

REDUCEREA LUMINII INOPORTUNE

1 Introducere

Orice iluminat exterior este funcțional, funcția sa fiind de a îmbunătăți vizibilitatea (iluminat util) și/sau estetică (iluminat decorativ). Eficacitatea iluminatului este gradul la care funcția sa este îndeplinită; eficiența este gradul la care beneficiile depășesc costurile. Beneficiile includ în primul rând (monetarul evitat) reducerea costurilor financiare care implică accidente, ambuteiaje, infracțiuni penale și pierderi economice. Beneficiarii sunt de obicei persoane fizice sau companii. În al doilea rând sunt beneficiile nefinanciare: evitarea pierderilor personale și a procedurilor de rezolvare a neînțelegerilor provenite din accidente rutiere sau reducerea fricii pentru crimă. Costurile includ în primul rând costurile financiare directe ale echipamentului de iluminat: instalație, întreținere și utilizare energie și costuri indirecte, cum ar fi risipa de energie și materiale în fabricarea echipamentului, deșeuri toxice provenite de la lămpile și balasturile îndepărtate etc. Aceste costuri sunt de obicei suportate de autorități. Mai mult, costurile nefinanciare (utilizarea energiei, reducerea resurselor naturale etc) și impactul negativ asupra mediului, cauzatoare de disconfort și iritare. Costurile și beneficiile pentru iluminatul stradal și relațiile de interdependență dintre acestea sunt prezentate în Schreuder (1998).

O proiectare bună a iluminatului înseamnă că lumina cade acolo unde este necesară și nu altundeva. Dacă nu, lumina este 'risipită', ceea ce poate cauza pierderi considerabile economice și ecologice. Lumina, banii și energia sunt practic risipite. Mai mult, lumina împrăștiată din instalațiile de iluminat exterior poate cauza disturbantă și disconfort pentru multe persoane și, de asemenea, pentru acelea care nu au nimic de a face cu activitățile pentru care a fost proiectată instalația de iluminat. Aceasta reprezintă lumina inoportună sau 'lumina contravenientă'. Lumina inoportună creează victime, unele dintre acestea fiind astronomii, atât profesioniști cât și amatori, dar și un grup mare de persoane care preferă întunericul. Astronomii sunt limitați în posibilitatea de a face observații precise.

Lucrarea se bazează pe o prezentare de la The 3rd National Lighting Congress - noiembrie 2000, Istanbul, Turcia (Schreuder, 2000).

2 Originea și efectul haloului

2.1 Radiația naturală a fondului

Haloul se prezintă ca o luminanță de fond suprapusă pe cer, față de care sunt observate obiectele astronomice. Interferența observațiilor astronomice este cauzată de reducerea contrastului de luminanță. Haloul este cauzat de dispersia nedirecționată a luminii datorită particulelor din spațiu și atmosferă. O parte din lumină și o parte din particule sunt naturale și o parte este artificială. Radiația (naturală) a fondului este definită ca radiația (luminanța) rezultată din dispersia de lumină naturală datorată particulelor naturale. Pentru observatorii de pe pământ, luminanța naturală a fondului este limita absolută pentru observații. Mai multe explicații pot fi găsite în Levasseur-Regourd (1994) și Leinert (1997).

2.2 Efectul haloului asupra observării obiectelor de contrast

Pentru a înțelege efectul haloului (difuz), trebuie realizat faptul că toate observațiile vizuale, fotografice și electronice ale obiectelor care emit lumină sunt în esență o observare a contrastului. Dacă luminanța obiectului este L_0 și luminanța fondului față de care trebuie observat obiectul este L_b , contrastul C este definit convențional ca fiind – relația [1].

Lumina cauzează un voal luminos care se întinde deasupra câmpului de observație. Acest voal are o luminanță numită L_v . Luminanța de voal este adăugată la toate luminanțele din câmpul de observație. Contrastul se va reduce – relația [2]. Întrucât numărătorul rămâne constant și numitorul întotdeauna este mai mare, rezultă [3]. Aceasta este calea prin care inginerii luminotehnici determină influența orbirii.

