-3 Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 921 H-0/V-1

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
2.5	159	159	158	158	158	158	157	157	157	156	156	156	156	156	155	155	155	155	155	156
5.0	165	165	163	162	162	159	158	157	157	156	156	155	155	155	154	154	154	154	154	154
7.5	168	170	170	171	166	163	161	158	157	156	156	155	154	154	154	153	153	153	152	152
10.0	172	171	173	173	170	170	161	160	157	155	155	154	154	153	153	152	152	152	152	151
12.5	179	177	176	176	173	170	166	160	157	156	154	153	153	152	152	151	151	151	151	150
15.0	198	196	184	178	177	174	169	161	157	155	154	153	152	151	151	150	150	149	149	149
17.5	226	227	221	205	183	175	171	162	156	154	153	153	151	150	150	149	148	147	147	147
20.0	253	251	240	225	206	177	173	161	157	154	152	151	150	149	148	148	147	146	146	145
22.5	267	272	264	253	226	198	174	167	156	153	151	150	149	148	147	146	145	143	143	142
25.0	258	268	271	270	233	219	184	168	154	152	151	149	148	147	145	144	143	141	141	139
27.5	258	264	271	260	278	228	201	171	154	152	150	148	146	145	144	142	140	138	138	136
30.0	254	253	261	254	265	249	207	172	152	150	148	147	145	143	142	140	138	136	136	133
32.5	240	244	248	266	253	276	216	181	152	148	147	146	144	142	140	138	135	132	132	130
35.0	223	231	238	253	264	263	235	196	152	148	146	144	142	140	138	135	132	129	129	126
37.5	211	216	225	238	265	252	261	201	151	147	144	142	140	138	135	132	129	126	126	122
40.0	203	208	214	224	241	262	254	211	153	144	143	141	138	136	133	130	126	122	122	118
42.5	190	193	200	221	225	271	251	218	153	143	141	139	136	134	130	127	122	118	118	113
45.0	176	183	190	205	241	232	260	227	153	141	140	137	134	131	128	123	119	114	114	109
47.5	163	170	179	192	236	237	262	235	167	139	138	135	132	129	125	120	115	110	110	104
50.0	147	156	168	178	205	236	254	241	175	138	136	133	130	126	122	117	111	105	105	99
52.5	128	139	154	169	190	242	250	249	185	136	134	131	128	124	119	113	107	100	100	94
55.0	99	116	134	157	183	216	249	256	193	134	132	129	125	121	116	110	103	96	96	88
57.5	83	91	114	141	172	208	246	259	206	132	130	127	123	118	112	106	98	91	91	83
60.0	77	86	98	123	150	202	229	278	230	131	128	126	120	115	109	102	94	86	86	77
62.5	71	80	89	107	137	190	229	289	250	128	126	122	118	112	106	98	89	80	80	71
65.0	65	75	85	97	121	186	229	321	273	125	124	120	115	109	102	94	85	75	75	65
67.5	59	70	80	90	105	174	245	367	315	123	122	118	113	106	99	90	80	70	70	59
70.0	53	64	75	85	97	162	274	420	359	120	119	116	110	103	95	85	75	64	64	53
72.5	46	58	70	81	92	156	353	530	409	118	116	113	107	100	91	81	70	58	58	46
75.0	40	53	65	77	87	226	470	477	361	115	114	111	105	97	87	77	65	53	53	40
77.5	33	47	60	72	84	203	305	176	148	113	112	108	101	93	84	72	60	47	47	33
80.0	9	9	9	9	9	27	36	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	8	7	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A3-4. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 922 H-0/V-4

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167
2.5	174	175	175	174	172	171	172	172	169	167	165	163	162	162	159	159	160	159	158
5.0	181	178	179	178	175	175	175	173	171	166	165	161	159	158	157	157	157	156	156
7.5	183	182	184	184	181	179	175	174	170	166	162	160	156	156	155	155	154	154	154
10.0	187	191	188	185	185	182	179	175	173	162	161	158	156	155	154	153	153	153	152
12.5	196	197	196	194	188	186	182	177	172	162	159	156	155	154	153	152	151	151	151
15.0	204	204	202	200	193	188	184	178	171	162	158	155	154	153	152	151	150	149	149
17.5	249	240	221	204	201	192	185	181	173	160	157	154	153	152	150	149	148	147	147
20.0	296	291	283	247	211	200	188	182	173	158	155	152	152	150	149	148	147	146	145
22.5	288	297	294	284	249	202	194	184	174	156	154	152	150	149	147	146	145	143	142
25.0	289	299	292	295	278	238	195	184	174	156	153	151	149	147	146	144	143	141	139
27.5	285	289	288	292	299	270	207	187	174	154	151	149	147	145	144	142	140	138	136
30.0	276	281	290	281	293	277	235	188	173	153	150	148	146	144	142	140	138	136	133
32.5	263	268	279	289	276	288	255	190	173	151	148	147	144	142	140	138	135	132	130
35.0	254	256	263	282	283	290	272	200	174	150	147	145	142	140	138	135	132	129	126
37.5	236	244	249	263	293	270	277	218	173	149	146	144	141	138	135	132	129	126	122
40.0	230	231	239	249	272	283	269	240	173	147	144	142	139	136	133	130	126	122	118
42.5	214	219	228	244	247	291	274	251	172	146	142	140	137	134	130	127	122	118	113
45.0	198	204	214	226	257	266	281	257	173	143	141	138	135	131	128	123	119	114	109
47.5	182	188	199	210	250	264	294	260	182	141	139	136	133	129	125	120	115	110	104
50.0	164	171	183	192	223	261	283	264	199	140	138	134	130	126	122	117	111	105	99
52.5	142	152	167	183	193	257	278	273	213	137	136	132	128	124	119	113	107	100	94
55.0	116	129	147	168	197	233	277	292	234	135	133	130	126	121	116	110	103	96	88
57.5	84	101	122	146	187	219	286	319	264	132	132	127	123	118	112	106	98	91	83
60.0	77	86	106	122	155	207	306	348	290	130	129	126	121	115	109	102	94	86	77
62.5	71	80	90	110	130	195	327	428	320	128	126	124	118	112	106	98	89	80	71
65.0	65	75	85	103	109	219	410	590	388	125	124	121	116	109	102	94	85	75	65
67.5	59	70	80	95	103	265	495	612	413	122	121	118	113	106	99	90	80	70	59
70.0	53	64	75	85	97	226	359	250	193	120	119	116	110	103	95	85	75	64	53
72.5	46	58	70	81	92	118	145	115	116	117	116	113	107	100	91	81	70	58	46
75.0	40	53	65	77	87	97	104	110	114	115	114	110	105	97	87	77	65	53	40
77.5	33	47	60	72	84	93	101	107	111	112	111	108	102	93	84	72	60	47	33
80.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Tab. A3-5. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 923 H-5/V-1

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161
2.5	168	169	169	167	168	167	167	166	163	160	160	158	158	157	157	156	156	156	156
5.0	195	192	196	186	176	169	169	167	164	161	157	157	155	155	155	155	155	154	154
7.5	222	221	220	216	204	194	178	169	163	160	158	155	155	155	155	154	154	153	152
10.0	255	242	236	232	225	217	201	178	165	160	157	155	155	154	153	152	152	152	151
12.5	268	267	266	266	250	227	210	185	165	160	156	154	153	153	152	151	151	151	150
15.0	259	270	275	268	260	250	229	206	170	159	154	153	152	152	151	150	150	149	149
17.5	260	270	267	269	270	268	237	200	177	158	154	153	152	150	150	149	148	147	147
20.0	259	261	261	269	271	257	259	229	186	157	152	152	151	149	148	148	147	146	145
22.5	249	256	254	265	258	272	269	232	190	156	153	150	149	148	147	146	145	143	142
25.0	242	249	252	258	246	275	240	242	199	155	151	149	148	147	145	144	143	141	139
27.5	232	238	248	242	273	252	262	263	209	155	150	148	147	145	144	142	140	138	136
30.0	219	217	229	226	252	255	270	252	211	154	149	148	145	143	142	140	138	136	133
32.5	200	203	214	234	228	270	247	253	224	159	148	146	144	142	140	138	135	132	130
35.0	188	191	202	218	230	256	257	257	225	168	146	144	142	140	138	135	132	129	126
37.5	169	176	184	201	231	238	265	252	232	173	144	142	140	138	135	132	129	126	122
40.0	154	158	172	185	202	236	252	258	243	177	143	141	138	136	133	130	126	122	118
42.5	116	135	154	169	181	227	252	258	235	183	141	139	136	134	130	127	122	118	113
45.0	109	114	126	157	184	190	259	252	237	186	140	138	134	131	128	123	119	114	109
47.5	104	110	115	135	167	190	254	252	241	187	138	136	132	129	125	120	115	110	104
50.0	99	105	111	117	147	186	233	250	241	193	136	134	130	126	122	117	111	105	99
52.5	94	100	107	113	128	185	217	254	240	200	133	132	128	124	119	113	107	100	94
55.0	88	96	103	110	117	153	205	255	247	208	132	129	125	121	116	110	103	96	88
57.5	83	91	98	106	112	136	191	256	255	216	130	128	123	118	112	106	98	91	83
60.0	77	86	94	102	109	124	178	271	278	230	128	126	120	115	109	102	94	86	77
62.5	71	80	89	98	106	113	157	282	299	246	125	122	118	112	106	98	89	80	71
65.0	65	75	85	94	102	109	139	318	338	262	123	120	116	109	102	94	85	75	65
67.5	59	70	80	90	99	106	127	365	449	308	120	118	113	106	99	90	80	70	59
70.0	53	64	75	85	95	103	113	420	465	358	119	116	110	103	95	85	75	64	53
72.5	46	58	70	81	91	100	107	522	494	368	116	113	107	100	91	81	70	58	46
75.0	40	53	65	77	87	97	104	472	398	309	113	110	105	97	87	77	65	53	40
77.5	33	47	60	72	84	93	101	176	151	142	111	108	102	93	84	72	60	47	33
80.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A3-6. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 924 H-5/V-4