Dacă obiectul care trebuie observat este o stea, se poate presupune că luminanța sa observată este egală cu luminanța (intrinsecă) suprafeței acesteia și, prin urmare, este mult mai mare decât L_v . Totuși, dacă o stea aflată la distanță este aproximată geometric ca fiind o 'sursă punctuală', imaginea sa în

instrumentul cu care este efectuată observarea nu este reprezentată ca fiind un punct. Imaginea nu poate fi niciodată mai mică decât o mărime anume de limitare, nici chiar utilizând instrumente optice excelente cu difracție limitată. Cu ochiul liber, care este destul de departe ca să fie considerat cu difracție limitată, diametrul minim al oricărui obiect vizual este echivalent cu aproape un minut de arc. Aceasta înseamnă că pentru ochiul liber, L_o nu este foarte mare. Deci, chiar pentru cei mai buni observatori și în condiții excelente, limita detectării cu ochiul liber este aproximativ de magnitudinea șase. Este de remarcat că astronomii utilizează o unitate care nu se încadrează în standardele ISO pentru a cuantifica luminanțele, viz. ‘magnitudine pe arcsec²’. Se adoptă următoarea conversie în luminanțe ISO (pentru vederea fotopică): ‘o luminanță de $3,2 \cdot 10^{-6}$ cd/m² corespunde la 26,33 mag/arcsec²’. (CIE, 1997).

Magnitudinea de limitare rezultă din definiția magnitudinii – relația [4], unde 11 și 12 sunt intensitățile luminoase ale celor două stele care sunt comparate. Pentru detalii se poate urmări Sterken & Manfroid (1992). La stabilirea influenței strălucirii cerului, cea mai mică luminanță în condițiile cele mai favorabile este L_{o1} și în condiții de strălucire a cerului este L_{o2} . Luminanța fondului este L_b și respectiv L_v . Cu $L_v = a \cdot L_b$ și conform [1] și [2] pentru observare la pragul sensibilității de contrast, C este egal cu C' – relația [5].

Dacă L_b este mică în comparație cu L_{o1} și L_{o2} , la numitor L_b poate fi neglijată. Formula [5] devine – relația [6]. Dacă introducem L_{o1} și L_{o2} pentru 11 și 12, în [4], m devine [7], unde m - creșterea în prag sau descreșterea în limitarea magnitudinii ca un rezultat al luminanței de voal. Această formulă este numită ‘formula haloului’ (CIE 1997).

2.3 Sursele de halou artificial

Haloul este rezultatul luminii care este proiectată în sus și apoi împrăștiată înapoi pe suprafața pământului. O parte din lumină deviată este proiectată direct în sus. De obicei, acest fapt rezultă dintr-o proiectare slabă sau un iluminat necorespunzător; de asemenea, se poate întâmpla totuși dacă se dorește ca lumina să fie direcționată în sus. O altă contribuție

majoră a luminii deviate este lumina direcționată corect spre obiecte, dar care este reflectată de către acestea. Suprafețele stradale, iarba și clădirile reflectă o parte semnificativă din lumina incidentă și lumina reflectată este, de obicei, îndreptată în sus. Ar trebui subliniat în acest sens că lumina servește scopului său doar dacă intră în ochiul observatorului. În unele cazuri, cum ar fi semnalizarea, lumina ‘utilă’ este furnizată de însăși sursa de lumină, dar în aproape toate celelalte cazuri ea este lumina reflectată de o suprafață. Astfel, s-ar putea sugera ca toate suprafețele să fie negre, pentru ca să nu existe lumină reflectată, însă, în realitate, această recomandare este fără sens întrucât dacă s-ar proceda astfel, chiar dacă ar fi posibil în prima fază, s-ar ajunge ca instalațiile de iluminat să fie inutile. Aceasta este, în particular, cazul suprafețelor stradale.

Principalele surse de lumină deviată care poate interfera cu observările astronomice sunt (în ordine aleatoare):

- iluminat stradal;
- semnale de avertizare;
- iluminatul clădirilor, discotecilor și monumentelor;
- iluminatul ancorărilor;
- iluminatul serelor;
- iluminatul spațiilor sportive;
- iluminatul magazinelor, parcurilor, fermelor, depourilor etc.

Este foarte dificil să ne formăm o idee generală despre importanța relativă a acestor surse de halou. Ponderea relativă variază de la caz la caz și este determinată, chiar considerabil, de reglementările naționale și locale. Toate sursele de halou artificial au un lucru în comun: toate reprezintă o pierdere economică. Crawford a estimat pierderea anuală a unui miliard de dolari numai în US (Crawford, 1991, 1997). Isobe a prezentat date similare dar mai detaliate pentru orașe și localități specifice (Isobe 1999).