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
2.5	181	184	185	181	179	179	180	178	176	175	173	173	174	172	171	171	173	170	167
5.0	227	227	224	211	196	184	184	181	178	176	175	172	171	168	167	163	161	160	158
7.5	274	267	271	264	252	223	196	183	179	174	173	169	164	161	158	156	156	155	155
10.0	276	279	279	274	270	260	236	193	182	175	170	165	161	157	154	154	153	153	153
12.5	286	287	282	286	279	278	259	219	183	175	168	162	158	154	153	153	152	151	151
15.0	286	282	284	282	285	270	279	241	185	176	165	158	155	153	152	151	150	149	149
17.5	279	282	284	277	279	287	271	259	204	177	162	155	153	152	151	149	148	147	147
20.0	276	282	279	284	289	282	273	266	215	175	160	154	151	150	149	148	147	146	145
22.5	265	276	271	282	285	268	281	271	229	173	160	152	150	149	147	146	145	143	142
25.0	262	271	270	273	264	286	283	260	247	172	158	151	149	147	146	144	143	141	139
27.5	257	261	263	266	285	281	275	275	244	170	155	150	147	146	144	142	140	138	136
30.0	246	251	262	254	274	266	288	271	255	177	155	148	146	144	142	140	138	136	133
32.5	224	234	240	257	249	281	279	269	258	188	151	147	144	142	140	138	135	132	130
35.0	209	211	221	239	251	275	277	277	256	196	151	145	142	140	138	135	132	129	126
37.5	183	192	204	219	250	241	283	267	256	203	148	144	141	138	135	132	129	126	122
40.0	159	169	183	196	219	248	272	270	262	208	146	142	139	136	133	130	126	122	118
42.5	125	138	161	180	195	250	270	276	255	214	144	139	137	134	130	127	122	118	113
45.0	109	114	129	161	197	208	268	278	255	216	142	138	135	131	128	123	119	114	109
47.5	104	110	115	137	185	197	278	278	256	227	140	136	133	129	125	120	115	110	104
50.0	99	105	111	118	151	193	265	278	262	234	139	134	131	126	122	117	111	105	99
52.5	94	100	107	113	125	182	259	282	277	238	136	132	128	124	119	113	107	100	94
55.0	88	96	103	110	120	149	223	291	292	253	136	130	126	121	116	110	103	96	88
57.5	83	91	98	106	113	127	177	316	330	275	139	127	124	118	112	106	98	91	83
60.0	77	86	94	102	109	118	154	348	390	311	143	125	121	115	109	102	94	86	77
62.5	71	80	89	98	106	113	138	425	486	362	140	123	118	112	106	98	89	80	71
65.0	65	75	85	94	102	109	119	588	500	380	124	121	116	109	102	94	85	75	65
67.5	59	70	80	90	99	106	112	610	482	335	121	118	113	106	99	90	80	70	59
70.0	53	64	75	85	95	103	110	249	208	210	118	115	110	103	95	85	75	64	53
72.5	46	58	70	81	91	100	107	115	115	116	115	113	107	100	91	81	70	58	46
75.0	40	53	65	77	87	97	104	109	113	114	113	110	105	97	87	77	65	53	40
77.5	33	47	60	72	84	93	101	107	110	112	110	107	101	93	84	72	60	47	33
80.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A3-7. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 926 H-5/V-1

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163	163
2.5	172	173	173	171	172	171	170	169	165	162	161	160	159	158	158	156	157	157	157
5.0	207	202	207	195	183	174	173	171	167	163	158	157	156	156	156	155	155	154	155
7.5	241	240	238	234	218	206	185	173	166	162	159	156	156	155	155	154	154	153	152
10.0	283	267	260	255	246	235	215	185	168	162	158	156	155	154	153	153	152	152	151
12.5	300	300	298	298	277	247	226	194	168	162	157	155	153	153	152	151	151	151	150
15.0	290	304	310	300	290	278	251	221	175	160	155	154	153	152	151	150	150	149	149
17.5	291	304	301	302	304	301	261	214	185	160	155	153	152	151	150	149	148	147	147
20.0	291	294	293	303	305	287	289	250	196	159	153	152	151	149	148	148	147	146	145
22.5	279	287	285	297	289	306	303	255	201	158	154	151	149	148	147	146	145	143	142
25.0	270	279	282	290	274	311	266	268	213	157	152	150	148	147	145	144	143	141	139
27.5	259	266	278	270	309	282	294	295	227	158	151	148	147	145	144	142	140	138	136
30.0	243	240	255	250	282	286	305	282	229	157	149	148	145	143	142	140	138	136	133
32.5	220	223	236	261	252	305	276	283	245	163	148	147	144	142	140	138	135	132	130
35.0	205	208	221	241	255	288	288	288	247	174	147	144	142	140	138	135	132	129	126
37.5	181	190	199	220	257	266	299	283	257	181	145	142	141	138	135	132	129	126	122
40.0	164	168	184	200	222	264	284	291	272	187	144	141	138	136	133	130	126	122	118
42.5	117	139	162	180	195	253	284	291	261	194	142	139	136	134	130	127	122	118	113
45.0	109	114	128	167	200	206	294	284	264	199	140	138	134	131	128	123	119	114	109
47.5	104	110	115	139	179	207	288	285	270	201	139	136	132	129	125	120	115	110	104
50.0	99	105	111	117	155	203	262	282	271	210	136	134	130	126	122	117	111	105	99
52.5	94	100	107	113	131	202	242	288	271	218	134	132	128	124	119	113	107	100	94
55.0	88	96	103	110	117	162	227	290	279	229	133	129	125	121	116	110	103	96	88
57.5	83	91	98	106	112	141	211	292	290	240	131	128	123	118	112	106	98	91	83
60.0	77	86	94	102	109	127	195	312	320	259	128	126	120	115	109	102	94	86	77
62.5	71	80	89	98	106	114	168	326	347	280	126	123	118	112	106	98	89	80	71
65.0	65	75	85	94	102	109	145	373	398	301	123	120	116	109	102	94	85	75	65
67.5	59	70	80	90	99	106	131	434	540	361	121	118	113	106	99	90	80	70	59
70.0	53	64	75	85	95	103	114	504	562	425	119	116	110	103	95	85	75	64	53
72.5	46	58	70	81	91	100	107	636	600	438	116	113	107	100	91	81	70	58	46
75.0	40	53	65	77	87	97	104	573	478	363	113	111	105	97	87	77	65	53	40
77.5	33	47	60	72	84	93	101	195	162	151	111	108	102	93	84	72	60	47	33
80.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A3-8. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 927 H-2.5/V-2.5

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	176	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
2.5	174	175	177	175	174	174	173	172	168	165	164	162	161	160	160	159	158	159	158
5.0	182	180	181	181	177	176	175	174	171	165	163	159	158	158	157	156	156	156	156
7.5	188	187	186	188	179	183	178	175	173	165	161	158	157	156	155	154	154	154	154
10.0	193	194	191	192	192	185	181	177	174	165	160	157	155	154	154	154	153	152	152
12.5	266	268	257	228	203	190	185	182	173	164	159	156	155	154	152	152	151	151	150
15.0	313	310	303	284	252	213	187	182	174	161	159	154	153	152	151	151	150	149	149
17.5	315	316	319	314	289	249	201	184	176	160	158	153	152	151	150	149	148	147	147
20.0	312	321	310	318	321	286	225	189	177	159	155	152	151	150	149	148	147	146	145
22.5	312	318	303	319	307	306	259	191	178	159	154	152	150	148	147	146	145	143	142
25.0	303	303	308	312	297	320	283	214	180	158	153	151	149	147	145	144	143	141	139
27.5	292	292	303	305	328	306	299	233	178	155	152	149	147	145	144	142	140	138	136
30.0	284	283	292	288	314	297	312	249	180	155	150	147	146	144	142	140	138	136	133
32.5	260	267	277	299	286	322	286	278	182	156	149	146	144	142	140	138	135	132	130
35.0	245	248	258	275	298	327	299	294	201	155	147	145	143	140	138	135	132	129	126
37.5	230	234	244	254	297	289	315	279	217	153	145	144	141	138	135	132	129	126	122
40.0	213	219	225	235	260	304	306	291	230	151	145	142	139	136	133	130	126	122	118
42.5	192	200	210	229	230	308	295	301	241	151	143	140	137	134	130	127	122	118	113
45.0	170	176	189	217	244	260	301	299	245	149	140	139	134	131	128	123	119	114	109
47.5	141	153	168	195	237	259	309	297	259	149	139	136	132	129	125	120	115	110	104
50.0	100	115	145	171	200	259	302	296	267	150	137	134	130	126	122	117	111	105	99
52.5	94	100	117	149	173	249	300	303	280	157	134	133	128	124	119	113	107	100	94
55.0	88	96	103	127	172	199	299	316	290	173	134	130	126	121	116	110	103	96	88
57.5	83	91	98	111	151	178	279	334	310	186	131	129	123	118	112	106	98	91	83
60.0	77	86	94	102	124	163	252	351	347	203	128	126	121	115	109	102	94	86	77
62.5	71	80	89	98	112	145	247	395	387	227	126	124	119	112	106	98	89	80	71
65.0	65	75	85	94	102	124	246	466	476	250	124	121	116	109	102	94	85	75	65
67.5	59	70	80	90	99	107	307	576	556	289	121	118	113	106	99	90	80	70	59
70.0	53	64	75	85	95	103	489	749	627	316	119	116	110	103	95	85	75	64	53
72.5	46	58	70	81	91	100	463	501	402	226	116	113	108	100	91	81	70	58	46
75.0	40	53	65	77	87	97	176	149	133	114	114	111	105	97	87	77	65	53	40
77.5	33	47	60	72	84	93	101	107	110	112	111	108	102	93	84	72	60	47	33
80.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A3-9. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] calculate pentru varianta Simulare 928 H-2.5/V-4