În ciuda faptului că lumina contravenientă reprezintă o problemă pentru astronomi, există puține cercetări privind aspectele cantitative și calitative ale interferenței luminii pentru observațiile astronomice. Majoritatea se bazează pe lucrarea lui Walker (1973). De obicei, lumina care interferează cu observațiile astronomice se prezintă ea însăși în forma unui halou în vecinătatea ariilor urbane, industriale

sau agricole. Luminanța haloului poate fi exprimată prin 'Legea lui Walker' – relația [8] (după Anon, 1984) unde p este raportul dintre haloul observat, măsurat în direcția sursei, la o înălțime de 45° și radiația naturală a fondului; R - distanța până la sursă (în km); F - fluxul luminos total al iluminatului exterior (în lumeni). Ca o alternativă a acestei legi, numărul de lumeni este înlocuit cu fluxul luminos emis de orașe per capita (Crawford, 1992, p.45). Garstang utilizează numărul de 1000 de lumeni per capita.

Este de menționat că există unele îndoieli dacă unghiul de 45° este cel mai potrivit; multe observări astronomice sunt realizate la 30° sau chiar 15° . Ultimul unghi este utilizat în Olanda pentru a descrie mai general influența haloului asupra experienței populației în împrejurimile surselor de halou (Anon 1997a). Pe de altă parte, observațiile astronomice sunt rareori făcute aproape de linia de orizont. S-a recomandat să se considere haloul sub 150° ca o problemă în principal estetică și numai haloul peste 150° ca o preocupare pentru observațiile astronomice.

Fellin ș.a. (2000) au prezentat o relație care permite să se determine creșterea magnitudinii de prag numai pentru stele vizibile, ca rezultat al parametrilor iluminatului – relația [9], unde: UM este creșterea magnitudinii de prag pentru stele vizibile; R_n – fluxul total direcționat în sus, al întregului oraș, așa cum se definește în cele ce urmează; r – suprafața medie a factorului de reflexie (după Fellin ș.a., 2000, ec. 9).

2.4 Creșterea haloului în ultimii ani

În ciuda faptului că haloul urban este unul dintre factorii principali de limitare pentru observațiile astronomice, s-au efectuat foarte puține studii sistematice despre importanța și extinderea problemei în practică. În continuare sunt prezentate câteva exemple.

În Japonia, în ariile puternic industrializate sau foarte populate, cum sunt Tokyo, Yokohama și Osaka, haloul este deseori mai mare cu 4 mag/arcsec^2 decât cel din zonele rurale, corespunzând unui factor de luminanță de 100 (Kosai ș.a., 1993, 1994). Măsurători similare au fost efectuate și în Olanda, în aproximativ 100 de locuri simultan. Valorile individuale s-au încadrat între 20,97 și 17,2

mag/arcsec^2 , din nou corespunzând unui factor de 100 al luminanței. Detalii sunt prezentate în Schreuder (1994). În 1997, s-a întocmit un studiu similar prin estimarea magnitudinii vizuale limite a stelelor care abia pot fi văzute. S-au obținut rezultate similare. Vezi Schreuder (1999).

Aproape oriunde, haloul crește peste ani (Cinzano, 2000). Câteva exemple. Între 1988 și 1998 s-au efectuat măsurători la două observatoare principale din US (Kitt Peak and Mount Hopkins). La Mount Hopkins, 'strălucirea cerului zenitală.... a crescut ușor ...la $0,1 - 0,2 \text{ mag/arcsec}^2$ '. Aceasta înseamnă o creștere de $10 - 20\%$ a luminanței cerului. La Kitt Peak creșterea a fost mai mare, de la $0,2$ la $0,5 \text{ mag/arcsec}^2$ în diferite direcții (Mice & Folz, 2000, p 572). Astfel, chiar în cele mai bine protejate locuri din US și probabil din lume, luminanța cerului este în creștere.

Pentru o serie de orașe japoneze a fost măsurată creșterea din ultimii ani (Isobe & Hamamura, 1998). Rezultatul unui astfel de studiu arată că haloul a crescut în medie cu 10% pe an.

Alte informații japoneze sunt colectate cu ajutorul metodei globale, utilizând camere foto, așa cum au prezentat Isobe & Kosai (1994). Măsurătorile arată în general o tendință pentru o creștere considerabilă a strălucirii cerului, cu excepția notabilă din timpul Războiului din Golf, când în Japonia s-au luat măsuri de economie. Măsurătorile fotometrice efectuate în Tokio prezintă o creștere dramatică a strălucirii cerului. În 1958 a fost de $20,5 \text{ mag/arcsec}^2$, în 1978, de $19,5$ și în 1998 de $17,6$. Aceste valori corespund unei luminanțe de $0,99$; $1,49$ și $14,6 \cdot 10^{-3} \text{ cd/m}^2$ - o creștere cu un factor de 15 în 40 de ani.