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
2.5	182	184	187	184	182	180	181	180	178	178	176	174	175	175	172	172	171	169	167
5.0	193	191	193	190	187	185	186	182	181	178	175	172	167	165	161	158	159	159	157
7.5	202	200	200	200	196	192	187	184	178	177	173	166	162	158	156	156	155	155	155
10.0	213	216	211	207	204	199	193	187	183	177	167	162	159	155	155	154	154	153	152
12.5	308	302	297	257	213	208	198	190	183	175	163	161	157	154	153	153	152	151	151
15.0	318	322	313	311	290	221	204	194	184	175	161	158	154	154	152	151	150	149	149
17.5	330	327	328	318	310	287	206	196	187	171	159	155	153	152	151	149	148	147	147
20.0	330	335	336	324	324	310	246	201	189	170	158	154	152	151	149	148	147	146	145
22.5	313	328	322	329	327	304	293	205	190	168	156	154	150	149	147	146	145	143	142
25.0	308	320	320	330	310	322	303	229	190	166	156	152	149	148	146	144	143	141	139
27.5	306	310	308	321	339	326	311	260	192	165	152	151	147	146	144	142	140	138	136
30.0	299	302	311	304	329	308	318	275	193	165	152	149	146	144	142	140	138	136	133
32.5	285	287	293	309	303	332	310	297	194	164	149	148	145	142	140	138	135	132	130
35.0	263	270	273	294	308	331	314	303	222	164	149	146	143	140	138	135	132	129	126
37.5	246	250	257	271	315	298	328	288	241	165	147	145	141	138	135	132	129	126	122
40.0	225	232	239	248	273	312	313	299	258	164	145	143	139	136	133	130	126	122	118
42.5	205	211	222	243	244	323	309	310	260	163	143	140	137	134	130	127	122	118	113
45.0	183	186	203	226	253	287	316	314	268	161	141	139	135	131	128	123	119	114	109
47.5	151	160	180	201	241	264	333	310	274	162	140	137	133	129	125	120	115	110	104
50.0	106	126	153	179	204	266	322	308	280	167	138	135	131	126	122	117	111	105	99
52.5	94	100	123	153	176	241	318	321	300	176	136	133	128	124	119	113	107	100	94
55.0	88	96	103	129	177	200	317	336	314	199	133	131	126	121	116	110	103	96	88
57.5	83	91	98	115	151	180	325	376	354	213	131	128	124	118	112	106	98	91	83
60.0	77	86	94	103	122	161	298	412	411	243	128	126	121	115	109	102	94	86	77
62.5	71	80	89	98	112	136	313	511	501	270	127	124	119	112	106	98	89	80	71
65.0	65	75	85	94	103	112	419	719	561	298	124	121	116	109	102	94	85	75	65
67.5	59	70	80	90	99	106	525	748	552	302	121	118	113	106	99	90	80	70	59
70.0	53	64	75	85	95	103	358	286	231	172	119	116	110	103	95	85	75	64	53
72.5	46	58	70	81	91	100	139	115	115	117	116	113	108	100	91	81	70	58	46
75.0	40	53	65	77	87	97	104	109	113	114	113	110	105	97	87	77	65	53	40
77.5	33	47	60	72	84	93	101	107	110	112	111	107	102	93	84	72	60	47	33
80.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A3-10. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta Simulare 929 H-0/V-1

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157
2.5	160	160	159	158	159	159	158	158	157	157	157	156	156	156	156	156	156	156	156	156
5.0	168	167	165	165	165	160	160	158	158	157	156	156	155	155	155	155	154	154	154	154
7.5	172	174	174	175	170	165	163	159	158	157	156	155	155	154	155	153	153	153	153	152
10.0	177	176	178	178	174	174	163	162	158	156	155	155	154	153	153	153	152	152	152	151
12.5	186	184	183	182	179	174	169	161	158	157	155	154	153	152	152	151	151	151	151	150
15.0	210	208	193	185	184	179	173	163	158	156	154	153	152	152	151	150	150	149	149	149
17.5	246	247	239	219	191	182	177	164	157	155	154	153	151	151	150	149	148	147	147	147
20.0	280	278	263	245	220	184	179	164	159	155	152	152	150	149	148	148	147	146	145	145
22.5	298	304	294	280	246	210	181	172	157	154	152	150	149	148	147	146	145	143	142	142
25.0	288	300	303	302	254	237	193	173	155	153	151	149	148	147	145	144	143	141	139	139
27.5	289	296	304	289	311	248	215	177	156	153	150	148	147	145	144	142	140	138	136	136
30.0	284	282	291	282	296	275	222	179	153	151	149	147	145	143	142	140	138	136	133	133
32.5	267	272	276	298	282	309	235	190	154	149	148	146	144	142	140	138	135	132	130	130
35.0	247	256	265	282	296	294	259	209	154	149	147	144	142	140	138	135	132	129	126	126
37.5	233	239	249	264	298	280	291	216	153	148	145	142	140	138	135	132	129	126	122	122
40.0	224	230	236	248	269	293	284	229	156	145	144	141	138	136	133	130	126	122	118	118
42.5	210	212	219	245	249	305	280	238	156	144	142	139	136	134	130	127	122	118	113	113
45.0	193	200	208	226	270	257	292	249	156	142	141	138	134	131	128	123	119	114	109	109
47.5	178	186	195	210	264	264	294	260	174	140	139	135	132	129	125	120	115	110	104	104
50.0	159	169	182	194	226	264	286	268	186	139	136	134	130	126	122	117	111	105	99	99
52.5	137	148	166	182	208	271	281	279	198	137	134	132	128	124	119	113	107	100	94	94
55.0	102	121	142	169	200	240	280	288	209	135	133	129	125	121	116	110	103	96	88	88
57.5	83	91	118	150	187	231	277	292	226	132	130	128	123	118	112	106	98	91	83	83
60.0	77	86	99	129	160	224	257	316	256	132	128	126	120	115	109	102	94	86	77	77
62.5	71	80	89	109	145	210	257	331	281	129	127	123	118	112	106	98	89	80	71	71
65.0	65	75	85	98	126	205	258	372	311	125	125	120	115	109	102	94	85	75	65	65
67.5	59	70	80	90	107	191	278	429	363	123	122	118	113	106	99	90	80	70	59	59
70.0	53	64	75	85	98	177	315	496	420	120	120	116	110	103	95	85	75	64	53	53
72.5	46	58	70	81	92	171	415	634	483	118	117	114	107	100	91	81	70	58	46	46
75.0	40	53	65	77	87	258	561	569	423	116	114	111	105	97	87	77	65	53	40	40
77.5	33	47	60	72	84	231	356	193	157	113	112	108	101	93	84	72	60	47	33	33
80.0	9	9	9	9	9	31	43	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9
82.5	7	7	7	7	7	7	9	7	8	8	8	9	8	7	7	7	7	7	7	7
85.0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5
87.5	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## ANEXA 4. INTENSITATI LUMINOASE MASURATE IN LABORATORUL FOTOMETRIC ELBA TIMISOARA.

Tab. A4-1. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-01-1250 019

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158
2.5	182	178	175	174	170	166	162	161	159	156	154	152	150	148	150	150	150	151	152	152
5.0	194	188	184	183	178	173	168	165	162	159	156	154	151	149	149	149	148	148	148	148
7.5	207	198	193	192	185	179	173	170	166	161	158	155	153	149	147	147	145	144	143	143
10.0	219	208	202	201	192	186	178	174	169	164	160	157	154	150	146	145	143	141	139	139
12.5	235	225	218	214	205	195	184	178	171	164	159	155	152	147	144	143	142	139	135	135
15.0	251	242	234	227	219	204	189	181	173	164	158	153	149	144	142	141	140	137	132	132
17.5	266	259	251	240	232	213	195	185	174	164	157	150	147	141	140	139	139	135	128	128
20.0	282	277	267	253	245	222	200	188	176	164	156	148	144	138	138	137	138	133	124	124
22.5	282	276	267	256	251	233	212	194	177	163	156	148	144	137	136	134	135	131	122	122
25.0	282	276	268	258	257	245	224	199	178	162	156	149	143	135	134	130	131	128	120	120
27.5	281	275	268	261	263	256	235	205	178	161	156	149	143	134	132	127	128	125	117	117
30.0	281	274	268	263	269	267	247	210	179	160	156	149	142	132	130	123	125	122	115	115
32.5	264	258	256	258	273	267	246	213	194	174	166	152	139	131	127	122	122	120	115	115
35.0	246	242	244	253	276	266	245	215	209	187	176	155	136	130	123	120	119	117	114	114
37.5	221	221	227	240	264	263	247	203	183	163	155	146	126	130	122	118	116	114	113	113
40.0	195	199	209	226	251	259	248	190	157	138	134	137	116	129	120	115	113	112	112	112
42.5	169	173	185	206	229	232	236	210	181	148	142	156	121	118	119	111	107	107	109	109
45.0	142	146	161	186	206	204	224	229	204	158	150	174	126	107	117	106	101	101	105	105
47.5	117	122	137	163	192	199	231	200	190	176	189	129	139	102	107	105	97	96	103	103
50.0	99	102	115	138	150	189	203	307	222	195	189	214	111	153	83	110	97	93	96	96
52.5	79	84	98	121	125	223	280	233	224	187	167	152	183	74	93	109	96	89	89	89
55.0	67	73	81	92	130	180	218	245	237	198	177	150	123	205	115	104	92	86	85	85
57.5	56	64	74	85	97	179	218	272	258	203	180	158	125	109	86	66	76	81	82	82
60.0	49	56	64	74	147	167	242	276	253	185	160	145	131	103	91	68	73	78	83	83
62.5	42	47	54	62	111	166	223	264	245	187	154	129	120	101	126	66	69	78	91	91
65.0	37	44	54	67	108	145	218	278	265	188	151	124	103	92	94	65	66	78	100	100
67.5	30	38	62	101	91	130	238	297	291	195	150	128	105	85	76	82	69	78	108	108
70.0	22	34	49	67	78	132	261	318	307	186	143	123	109	88	73	62	59	75	109	109
72.5	14	27	42	59	81	127	260	309	284	165	115	99	98	88	75	53	50	61	86	86
75.0	10	22	36	53	73	105	199	199	190	106	83	64	67	64	67	53	44	46	59	59
77.5	6	15	30	49	47	52	67	104	103	62	44	32	29	34	33	37	31	31	36	36
80.0	4	7	10	11	8	15	35	37	58	54	33	25	20	12	13	27	17	14	18	18
82.5	4	3	3	4	5	7	12	20	47	55	34	19	21	12	9	9	8	8	9	9
85.0	4	4	4	3	3	4	10	17	50	51	33	18	18	11	7	7	8	8	7	7
87.5	6	6	5	3	2	3	8	15	41	44	30	18	14	9	6	5	6	7	7	7

Tab. A4-2 Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-01-1250 020 H-2,5/V

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
2.5	204	202	199	195	190	187	181	176	173	170	165	164	162	161	158	150	150	151	153	153
5.0	218	215	211	207	201	196	188	181	176	172	166	164	161	160	155	148	147	146	146	146
7.5	231	227	223	219	211	204	194	186	179	174	167	164	161	158	153	145	144	142	140	140
10.0	245	240	236	231	221	213	200	191	182	176	168	164	160	156	150	142	141	138	133	133
12.5	261	257	251	244	235	223	210	197	184	175	166	161	157	153	147	140	139	136	131	131
15.0	278	273	267	258	249	233	219	203	186	175	164	158	154	150	145	138	138	135	129	129
17.5	294	290	282	271	263	242	229	208	188	174	162	155	151	147	142	136	137	134	127	127
20.0	310	306	297	284	277	252	238	214	190	173	160	152	148	144	139	134	135	132	125	125
22.5	308	304	296	285	282	268	249	222	193	173	159	150	146	142	137	131	132	129	123	123
25.0	306	302	296	287	288	283	261	230	196	173	159	148	143	139	135	127	128	126	120	120
27.5	304	300	295	288	293	299	272	238	198	172	158	146	141	137	133	124	125	123	118	118
30.0	302	298	294	289	298	314	283	246	201	172	157	144	138	134	131	120	121	120	115	115
32.5	279	277	277	279	306	308	286	257	191	160	141	137	144	131	127	118	118	118	116	116
35.0	256	255	260	269	313	302	289	267	180	148	124	130	150	127	123	116	115	115	116	116
37.5	227	229	240	259	292	303	268	254	203	166	142	130	137	121	122	112	111	111	113	113
40.0	198	203	220	249	271	303	246	241	225	183	160	129	124	115	120	107	106	106	109	109
42.5	173	177	193	222	243	263	265	233	255	214	179	152	118	108	106	107	101	101	106	106
45.0	147	150	166	195	214	222	283	225	284	245	198	174	112	101	92	106	97	96	103	103
47.5	120	121	137	168	184	227	251	332	223	174	159	170	173	161	95	108	95	92	98	98
50.0	95	98	114	142	142	203	310	277	237	176	152	136	142	72	91	112	96	89	92	92
52.5	76	82	92	105	156	241	251	298	283	205	171	145	119	204	121	75	82	86	89	89
55.0	64	71	79	88	98	195	272	339	272	190	158	150	128	106	69	66	77	85	89	89
57.5	56	59	66	79	184	193	298	327	294	188	146	132	126	108	153	63	74	84	94	94
60.0	49	53	58	63	127	182	281	346	302	190	144	119	107	101	114	68	73	86	107	107
62.5	43	46	60	85	107	158	305	411	330	202	146	123	103	88	87	73	72	86	114	114
65.0	35	42	63	98	88	145	332	505	439	213	142	123	109	86	76	77	72	85	116	116
67.5	25	34	47	65	83	143	374	500	460	203	118	103	104	89	76	58	62	78	107	107
70.0	17	27	40	55	79	113	290	409	332	149	90	70	70	74	73	56	54	63	83	83
72.5	9	20	35	52	77	66	137	192	175	97	48	40	37	47	57	48	43	47	59	59
75.0	6	12	24	43	15	28	61	90	104	71	45	31	25	16	21	32	28	30	38	38
77.5	5	4	4	5	7	10	22	31	54	61	44	20	22	12	8	9	10	14	23	23
80.0	5	4	4	5	7	10	22	31	54	61	44	20	22	12	8	9	10	11	13	13
82.5	5	6	5	4	4	5	13	20	53	56	37	20	19	11	7	7	8	9	9	9
85.0	5	6	6	3	3	3	9	17	39	45	32	19	15	9	6	5	8	8	7	7
87.5	7	6	5	3	2	2	8	15	28	32	25	18	13	6	4	4	6	7	6	6
90.0	6	5	3	2	1	2	6	11	17	25	19	14	10	5	3	3	4	5	5	5



Tab. A4-3 Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-01-1250 021 H-0/V-1

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165
2.5	180	178	176	173	174	171	169	165	162	159	157	158	156	155	156	156	153	154	160
5.0	190	186	180	173	175	171	168	164	161	158	155	156	154	152	152	152	146	147	156
7.5	199	193	184	174	175	170	166	162	159	156	153	153	151	149	149	149	140	141	152
10.0	209	200	188	174	175	169	165	161	157	154	151	151	149	146	145	145	133	134	148
12.5	225	217	206	191	186	178	169	163	158	153	150	149	147	144	144	143	134	135	146
15.0	240	235	224	207	197	186	173	165	158	153	149	147	145	143	142	141	134	135	144
17.5	256	252	242	224	208	195	177	167	159	152	147	145	142	141	141	139	135	136	142
20.0	271	270	259	240	219	203	181	169	159	151	146	143	140	139	139	137	136	137	140
22.5	276	274	265	250	232	216	191	174	160	151	145	143	140	138	137	135	133	133	135
25.0	281	279	271	259	244	228	202	178	161	151	144	144	140	137	135	132	131	130	129
27.5	285	283	277	269	257	241	212	183	162	151	143	144	139	135	133	130	129	127	124
30.0	290	287	283	278	269	253	222	187	163	151	142	144	139	134	131	127	126	123	118
32.5	290	287	283	278	280	259	226	188	168	156	151	142	137	134	129	124	123	121	118
35.0	290	287	283	278	291	264	229	189	172	161	160	139	134	133	127	120	120	119	117
37.5	270	267	268	272	284	266	242	181	154	143	142	131	132	131	125	120	117	115	113
40.0	249	247	253	266	277	268	254	172	136	124	123	123	129	128	123	119	114	111	109
42.5	221	220	231	253	261	249	235	193	158	135	125	150	121	112	122	115	109	106	106
45.0	193	194	209	239	245	229	215	213	179	145	126	176	112	96	121	110	104	101	102
47.5	166	166	182	213	249	233	229	198	132	166	148	109	173	108	133	106	98	95	96
50.0	137	140	157	187	185	218	245	315	215	174	178	203	90	128	80	109	98	92	91
52.5	110	113	131	163	161	254	296	223	186	159	146	137	223	84	98	110	95	86	85
55.0	92	96	109	132	165	196	235	235	195	171	153	134	115	107	107	117	94	83	83
57.5	72	82	95	110	139	243	238	260	216	172	159	145	119	115	100	75	79	81	81
60.0	58	68	78	88	148	205	261	271	207	156	138	137	119	102	78	70	73	79	86
62.5	51	55	66	83	136	211	260	262	205	156	134	119	113	99	136	63	68	78	92
65.0	41	50	58	66	137	196	258	288	223	158	133	115	99	90	106	62	67	78	95
67.5	37	44	68	107	115	185	283	326	248	163	137	120	101	87	83	83	70	75	96
70.0	28	41	59	80	97	196	326	406	267	151	131	119	105	89	78	68	61	67	88
72.5	19	34	50	68	98	205	364	378	233	131	101	98	94	85	80	53	50	55	67
75.0	12	26	42	59	84	158	281	271	165	90	56	58	57	52	69	49	41	40	46
77.5	7	19	35	54	65	74	107	115	91	49	37	29	25	26	35	32	25	23	26
80.0	5	11	12	9	12	27	44	50	63	48	26	26	20	13	13	15	12	12	14
82.5	5	5	5	5	5	11	17	26	51	47	28	19	19	12	9	10	9	9	10
85.0	4	5	5	4	4	5	12	20	56	42	26	16	17	11	7	7	8	8	8
87.5	6	6	5	4	3	4	10	21	48	39	26	17	14	8	6	6	7	8	8
90.0	7	6	4	3	2	3	8	17	33	30	18	13	10	6	4	4	6	6	5

Tab. A4-4. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-01-1250 022 H-0/V-4