2.5 Alte aspecte ale poluării luminoase

Până de curând, era ceva obișnuit să se considere că numai omul este o victimă a poluării luminoase. Majoritatea studiilor au fost realizate de astronomi și s-a făcut presiune pentru a proteja locurile de amplasare a observatoarelor astronomice. Într-un cadru mai restrâns au fost investigate și aspecte ale sănătății publice. Acestea par să fie relativ minore. Totuși, multe animale, cum ar fi insectele și păsările și, de asemenea, broasca țestoasă de mare suferă din cauza luminii în

timpul nopții. În Olanda s-au efectuat un număr mare de studii literare și studii experimentale. O compilare a literaturii poate fi găsită în Van den Berg (2000), De Molenaar s.a (1997, 2000). Majoritatea studiilor relatează impactul iluminatului autostrăzilor asupra rezervațiilor naturale și parcurilor (Anon, 1997a).

2.6 Costurile poluării luminoase

Problemele cauzate de poluarea luminoasă apar când haloul este mai accentuat în raport cu radiația cerului pe timp de noapte, într-un anumit moment și loc. Este de remarcat că pentru a găsi o radiație naturală a fondului stabilă și scăzută, astronomii și-au instalat observatoarele în vârful munților aproape de deșerturi, acolo unde există puțin aer deasupra lor și unde aerul este curat (fără turbulențe sau praf). Acest fapt face ca problema poluării luminoase să fie mult mai restrictivă deoarece astfel de observatoare sunt foarte scumpe ca investiție și chiar și pentru a fi funcționale. Poluarea luminoasă duce la o reducere a eficienței observatorului. De exemplu, o creștere a haloului cu 20% reduce deschiderea efectivă cu 25%; pentru valori neobișnuite ale creșterii haloului cu un factor de 2 sau 5, pierderea deschiderii efective este de 61% sau 89% (Crawford, 1992, tabel 2.1). Aceasta înseamnă că observatoarele nu sunt utilizate în totalitate; această lipsă de eficiență poate fi exprimată ca un factor de cost adițional, atât în investiții cât și în operarea instalațiilor. Aceste fonduri ar putea fi utilizate pentru a îmbunătăți instalațiile de iluminat.

Există și o altă abordare a acestei probleme. Poluarea luminoasă reduce vizibilitatea într-un mod similar cu alți factori de disturbantă. În multe cazuri aceasta poate fi compensată prin creșterea dimensiunilor telescopului. Mărirea dimensiunilor telescopului este foarte scumpă. Murdin (1997) a dat următoarea regulă de bază: costurile telescoapelor cresc cu puterea a treia a diametrului oglinzii sau lentilei – ceea ce este echivalent cu volumul cupolei. Astfel, dacă poluarea luminoasă reduce diametrul efectiv al oglinzii cu 5% (care pare o estimare rezonabilă chiar pentru halou delicat), pierderile economice sunt 15%. Așa cum se știe că un telescop mare poate costa aproximativ 100 milioane USD, o mică diminuare a poluării

luminoase poate însemna un ‘profit’ de 15 milioane de USD. Pare rezonabil să se estimeze că există aproximativ 30 de astfel de telescoape în lume și alte 500 mai mici cu un factor de 10. Aceasta conduce la un total ‘hardware’ de 8000 milioane USD. Utilizând estimarea de 15% dată anterior, aceasta ar putea însemna că poluarea luminoasă necesită o investiție externă neprofitabilă de 1200 milioane USD. Ca o comparație, Woltjer (1998) estimează că 4000 – 5000 milioane de USD sunt atribuiți activităților legate de astronomie în întreaga lume. Referitor la funcționarea unui observator mare, s-a arătat că o investiție de 15.000 USD pentru a îmbunătăți iluminatul în preajma observatorului este eficientă din punct de vedere al costurilor, dacă prin aceasta instalația poate fi utilizată suplimentar o oră pe an (Schreuder, 1992).

3 Măsurări ale haloului

3.1 Domeniul studiilor

Din mai multe motive, sunt necesare studii asupra unor suprafețe mari. Metoda trebuie să fie simplă și ieftină și evaluările trebuie întocmite de amatori sau chiar nespecialiști. Se folosesc două sisteme:

(a) *Evaluarea vizibilității limită a stelelor.* În cadrul unei suprafețe date a cerului (ex. între patru stele bine cunoscute), stelele vizibile sunt numărate. Cunoscând magnitudinea stelelor, poate fi stabilită magnitudinea stelelor care sunt ‘aproape’ vizibile (stelele limite). Luând în considerare acest fapt, de ex. utilizând date epidemiologice bine cunoscute ale distribuției acuității vizuale, metoda poate fi utilizată pe scară largă. Utilizarea binocurilor nu este recomandată deoarece calitatea optică a binocurilor variază considerabil. Exemple ale utilizării unor astfel de măsurători sunt prezentate în Isobe & Kosai (1998) și Schreuder (1999).