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
2.5	189	182	182	192	186	184	184	179	176	174	170	168	166	164	164	165	164	166	166	170
5.0	205	187	186	202	191	186	184	178	175	171	167	165	161	159	158	160	156	158	164	164
7.5	220	191	189	213	195	188	185	177	173	169	164	161	157	154	153	154	148	149	157	157
10.0	235	196	192	223	199	190	185	176	172	166	161	157	152	149	147	149	140	140	151	151
12.5	252	209	203	234	212	200	191	180	173	165	159	155	150	147	146	147	141	142	151	151
15.0	269	222	214	244	225	209	198	184	174	164	158	153	149	146	144	146	142	144	151	151
17.5	285	235	225	255	237	219	204	188	174	163	156	151	147	144	143	144	143	146	150	150
20.0	302	248	236	265	250	228	210	192	175	162	154	149	145	142	141	142	145	147	150	150
22.5	310	262	251	274	264	244	223	198	176	161	153	147	144	140	140	139	142	143	144	144
25.0	317	277	266	284	278	260	236	204	177	159	151	146	142	139	138	136	139	140	139	139
27.5	325	291	280	293	292	275	248	209	177	158	150	144	141	137	137	132	135	136	133	133
30.0	332	305	295	302	306	291	261	215	178	156	148	142	139	135	135	129	132	132	127	127
32.5	317	302	298	304	317	301	265	232	179	158	137	141	139	133	131	127	128	127	124	124
35.0	301	299	300	305	328	310	269	248	180	159	125	140	138	130	127	125	124	123	121	121
37.5	276	279	287	301	320	314	257	224	176	159	130	129	131	133	127	122	120	119	117	117
40.0	251	258	273	296	311	318	245	200	171	159	134	117	123	135	127	118	116	114	113	113
42.5	222	229	246	273	295	293	263	208	167	173	154	114	141	121	127	114	110	108	108	108
45.0	192	199	218	250	279	267	280	215	163	186	174	110	159	106	126	109	103	101	102	102
47.5	166	171	191	228	227	264	279	302	219	177	167	195	97	116	80	111	102	98	97	97
50.0	135	141	161	194	201	289	325	257	196	152	138	129	209	77	100	113	99	92	93	93
52.5	106	115	131	153	195	234	274	273	235	175	155	132	115	135	105	125	102	92	93	93
55.0	84	92	107	130	155	267	296	327	230	166	152	145	120	125	100	74	84	91	94	94
57.5	65	78	92	105	199	250	343	322	240	156	135	132	121	103	97	69	79	89	100	100
60.0	55	60	72	91	161	252	327	347	245	158	130	113	106	101	138	62	75	91	112	112
62.5	45	54	63	73	151	236	400	413	271	165	135	116	100	89	99	65	74	90	113	113
65.0	39	46	73	119	120	230	441	500	340	165	134	120	105	87	83	88	79	86	109	109
67.5	29	40	56	77	103	229	486	537	376	148	114	103	97	88	80	67	68	78	98	98
70.0	19	32	47	66	98	183	385	441	290	111	77	65	73	71	74	53	56	62	72	72
72.5	11	24	40	59	85	143	198	248	152	69	40	37	35	45	56	48	43	44	51	51
75.0	7	14	26	43	33	45	89	97	93	54	38	29	25	15	20	26	23	25	32	32
77.5	6	8	9	9	13	25	45	57	69	50	27	26	25	13	12	14	14	16	19	19
80.0	6	5	5	6	8	12	27	33	56	51	33	19	20	12	9	9	10	11	13	13
82.5	6	6	6	5	5	7	14	24	56	44	28	19	17	11	7	7	9	10	10	10
85.0	5	7	7	4	3	4	10	18	40	37	26	17	13	9	6	6	9	10	9	9
87.5	6	6	5	3	2	3	9	16	31	28	25	17	12	6	5	5	8	9	8	8
90.0	6	4	3	2	2	2	7	12	16	24	18	14	8	5	4	4	6	6	5	5

Tab. A4-5. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-01-1250 023 H-5/V-1

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
2.5	191	192	192	191	191	187	183	180	176	174	171	169	167	166	165	164	165	168	173	
5.0	204	204	202	200	198	192	186	180	175	171	168	165	163	161	160	157	158	162	170	
7.5	216	215	213	209	206	196	188	180	173	167	165	161	158	156	155	149	150	156	168	
10.0	229	227	223	218	213	200	190	180	172	164	162	157	154	151	150	142	142	150	165	
12.5	239	237	232	226	221	207	196	183	174	165	161	155	152	149	148	141	141	147	160	
15.0	249	246	242	235	229	215	201	187	176	166	160	154	150	147	146	140	139	144	156	
17.5	259	256	251	243	236	222	207	190	177	167	159	152	147	144	143	139	138	141	151	
20.0	269	266	260	251	244	229	212	193	179	168	158	150	145	142	141	138	136	139	146	
22.5	260	258	253	246	241	235	220	201	183	170	160	151	145	141	138	135	133	135	141	
25.0	252	251	247	240	237	241	228	210	187	172	162	152	146	140	136	133	130	131	136	
27.5	243	243	240	235	234	246	236	218	190	173	164	153	146	139	133	130	127	128	131	
30.0	234	235	234	229	230	252	244	226	194	175	166	154	146	138	130	127	124	124	126	
32.5	212	218	219	214	230	249	241	222	194	173	163	151	145	137	129	123	121	121	122	
35.0	190	201	204	198	229	246	237	217	194	171	160	148	144	136	127	119	118	118	118	
37.5	166	174	180	186	219	234	238	229	191	163	151	148	151	132	125	118	116	114	113	
40.0	141	146	157	174	208	221	238	241	188	155	142	147	158	128	123	117	113	110	107	
42.5	123	127	139	159	186	210	223	228	205	179	167	149	146	127	120	113	109	107	105	
45.0	105	108	121	144	164	199	208	214	222	203	191	150	133	126	116	108	105	103	102	
47.5	90	93	106	127	153	176	197	243	219	164	161	162	133	115	119	104	100	98	99	
50.0	78	81	90	107	135	151	237	210	274	251	198	159	130	105	103	102	95	93	96	
52.5	68	70	80	97	117	165	176	299	261	217	203	208	140	160	94	105	92	87	90	
55.0	59	60	70	91	85	123	253	230	240	211	185	162	169	71	90	119	97	86	87	
57.5	50	54	62	75	106	188	187	237	260	228	189	159	127	198	124	81	80	80	83	
60.0	44	50	53	53	67	136	194	257	269	223	184	163	127	107	61	66	73	78	80	
62.5	39	45	49	51	126	135	196	246	253	212	176	158	133	103	137	65	70	77	87	
65.0	33	40	44	44	103	126	172	239	265	217	163	138	122	102	101	71	67	78	103	
67.5	27	38	46	53	94	112	166	252	283	227	166	135	106	93	81	69	65	80	113	
70.0	19	32	56	92	77	96	165	280	298	218	156	131	106	86	70	74	63	82	129	
72.5	15	27	44	65	70	101	169	301	307	223	153	127	110	89	71	54	51	71	112	
75.0	9	22	36	51	71	92	133	231	249	188	127	103	89	88	71	52	46	57	84	
77.5	5	14	28	47	70	88	101	141	179	116	83	73	56	61	58	42	37	41	55	
80.0	4	8	13	19	35	14	26	46	70	60	39	32	27	23	20	32	23	21	26	
82.5	4	3	4	5	5	7	12	19	38	58	50	21	21	14	10	11	10	9	10	
85.0	3	3	3	3	3	5	8	15	41	61	45	24	19	14	7	7	8	8	7	
87.5	5	4	3	2	3	3	7	14	38	46	36	23	16	12	6	5	6	7	6	
90.0	9	6	3	2	2	2	6	11	24	37	29	16	11	7	4	3	4	5	4	

Tab. A4-6. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-01-1250 024 H-5/V-4