(b) *Studiile fotografice* utilizează un număr mare de observatori amatori care realizează fotografii cu aparate obișnuite și cu film normal a suprafeței zenitale din cartierul lor. Aparatul trebuie să aibă o lungime focală de 50-55 mm și un raport F de 2,0 sau mai mic. Expunerile sunt realizate pe filme color 400 ASA și o oprire de 4 cu un timp de expunere de 80 secunde. De la relația dintre densitatea filmului

dintre fond și urma stelelor cunoscute se poate stabili luminanța cerului. Mai multe detalii se pot găsi în Isobe & Kosai (1998) și Kosai ș.a. (1994).

3.2 Studii continue

Studii continue sau cvasi-continue ale haloului pot fi întocmite prin monitorizarea strălucirii cerului. Aceste studii sunt realizate deseori în locuri selectate, adesea locația este luată în considerare ca amplasament al observatorului principal. Datele într-o perioadă de cel puțin un an (pentru a include orice variații de sezon) vor oferi informații adecvate dacă acel amplasament este corespunzător sau nu. Studiul poate fi realizat cu echipament fotometric standard care este disponibil în toate observatoarele. De obicei, măsurările haloului nu includ elevațiile mai mici de 15°. În multe cazuri, măsurările sunt continuate după construirea observatorului. În prezent, sunt colectate date de la un număr de mari observatoare din lume.

3.3 Monitorizare amplasamentului

Pentru o monitorizare adecvată a amplasamentului la observatoarele existente, se pot utiliza telescoape astronomice obișnuite cu echipament standard pentru a efectua măsurări fotometrice. Această monitorizare se face în multe observatoare ca o procedură de rutină. Un instrument în uz este descris la Observatorul din Insulele Canare de către Diaz-Castro (1993).

Pe baza mai multor observări, s-a concluzionat că nu se justifică o precizie de măsurare deosebită. S-a raportat că și pe timp de 'noapte foarte întunecoasă' variațiile de luminanță a haloului până la 30% sunt obișnuite. De asemenea, influența poluării luminoase poate fi considerabilă, astfel că precizia de măsurare deosebită pare să nu fie justificată (Cinzano & Diaz Castro, 1998; Diaz Castro, 1998).

Pe baza diferitelor considerații, Comitetul Tehnic al CIE TC 4.21 a adoptat ca metodă de lucru următoarea procedură. Această metodă constă în măsurarea luminanței medii la zenit într-un con de 10 grade (2.5) și pe șase suprafețe similare, adiacente. Aria cu luminanță minimă este luată în considerare pentru a

reprezenta haloul din jurul zenitului. În plus, aceleași măsurări conice pot fi realizate la elevații de 60 și 30 în opt direcții ale campusului pentru a reprezenta distribuția haloului de pe cer. Este de remarcat că aceste măsurări pot fi realizate cu instrumente de măsurare relativ simple (CIE, 1998).

4 Eforturile de reducere a luminii inoportune

4.1 Aspectele politicii recomandărilor pentru reducerea luminii inoportune

În cele mai multe țări, rolul reglementărilor privind lumina inoportună este de a oferi prezumtivilor investitori posibilitatea de a-și realiza planurile doar dacă aceste planuri sunt în conformitate cu reglementările, și de a interzice realizarea acestora în alte cazuri. În plus, reglementările sunt utilizate pentru a verifica dacă instalațiile existente respectă sau nu aceste reglementări. Este o problemă de legislație națională cine are inițiativa de verificare și ce se întâmplă dacă instalațiile de iluminat nu respectă reglementările.

Reglementările, dacă sunt utilizate în acest sens, necesită date cantitative privind limita a ce este permis și ce nu. De obicei, sistemul limitativ este descris în legislație, în timp ce datele numerice sunt incluse în reglementările de bază. Este de notat că există diferențe considerabile între țări, în special în ceea ce privește jurisdicția și autonomia diferitelor niveluri guvernamentale (municipalități, regiuni, provincii, state, guvern central etc.). În toate cazurile, pentru ca reglementările să fie eficiente trebuie să includă pe lângă datele numerice și cantitative privind limitele de acceptare și definițiile clare ale valorilor implicate, precum și metodele de măsurare aprobate. Trebuie avut în vedere că este posibil ca întrebarea dacă o schemă specifică de iluminat este corespunzătoare să ajungă până în instanță.

4.2 Principii generale ale recomandărilor actuale CIE

4.2.1 Documentele actuale și propuse de CIE

În 1997, CIE a emis Publicația Nr. 126-1997: "Ghid pentru minimalizarea haloului" (CIE, 1997). Acest document a umplut un gol,

prezentând un număr de aspecte tehnice și fotometrice privind reducerea haloului. Totuși, nu oferă destule informații pentru proiectantul de iluminat, astfel este indicată o revizie și o extensie. În această secțiune, documentul existent este rezumat și este prezentat un raport de revizuire generală a celor mai importante propuneri pentru amendamente și adăunări. Ar trebui subliniat faptul că aceste propuneri sunt încă în faza de discuții. Va mai trece ceva timp până când un acord final să fie stabilit.

4.2.2 Cadrul indicațiilor generale CIE

Parametrul principal al documentului actual CIE este Rata Fluxului Luminos Emis în Sus (ULORinst). Valorile date sunt valori limită. Proiectanții de iluminat trebuie să tindă spre îndeplinirea valorilor inferioare ale acestor specificații pentru toate proiectele, cu excepția cazurilor în care instalațiile particulare necesită alte valori. Se propune să se adauge un alt parametru, Fluxul Luminos Instalat Maxim pe unitatea de suprafață.

Recomandările se bazează pe trei principii:

- Cerințele privind emiterea luminii în sus se referă la activitățile din ‘zona’ considerată (‘zoning’)
- Cerințele privind emiterea luminii în sus sunt mai stringente ‘noaptea’ și pot fi mai relaxate ‘seara’. ‘Punctul critic’ (engl. ‘curfew’) este momentul în timp după care iluminatul trebuie să se supună riguros diferitelor reguli pe care anterior le-a omis;
- Pentru a reduce poluarea luminoasă într-un spațiu, trebuie luate în considerare cerințele iluminatului în zonele din apropiere (relațiile de distanță).

4.2.3 Zonarea

Zonarea este o practică recunoscută pentru stabilirea unei baze a reglementărilor de mediu. Ideea fundamentală este că, deși activitățile poluante nu pot fi evitate, consecințele poluării asupra mediului nu afectează în mod egal toate zonele. Necesitatea de a defini zonele pornește de la faptul că majoritatea țărilor din lume sunt prea mici pentru ca fiecare să poată deține un teritoriu pe care să facă orice dorește, inclusiv

să aibă câtă lumină dorește. Zonarea este în esență un compromis.

Zonele și cerințele zonale sunt stabilite în raport cu activitățile (umane și non-umane) din aceste zone. Deși ideea de zonare este larg răspândită, modul de implementare și de încadrare în sistemul legal, în special consecințele juridice ale unor spații care sunt desemnate ca aparținând unei anumite zone, sunt diferite de la stat la stat și de la națiune la națiune. Zonarea nu oprește poluarea mediului, dar servește ca punct de referință pentru legislația și reglementarea de anti-poluare. Descrierea zonelor adoptate de CIE este prezentată în Tabelul 1.

În unele cazuri, aspectele specifice ale proiectării instalațiilor de iluminat și ale operării observatoarelor astronomice necesită un sistem de zonare mai detaliat, în care una sau mai multe zone CIE sunt împărțite în subzone. Propunerile făcute în acest sens respectă sistemul de zonare CIE.

4.2.4 Punctul critic

Întreruperea iluminatului poate interfera cu alte aspecte importante ale societății. În multe cazuri, cerințele se schimbă pe timp de noapte, astfel că iluminatul poate fi redus după un anumit moment de timp (fix sau flexibil). Cea mai simplă modalitate este de a întrerupe lumina când nu mai este necesară. În situațiile în care după ‘punctul critic’ mai este necesară puțină lumină, pot fi utilizate multiple surse de lumină – lanterne. O soluție mai eficientă este utilizarea variatoarelor de flux luminos (dimerelor – engl. ‘dimmers’). Multe legi și ordonanțe locale impun restricții de timp în utilizarea unor astfel de instalații de iluminat.

4.2.5 Cerințele Fluxului Luminos Emis în Sus

Raportul CIE utilizează valoarea maximă permisă a ULORinst (Rata Fluxului Luminos Emis în Sus) ca unul dintre parametrii principali utilizat în enunțarea recomandărilor pentru limitarea haloului. Trebuie notat faptul că termenul ULORinst înlocuiește termenul “Rata pierderii de lumină emisă în sus” deoarece ultimul termen presupune – incorect – că toată lumina emisă deasupra liniei orizontale reprezintă întotdeauna o pierdere.

Considerațiile privind multe instalații de iluminat renumite arată contrariul. În multe cazuri, există un necesar de lumină emisă deasupra liniei orizontale pentru ca instalația de iluminat să poată îndeplini cerințele sale de funcționalitate.