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
2.5	229	231	232	232	231	228	222	215	211	204	200	194	191	187	184	181	181	185	191
5.0	246	246	246	245	242	235	227	217	209	201	194	188	182	178	174	172	170	174	184
7.5	263	262	261	258	252	241	231	218	208	197	189	181	174	169	164	162	158	164	178
10.0	280	278	275	271	263	248	236	219	206	193	183	175	165	160	154	152	147	153	171
12.5	286	283	281	277	269	255	244	226	210	194	182	172	162	156	151	148	145	150	163
15.0	292	289	286	284	275	262	251	234	214	195	180	169	158	152	147	145	143	146	156
17.5	297	294	292	290	281	269	259	241	217	196	179	166	155	148	144	141	140	143	148
20.0	303	300	297	296	287	276	266	248	221	197	177	163	151	144	140	137	138	139	140
22.5	292	289	287	285	285	283	277	257	227	198	176	161	150	142	137	134	135	136	136
25.0	280	279	277	275	282	290	288	265	232	200	175	159	148	139	135	130	131	132	131
27.5	269	269	267	264	280	296	298	274	238	201	174	156	147	137	132	127	128	128	127
30.0	257	258	257	253	277	303	309	282	243	202	173	154	145	134	129	123	124	124	122
32.5	231	233	236	241	273	293	296	290	248	200	170	160	142	131	126	122	121	119	116
35.0	204	207	215	228	268	282	283	298	253	197	166	165	139	127	122	120	118	114	109
37.5	176	181	192	210	246	269	260	270	244	198	162	145	127	132	120	115	114	112	109
40.0	147	154	169	192	223	256	237	241	234	198	158	124	114	136	117	110	109	109	108
42.5	126	131	146	170	202	224	238	260	229	209	154	126	136	121	121	108	104	103	106
45.0	105	109	123	147	181	192	239	279	224	220	149	128	158	105	124	105	98	98	103
47.5	86	91	105	128	139	179	265	325	298	231	213	198	110	123	77	109	97	94	99
50.0	74	74	86	110	116	202	248	284	271	217	168	150	182	78	98	108	96	91	94
52.5	63	65	77	98	118	147	223	292	324	258	183	148	121	148	108	105	94	89	90
55.0	54	57	64	73	94	172	230	333	316	252	184	164	124	121	78	60	76	87	93
57.5	50	53	55	56	141	159	236	319	357	255	172	140	133	102	114	72	79	87	96
60.0	43	49	51	50	120	141	206	336	365	262	165	130	112	102	126	60	73	90	113
62.5	39	46	46	41	103	121	199	409	428	325	171	131	104	92	89	72	73	93	131
65.0	30	40	61	94	81	103	201	498	531	372	177	133	109	83	73	85	76	93	136
67.5	21	33	49	70	77	108	198	481	517	383	168	121	110	87	71	62	64	86	128
70.0	13	26	38	51	74	92	156	355	390	273	127	91	82	82	71	58	56	67	92
72.5	7	16	29	45	78	47	66	154	202	161	77	53	48	60	56	46	45	49	59
75.0	5	10	18	27	12	16	38	74	104	96	60	37	28	20	25	36	31	32	38
77.5	4	4	5	6	8	13	24	45	73	77	46	35	25	15	11	18	15	17	24
80.0	3	3	3	4	6	8	15	28	47	68	56	25	25	14	8	9	10	11	12
82.5	4	3	3	3	4	5	9	17	42	61	46	27	19	13	7	6	9	9	8
85.0	4	5	5	2	2	3	7	15	34	45	36	24	16	10	5	5	7	8	7
87.5	7	6	5	2	2	2	6	13	22	31	27	19	15	7	4	4	5	6	6
90.0	7	5	3	2	1	2	5	10	15	21	20	15	11	5	3	3	4	4	4

Tab. A4-7. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-12B-1250 025 MR H-5/V-1

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
2.5	167	167	166	166	161	157	154	152	150	147	146	145	144	144	141	140	144	145	141	141
5.0	192	191	190	188	179	171	166	162	156	151	149	147	146	145	140	137	146	147	139	139
7.5	216	215	213	211	197	185	177	171	163	154	152	149	147	145	138	133	147	148	136	136
10.0	240	239	236	233	215	199	188	180	169	158	155	151	148	146	136	130	149	150	134	134
12.5	254	253	251	248	228	212	199	186	172	159	154	150	147	144	135	130	143	145	135	135
15.0	268	268	267	264	240	226	209	191	175	160	154	148	146	141	135	130	137	139	135	135
17.5	282	283	282	279	253	239	220	197	178	161	153	147	145	139	134	129	131	134	136	136
20.0	296	297	297	294	265	252	230	202	181	162	152	145	144	136	133	129	126	128	136	136
22.5	284	286	286	284	261	255	240	219	199	169	162	156	149	135	129	126	123	125	132	132
25.0	272	274	275	273	257	259	250	235	217	177	172	167	155	133	126	123	121	123	129	129
27.5	260	263	264	263	253	262	260	252	235	184	182	178	160	132	122	120	119	120	125	125
30.0	248	251	253	252	249	265	270	268	253	191	192	189	165	130	118	117	116	118	121	121
32.5	220	222	227	233	246	269	238	232	228	192	178	140	116	131	122	115	114	115	118	118
35.0	191	193	201	214	242	272	206	195	202	192	163	90	66	132	126	112	111	112	115	115
37.5	169	172	181	194	210	253	200	197	191	174	164	110	89	143	98	115	113	111	111	111
40.0	146	151	161	174	178	234	194	198	179	155	165	130	112	154	70	118	115	111	106	106
42.5	119	120	126	137	163	216	259	251	200	163	168	155	160	147	85	90	100	101	93	93
45.0	92	88	90	99	148	198	324	304	220	171	170	179	208	139	99	62	86	92	79	79
47.5	81	72	78	99	165	239	239	294	239	185	171	181	157	175	129	112	99	84	67	67
50.0	81	76	83	101	165	179	250	318	239	208	181	174	154	123	142	99	92	81	66	66
52.5	78	73	81	103	112	153	221	301	255	219	181	173	142	121	103	131	98	80	75	75
55.0	62	63	68	76	94	143	206	295	278	247	209	180	142	116	99	94	94	91	84	84
57.5	52	54	60	71	89	127	192	297	283	258	207	181	142	113	96	90	90	91	92	92
60.0	50	51	56	65	78	119	186	332	320	271	187	166	136	112	96	84	85	89	94	94
62.5	46	49	54	61	77	113	192	343	342	277	192	154	129	107	95	85	80	84	95	95
65.0	41	46	52	59	77	105	178	348	378	279	196	148	122	102	90	81	76	84	105	105
67.5	34	41	48	57	75	104	179	381	418	295	190	143	118	103	86	73	70	87	124	124
70.0	28	35	44	57	76	106	184	432	462	313	182	131	115	102	84	69	64	94	157	157
72.5	24	29	40	57	75	102	184	521	552	317	163	124	110	101	83	66	59	95	174	174
75.0	13	23	37	56	71	95	165	535	547	295	152	116	104	92	73	61	52	77	134	134
77.5	11	20	33	50	66	83	143	446	442	249	138	98	90	81	70	52	45	52	75	75
80.0	10	15	24	38	47	60	88	267	288	190	132	86	72	62	59	43	35	32	35	35
82.5	10	13	20	29	32	42	56	110	131	118	119	75	62	46	45	37	30	23	14	14
85.0	11	15	20	25	37	46	41	48	54	68	77	44	40	27	30	18	15	11	7	7
87.5	12	13	11	7	7	6	10	14	18	43	60	25	15	11	9	6	5	5	5	5
90.0	12	11	8	2	2	3	4	7	11	45	63	19	12	9	6	5	4	4	4	4

Tab. A4-8. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSb-12B-1250 026 MR H-5/V-1

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
2.5	177	177	176	176	172	168	165	161	159	157	156	155	155	154	154	153	152	152	152	151
5.0	199	198	196	195	188	181	174	165	163	158	156	154	153	153	152	151	149	148	148	147
7.5	220	218	217	215	203	193	182	170	166	158	156	153	152	151	150	148	145	143	142	142
10.0	241	239	237	234	219	205	191	174	169	159	156	152	150	149	148	145	142	139	137	137
12.5	259	258	256	251	234	219	202	181	173	161	155	150	147	145	144	141	139	137	135	135
15.0	277	277	275	269	249	234	213	188	177	162	155	148	145	141	140	137	135	134	133	133
17.5	294	296	293	286	264	248	223	195	180	164	154	146	142	137	135	133	132	132	131	131
20.0	312	315	312	303	279	262	234	202	184	165	153	144	139	133	131	129	129	129	129	129
22.5	299	302	300	293	275	268	244	210	185	164	152	143	138	132	129	127	126	126	127	127
25.0	286	288	288	284	272	274	254	218	186	162	150	142	137	130	127	125	123	123	125	125
27.5	273	275	275	274	268	279	264	225	187	161	149	141	136	129	124	122	120	121	123	123
30.0	260	261	263	264	264	285	274	233	188	159	147	140	135	127	122	120	117	118	121	121
32.5	229	233	237	243	259	279	275	237	197	162	149	141	137	128	122	119	116	116	119	119
35.0	198	204	212	221	254	273	276	241	205	164	150	142	138	129	121	117	114	114	117	117
37.5	169	175	187	203	236	269	267	249	212	166	153	148	144	129	121	116	113	112	113	113
40.0	139	146	162	185	218	265	258	256	218	168	155	154	150	129	120	114	111	109	108	108
42.5	115	122	138	162	201	239	262	259	219	170	164	164	154	130	118	112	108	105	104	104
45.0	91	98	114	138	183	212	265	261	220	171	172	174	158	130	115	109	104	101	100	100
47.5	82	84	97	122	149	213	253	253	230	182	183	184	159	126	112	107	102	99	98	98
50.0	71	74	86	108	133	195	242	273	258	206	199	186	156	122	110	104	97	95	97	97
52.5	63	65	75	93	126	167	245	279	275	230	205	187	151	120	107	100	93	92	97	97
55.0	57	60	68	82	108	161	236	274	286	241	204	181	144	115	103	97	89	89	98	98
57.5	52	55	62	75	95	144	214	277	305	252	195	172	137	112	99	93	85	87	98	98
60.0	47	50	57	68	87	128	211	307	339	262	185	163	133	110	96	89	81	85	100	100
62.5	41	46	53	63	82	120	223	335	385	272	180	154	127	107	93	85	76	83	105	105
65.0	35	42	51	60	80	114	223	355	428	270	175	147	121	103	90	81	73	84	115	115
67.5	28	37	47	58	79	111	215	372	453	279	162	138	116	100	86	74	68	90	140	140
70.0	22	31	43	58	79	109	231	446	502	280	148	128	112	98	83	69	61	97	178	178
72.5	18	25	39	59	79	107	223	544	594	302	139	121	107	95	81	66	55	99	198	198
75.0	14	22	37	58	77	104	220	575	607	277	132	116	95	87	78	62	49	75	139	139
77.5	8	19	34	55	72	93	185	448	503	245	125	110	91	71	74	59	46	49	70	70
80.0	7	18	32	50	66	84	138	248	288	177	112	101	90	75	66	53	42	33	28	28
82.5	5	15	29	46	61	69	63	73	99	79	48	35	44	35	36	3	12	13	7	7
85.0	3	2	2	3	3	4	8	14	13	16	12	8	5	3	3	3	2	2	1	1
87.5	2	1	1	1	1	2	3	4	5	8	7	4	3	2	1	1	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab.A4-9.Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-12B-1250 MR 027 H-2,5/V-2.5

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148
2.5	167	166	166	167	162	160	156	154	151	149	148	148	147	147	147	147	146	146	146	145
5.0	186	184	184	185	177	171	165	159	155	151	149	147	146	145	146	145	144	143	143	143
7.5	204	202	202	204	191	183	173	165	158	152	149	147	144	144	145	144	142	141	140	140
10.0	223	220	220	222	205	194	181	170	161	153	149	146	143	142	144	142	140	138	137	137
12.5	250	250	250	248	229	211	192	176	163	153	148	143	140	139	141	139	138	137	136	136
15.0	276	280	279	275	253	228	204	182	165	153	146	141	137	135	137	137	136	135	135	135
17.5	303	309	309	301	276	245	215	188	167	153	145	138	133	132	134	134	134	134	134	133
20.0	329	339	338	327	300	262	226	194	169	153	143	135	130	128	130	131	132	132	132	132
22.5	324	335	336	325	304	278	241	201	170	152	142	135	129	126	128	128	129	129	129	129
25.0	318	331	333	323	309	295	255	208	170	151	141	134	128	125	125	126	126	126	126	126
27.5	313	328	330	320	313	311	270	214	171	149	139	134	127	123	123	123	122	122	122	122
30.0	307	324	327	318	317	327	284	221	171	148	138	133	126	121	120	120	119	119	119	119
32.5	287	302	307	301	321	325	291	233	178	149	138	134	128	122	120	118	117	116	115	115
35.0	267	280	286	284	324	322	298	244	184	150	138	134	129	123	119	115	114	113	111	111
37.5	237	251	264	276	309	321	297	247	184	148	138	135	130	122	117	113	112	110	108	108
40.0	206	221	242	267	294	319	296	250	184	146	137	136	131	120	115	110	109	107	105	105
42.5	173	185	209	245	273	300	308	261	191	146	141	142	133	119	113	108	105	103	102	102
45.0	139	148	176	222	252	280	320	272	197	145	144	147	135	118	110	105	101	99	99	99
47.5	114	122	146	186	217	295	306	266	197	148	153	156	135	116	108	102	97	96	97	97
50.0	89	96	119	159	199	272	285	283	212	159	161	155	133	113	105	100	93	92	97	97
52.5	71	77	96	129	181	229	295	294	234	168	164	150	131	112	103	96	89	89	97	97
55.0	62	65	81	108	152	226	288	310	261	176	161	145	126	111	99	93	85	86	96	96
57.5	55	58	72	95	133	206	274	331	299	180	154	137	122	107	98	89	80	81	94	94
60.0	48	51	63	83	115	176	291	374	324	182	148	130	118	105	95	85	76	79	96	96
62.5	42	46	57	74	100	176	332	421	376	185	143	123	109	98	90	81	72	81	106	106
65.0	36	43	54	69	93	180	372	465	386	180	133	117	104	94	84	76	69	85	124	124
67.5	29	39	51	66	89	169	439	563	479	181	125	113	101	90	79	69	63	90	149	149
70.0	23	35	48	62	85	166	533	731	542	179	120	109	97	87	75	64	57	90	165	165
72.5	18	30	43	58	82	147	512	760	545	172	117	106	85	84	72	59	48	73	133	133
75.0	12	23	38	55	78	120	360	531	420	152	112	102	69	73	68	54	46	51	70	70
77.5	7	18	33	51	71	98	214	327	264	126	106	98	80	62	63	48	39	35	35	35
80.0	4	3	18	50	67	73	80	113	71	49	38	40	40	43	37	35	28	21	14	14
82.5	3	2	2	3	4	6	12	16	14	10	8	5	4	3	3	3	4	5	4	4
85.0	2	1	1	1	2	3	4	5	4	5	5	3	2	2	2	2	2	2	1	1
87.5	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	3	2	1	1	1	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. A4-10. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-12B-1250 MR 028 H-2,5/V-4

gama\C	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290	280	270
	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0.0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
2.5	175	174	173	173	170	165	161	158	154	152	150	149	148	147	147	147	147	147	147
5.0	199	198	197	195	190	180	172	165	159	153	149	147	146	145	144	144	144	144	144
7.5	224	222	220	218	209	195	183	173	163	155	149	146	143	142	141	141	141	141	140
10.0	248	246	243	240	229	210	194	180	167	156	148	144	141	139	138	138	137	137	137
12.5	276	277	275	270	253	228	207	186	169	155	146	141	138	135	135	135	135	135	136
15.0	304	307	306	300	278	246	219	193	172	154	144	138	135	132	131	132	133	134	135
17.5	332	338	337	330	302	263	232	199	174	153	141	135	131	128	128	129	130	132	134
20.0	360	368	368	360	326	281	244	205	176	152	139	132	128	124	124	126	128	130	133
22.5	353	362	363	356	330	297	259	214	178	151	138	132	127	123	122	124	125	127	130
25.0	345	356	358	352	334	314	275	223	181	151	138	131	126	122	120	122	122	124	126
27.5	338	350	353	348	338	330	290	232	183	150	137	131	125	121	118	119	119	120	123
30.0	330	343	348	344	342	346	305	241	185	149	136	130	124	120	116	117	116	117	119
32.5	309	320	326	326	343	342	305	248	189	149	136	130	124	120	116	114	113	113	114
35.0	288	297	303	308	344	337	305	254	192	149	135	129	124	119	115	110	110	110	109
37.5	257	265	276	291	326	324	313	265	195	147	133	129	124	117	113	108	107	106	105
40.0	225	232	249	274	308	311	321	275	197	144	131	128	124	115	111	106	105	103	101
42.5	188	195	216	251	279	305	325	285	207	143	132	133	125	114	109	103	101	99	99
45.0	151	157	183	228	250	298	328	294	217	142	133	137	126	113	107	100	97	95	96
47.5	118	125	151	195	221	287	320	297	221	144	137	140	126	111	104	97	92	92	96
50.0	90	97	119	158	200	267	309	299	230	149	140	138	123	109	102	94	89	89	96
52.5	74	81	99	129	176	240	301	323	253	156	140	131	120	107	99	91	85	87	97
55.0	62	67	82	107	146	218	306	358	300	168	140	127	116	106	96	88	81	84	95
57.5	55	60	72	92	125	198	325	386	329	176	141	124	113	101	93	85	78	82	97
60.0	49	54	65	81	107	191	340	425	353	178	138	119	105	96	88	82	75	81	102
62.5	43	49	59	73	98	185	406	510	413	183	132	114	101	90	81	74	71	85	116
65.0	36	115	126	67	91	185	519	715	537	195	125	110	99	88	77	68	67	90	139
67.5	28	41	52	61	87	170	626	911	685	216	121	108	97	85	74	63	61	92	156
70.0	22	35	47	60	82	143	565	808	626	202	117	104	92	84	70	58	55	82	140
72.5	15	28	42	57	78	120	372	559	475	172	112	101	72	76	68	53	50	60	84
75.0	9	21	36	54	71	98	203	297	266	133	102	87	76	63	61	48	43	40	39
77.5	5	16	31	51	67	86	113	140	118	77	73	50	46	44	43	35	30	26	21
80.0	3	11	16	19	14	14	20	28	23	11	7	5	4	7	12	12	11	11	10
82.5	2	1	1	2	3	4	10	11	11	6	5	3	3	2	2	2	3	4	3
85.0	0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
87.5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Tab. A4-11. Intensitatile luminoase [cd/1000lm] masurate pentru varianta PVSB-12B-1250 MR 029 H-0/V-1