Valorile recomandate sunt prezentate în Tabelul 2. Acestea sunt exprimate ca valoarea maximă permisă a ULORinst (exprimată ca procent al fluxului luminos al corpului de iluminat), pentru fiecare din cele patru zone de mediu, prezentate în Tabelul 1. Activitățile astronomice indicate în Tabelul 2 provin din descrierile lui Murdin (1997).

Această limită este exprimată pentru fiecare corp de iluminat din acea zonă. ULORinst este utilizată în locul obișnuitului termen Flux Emis în Sus deoarece restricțiile pentru halou nu depind de un singur corp de iluminat; întreaga instalație trebuie luată în considerare. Valoarea ULORinst poate fi măsurată pentru un singur corp de iluminat numai dacă producătorul indică în mod precis cum trebuie să fie montat corpul de iluminat.

Valorile din Tabelul 2 sunt valori de limitare. Proiectanții în iluminat trebuie să respecte îndeplinirea valorilor inferioare ale acestor specificații pentru toate proiectele, cu excepția cazurilor în care instalațiile particulare necesită alte valori.

Un număr de recomandări și standarde naționale prezintă valori diferite, dar similare. În Italia a fost întocmit un Standard (UNI, 199, cotate de Felin s.a, 2000). De asemenea, în Spania valorile fluxului emis în sus sunt prescrise ca fiind considerabil mai mici decât valorile CIE (Diaz-Castro, 2000).

4.2.6 Culoarea luminii

În documentul CIE actual, culoarea luminii este tratată detaliat (CIE, 1997, sec. 10). Este general acceptat faptul că cel mai eficient mod disponibil pentru a reduce interferența cu observațiile astronomice îl reprezintă utilizarea surselor de lumină (cvasi)monocromatice, în special utilizarea lămpilor de joasă presiune cu vapori de sodiu. Aceste lămpi emit o bandă spectrală foarte îngustă (aproape o linie) în partea galbenă a spectrului. Se evidențiază două avantaje. În primul rând, toate celelalte regiuni spectrale nu sunt implicate, astfel că

observațiile – atât fotografii cât și spectroscopii – în alte regiuni spectrale sunt afectate puternic (Budding, 1993, Sterken & Manfroid, 1992). Al doilea avantaj este că întrucât linia galbenă este apropiată de maximul sensibilității ochiului, eficacitatea luminoasă a lămpilor de joasă presiune cu vapori de sodiu este ridicată – sunt cele mai eficiente surse luminoase disponibile în prezent (Schreuder, 1998; Van Bommel & Boer, 1980). Pe baza acestora, se recomandă să se aplice lămpile de joasă presiune cu vapori de sodiu pentru iluminatul exterior aproape de observările astronomice.

Trebuie menționat un alt aspect. În general este acceptat faptul că lumina monocromatică poate fi utilizată eficient și în condiții de siguranță pe străzile din afara zonelor locuite care necesită numai trafic motorizat. Vezi de ex. De Boer, ed. (1967), Van Bommel & De Boer (1980) și Schreuder (1998). Pentru șoselele și străzile din zonele rezidențiale lumina monocromatică nu este recomandată. Aceasta din două motive: în primul rând pentru că lumina monocromatică nu este corespunzătoare pentru străzile cu rata criminalității ridicată, atât pentru a preveni cât și pentru a combate crimele (Schreuder, 1998, 2000a). Al doilea motiv este mai subiectiv. Lumina cromatică este neplăcută și pare nesigură, cu alte cuvinte, din motive de ambianță este preferată lumina albă (Schreuder, 1989).

4.2.8 Fluxul Luminos Instalat Maxim pe unitatea de suprafață

Nu este suficient să se considere numai fluxul relativ emis în sus emis de un corp de iluminat. Deși acesta este un parametru important, el nu dă nici o indicație despre efectul iluminatului artificial asupra haloului. Chiar dacă cerințele fluxului emis în sus sunt îndeplinite, trebuie luate în considerare dimensiunea lămpii în corpul de iluminat și numărul total de lămpi care contribuie la halou. Pe baza discuțiilor dintre experții în iluminat și astronomi este prezentată o sugestie în Tabelul 3. Ar trebui remarcat faptul că aceste sugestii nu au fost încă acceptate de CIE.