gama\C	90 90	80 100	70 110	60 120	50 130	40 140	30 150	20 160	10 170	0 180	350 190	340 200	330 210	320 220	310 230	300 240	290 250	280 260	270 270	
0.0	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	138	139	139	139	139	139	139
2.5	150	149	149	148	146	145	144	142	141	140	139	138	138	137	138	138	137	137	137	137
5.0	161	160	158	156	154	151	148	145	142	140	138	138	137	137	136	136	135	135	135	135
7.5	171	170	168	165	161	156	153	147	144	141	138	137	135	136	135	135	134	133	132	132
10.0	182	181	178	173	168	162	157	150	145	141	137	136	134	135	133	133	132	131	130	130
12.5	212	211	206	197	185	173	163	152	146	141	136	135	132	133	131	131	130	129	129	130
15.0	241	242	235	222	202	184	168	155	147	141	135	133	131	131	129	129	128	128	128	130
17.5	271	272	264	246	219	195	174	157	148	141	134	132	129	128	127	126	126	127	129	129
20.0	300	303	293	270	236	206	179	159	149	141	133	130	127	126	125	124	124	126	129	129
22.5	314	317	308	285	253	224	190	162	148	140	133	130	127	125	124	123	122	123	126	126
25.0	329	332	322	299	270	241	200	166	148	139	132	129	126	125	123	121	119	120	123	123
27.5	343	347	337	314	286	259	211	169	147	138	132	129	126	124	121	120	117	117	120	120
30.0	357	362	352	328	303	276	221	172	146	137	131	128	125	123	120	118	115	114	117	117
32.5	342	349	342	320	317	287	232	176	147	137	131	128	126	124	120	116	113	112	113	113
35.0	327	336	331	312	330	298	242	180	148	137	130	128	126	124	120	114	111	109	108	108
37.5	304	315	316	307	329	302	246	185	147	136	130	129	127	123	119	114	110	107	104	104
40.0	281	293	300	302	327	305	249	189	146	134	129	129	127	121	117	114	109	105	100	100
42.5	252	263	276	292	307	304	265	198	146	134	134	134	127	120	116	112	106	101	97	97
45.0	223	233	253	282	287	302	281	207	146	133	138	138	127	119	114	109	103	98	94	94
47.5	189	200	227	269	253	308	276	215	149	137	143	143	126	118	110	106	99	94	92	92
50.0	148	161	191	237	245	287	280	231	158	149	151	142	124	113	107	103	94	90	91	91
52.5	114	131	157	191	229	264	292	247	171	156	153	140	123	111	105	100	132	129	90	90
55.0	90	103	125	156	203	267	285	265	185	163	149	134	120	110	100	95	84	81	86	86
57.5	70	84	103	127	184	252	281	295	202	165	142	129	117	105	98	89	79	77	83	83
60.0	58	67	83	106	160	239	309	334	218	162	135	124	115	105	93	84	74	73	82	82
62.5	52	59	71	88	133	252	334	371	239	159	132	120	92	99	90	76	68	67	74	74
65.0	45	52	62	76	123	257	367	395	249	152	127	117	105	96	85	73	64	70	91	91
67.5	38	47	58	71	117	267	437	484	279	142	120	112	102	93	81	67	60	71	100	100
70.0	30	41	54	69	108	310	552	605	302	134	116	108	99	90	77	63	55	70	109	109
72.5	24	35	49	68	103	332	635	705	315	129	113	100	89	86	73	54	48	63	99	99
75.0	18	29	45	64	96	292	603	617	277	123	110	93	68	77	68	54	43	45	60	60
77.5	9	23	40	59	84	209	400	336	198	115	106	93	78	71	63	48	36	30	30	30
80.0	6	19	35	53	72	107	158	151	117	76	60	58	49	55	41	38	27	19	14	14
82.5	3	10	17	25	7	15	31	21	12	10	8	5	4	4	3	6	6	6	5	5
85.0	2	1	1	1	2	6	7	6	5	7	5	3	2	2	2	2	2	2	1	1
87.5	0	0	0	0	1	1	2	2	3	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0
90.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## CUPRINS

<b>0. CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCERE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. STADIUL ACTUAL PRIVIND PROIECTAREA GEOMETRIEI SPAȚIALE A REFLECTOARELOR CU SIMETRIE DE ROTATIE.....</b>	<b>5</b>
2.1 ELEMENTE GENERALE LA PROIECTARE A CORPURILOR DE ILUMINAT CU SUPRAFETE REFLECTORIZANTE.....	5
2.2 METODA GRAFICA DE PROIECTARE A CONTURULUI REFLECTORULUI PENTRU SURSA DE LUMINA PUNCTIFORMA.....	14
2.3 METODA GRAFICA DE PROIECTARE A CONTURULUI REFLECTORULUI ȘI DE VERIFICARE PENTRU SURSA SFERICA.....	21
2.3.1 <i>Dimensiunile sursei de lumină și imaginea acesteia în reflector.....</i>	<i>21</i>
2.3.2 <i>Proiectarea conturului reflectorului în cazul surselor punctiforme.....</i>	<i>22</i>
2.3.3 <i>Efectul dimensiunilor finite ale sursei de lumină.....</i>	<i>27</i>
2.3.4 <i>Efectul în plan transversal.....</i>	<i>29</i>
2.4 METODA DE PROIECTARE A CONTURULUI REFLECTORULUI PENTRU SURSA PUNCTIFORMA PE BAZA BILANTULUI FLUXURILOR.....	34
2.5 METODA DE VERIFICARE A REFLECTOARELOR CU SIMETRIE DE ROTATIE SI SURSA DE LUMINA ELIPSOIDALA.....	38
2.6 METODA DE PREDETERMINARE A CURBEI DE DISTRIBUTIE A INTENSITATII LUMINOASE PENTRU UN REFLECTOR PARABOIDAL CU SURSA COAXIALA LINIARA.....	42
2.6.1 <i>Elemente generale.....</i>	<i>42</i>
2.6.2 <i>Metoda de calcul.....</i>	<i>43</i>
2.7 METODA DE PREDETERMINARE A CURBEI DE DISTRIBUTIE A INTENSITATII LUMINOASE PENTRU UN REFLECTOR PARABOLOIDAL ȘI O SURSĂ SFERICA.....	46
2.8 CONTRIBUTII ORIGINALE PRIVIND METODA DE PREDETERMINARE A CURBEI DE DISTRIBUTIE A INTENSITATII LUMINOASE PENTRU REFLECTOARE PARABOIDALE CU SURSA LINIARA EXFOCALIZATA.....	50
<b>3. O MODELARE MATEMATICA A PROIECTARII CONTURULUI REFLECTORULUI SI VERIFICARII PENTRU SURSE DE LUMINA AVÂND DIMENSIUNI REALE.....</b>	<b>57</b>
3.1 INTRODUCERE LA METODĂ.....	57
3.2 PROIECTAREA CONTURULUI REFLECTORULUI.....	58
3.3 VERIFICAREA PROFILULUI REFLECTORULUI AVÂND ÎN VEDERE SURSA SFERICĂ DE DIMENSIUNI REALE.....	64
3.4 PARTEA APLICATIVĂ. CONCLUZII LA METODA.....	69
<b>4. CONTRIBUȚII LA MODELAREA GEOMETRIEI SPAȚIALE A REFLECTOARELOR OGLINDATE ȘI APLICARE LA CORPURILE DE ILUMINAT STRADAL.....</b>	<b>77</b>

4.1	SISTEME DE COORDONATE UTILIZATE ÎN LUMINOTEHNICĂ ȘI STABILIREA UNOR FORMULE DE TRANSFORMARE.....	77
4.2	CONTRIBUTII PRIVIND O ECUATIE GENERALA REFLECTOARELOR OGLINDATE.....	80
4.3	DETERMINAREA DISTRIBUTIEI SPAZIALE OPTIME A INTENSITATII LUMINOASE PENTRU CORPURILE DE ILUMINAT, IN VEDEREA SATISFACERII NORMATIVELOR INTERNATIONALE PRIVIND SISTEMELE DE ILUMINAT ELECTRIC STRADAL.....	87
4.4	APLICAREA ECUATIEI GENERALE A REFLECTOARELOR OGLINDATE LA DETERMINAREA SUPRAFETELOR REFLECTORIZANTE, IN VEDEREA OBTINERII DISTRIBUTIEI OPTIME A INTENSITATII LUMINOASE PENTRU SISTEMELE ELECTRICE DE ILUMINAT STRADAL.....	101
<b>5. CONTRIBUTII LA SIMULAREA DISTRIBUTIEI INTENSITATII LUMINOASE A CORPURILOR DE ILUMINAT PRIN APLICAREA METODELOR REALITATII VIRTUALE.</b>		
.....		110
5.1	SIMULAREA FUNCȚIONĂRII CORPURILOR DE ILUMINAT ȘI “REALITATEA VIRTUALĂ”.....	110
5.2	CONSIDERATII TEORETICE.....	115
5.3	STABILIREA SISTEMELOR PROPRII DE COORDONATE.....	118
5.4	PARCURGEREA DRUMULUI INVERS AL UNEI RAZE DE LUMINA.....	121
<b>6. STUDIU COMPARAT ASUPRA VERIFICARII TEORIEI DE CALCUL A REFLECTOARELOR PRIN VERIFICARI EXPERIMENTALE SI SIMULARE PE CALCULATOR.....</b>		125
6.1	PREZENTAREA PROGRAMELOR DE CALCUL CONCEPTE ȘI UTILIZATE.....	126
6.2	APLICATII ȘI REZULTATE EXPERIMENTALE.....	136
6.3	COMPARAREA REZULTATELOR TEORETICE CU CELE EXPERIMENTALE.....	145
6.3.1	<i>Variante preliminare.</i> .....	146
6.3.2	<i>Variante finale.</i> .....	155
7.	CONTRIBUTII ORIGINALE SI CONCLUZII.....	171
8.	BIBLIOGRAFIE.....	180
<b>ANEXE.....</b>		188
<b>ANEXA 1. PROGRAME REALIZATE.....</b>		188
ANEXA 1.1	<i>Programul FO12.pas</i> .....	188
ANEXA 1.2	<i>Programul LUM</i> .....	205
ANEXA 1.3	<i>Programul FOCAL</i> .....	211
ANEXA 1.4	<i>Programul PRPAR</i> .....	213
ANEXA 1.5	<i>Programul GEN1 si GEN_LIN</i> .....	218
ANEXA 1.6	<i>Programele PLGEN și MESGEN</i> .....	277
ANEXA 1.7	<i>Programul VERDIR</i> .....	228
ANEXA 1.8	<i>Programul VERIF3 si VERIFIC</i> .....	231

<i>ANEXA 1.9 Programul RAY</i> .....	241
<i>ANEXA 1.10 Programul POL</i> .....	243
<i>ANEXA 1.11 Programul DIA</i> .....	245
<i>ANEXA 1.12 Programul IDEAL</i> .....	246
<i>ANEXA 1.13 Programul IDEALL.PAS</i> .....	249
<i>ANEXA 1.14 Programul R3.PAS și R3INIT.PAS</i> .....	252
<b>ANEXA 2. REZULTATE EXPERIMENTALE LA VARIANTELE PRELIMINARE</b> .....	255
<b>ANEXA 3. INTENSITATI LUMINOASE REZULTATE DIN SIMULARE PE CALCULATOR</b> .....	263
<b>ANEXA 4. INTENSITATI LUMINOASE MASURATE IN LABORATORUL FOTOMETRIC ELBA TIMISOARA</b> .....	273