4.3 Relațiile distanțelor pentru zonare

Poluarea luminoasă într-un punct dintr-o zonă specifică (punct de referință, ex

observatoare astronomice, parcuri naturale etc.) este determinată nu numai de iluminatul din zona respectivă, ci și de iluminatul în zonele din vecinătate, precum și de dimensiunile acestor zone. Trebuie luate în considerare cerințele iluminatului în zonele din vecinătatea acelei localizării specifice. Influența iluminatului din zonele din vecinătate asupra haloului global din locul de referință (punct de referință) depinde de distanța dintre frontierele zonei și punctul de referință.

Trebuie luate în considerare două aspecte care par să fie în conflict. Pe de o parte, pare să fie rezonabil ca zonele să fie cât mai întinse. Deci, influența haloului de la sursele luminoase în zonele adiacente este limitată la un minim. În această manieră ar putea fi interpretate valorile recomandate prezentate în Tabelul 4. Acest punct de vedere este în particular valabil pentru țările sau regiunile cu distanțe mari și populație redusă sau inexistentă. Acestea sunt țările unde sunt localizate majoritatea observatoarelor astronomice internaționale. Valorile pot fi utilizate în procesul de selecție pentru un amplasament al unui observator de clasă mondială.

Pe de altă parte, totuși, zonele foarte întinse fac dificilă sau chiar imposibilă realizarea rezervațiilor naturale pe scară mică sau stabilirea observatoarelor cu funcții didactice în țările sau regiunile populate intens. De asemenea, ar însemna că deoarece un oraș principal – corespunzător clasei E3 – are o anumită localizare, pentru largi zone din împrejurimi ar fi foarte dificil să se impună restricții privind lumina inoportună. Ar însemna că astronomii amatori nu ar avea deloc protecție. Ținând cont de acestea, pe lângă tabelul CIE (1997) se mai consideră un tabel (Tabelul 5) desemnat ca ‘distanța minimă permisă’. Acest tabel adițional poate fi considerat ca o primă sugestie. Ca și în Tabelul 4, valorile corespundente din Tabelul 5 sunt date pentru distanța minimă dintre o frontieră a zonei și punctul de referință (punctul de observare). Datele derivă din datele prezentate în standardul italian (Fellin s.a, 2000, sec. 3). Standardul italian necesită ca pentru observatoarele internaționale, prima zonă trebuie să fie la 5 km și a doua zonă la 5, 10 sau 15 km, depinzând de importanța observatorului.

În Tabelul 5 sunt utilizate cerințele cele mai puțin stringente din standardul italian.

5 Auditul luminii inoportune

Termenul de audit este un termen legat de contabilitate; dicționarul îl definește ca ‘o examinare oficială a conturilor unei instituții sau firme’, unde un cont înseamnă ‘o înregistrare de bani, servicii sau bunuri’.

Auditurile sunt un instrument obișnuit pentru a defini cât de puternic s-au implementat scopurile unei decizii politice. Principiul este simplu: unul cunoaște scopul și celălalt cunoaște rezultatele. O comparație va arăta efectul. Aceasta se obține în mod precis.

Politica deciziilor în ceea ce privește iluminatul exterior este realizată în primul rând de autorități, în cele mai multe cazuri de municipalități. Depinzând de nivelul de sofisticare al primăriei și proceselor de luare a deciziilor, procedura este regăsită ca un criteriu obiectiv la diferite niveluri. În multe cazuri, scopurile instalațiilor de iluminat se bazează pe principiile generale ale politicii, cum ar fi asigurarea străzii și siguranța publică a cetățenilor sau de intensificare economică a regiunii. În cele mai multe cazuri, scopurile se consideră că au fost atinse atunci când iluminatul îndeplinește normele, recomandările sau standardele. Pentru iluminatul stradal, documentele bine cunoscute CIE (CIE 1992, 1995) sunt acceptate ca și îndrumare.

La un anumit moment se iau deciziile privind iluminatul exterior – cel puțin atât cât autoritățile guvernamentale funcționează. Este o problemă de administrare corectă pentru a verifica dacă instalațiile de iluminat sunt în conformitate cu planurile.

Este o sarcină a oricărui guvern ales democratic de a reprezenta interesele cetățenilor precum și a susține interesele generale ale comunității. Multe guverne extind problema la nivel mondial: multe guverne se simt responsabile să protejeze Pământul, acționând conform cu un plan de politică de mediu bine definit.

O parte a politicii se referă la - sau cel puțin ar trebui să se refere la - protecția cerului întunecat. Astfel de măsuri privind evitarea sau cel puțin reducerea luminii inoportune fac parte

esențială din acea politică. Aceasta implică ca deciziile și cerințele privind iluminatul exterior să aibă în considerare cerințele de cer întunecat. Pentru aceste cerințe, IAU, IAD și CIE au publicat documente care pot fi utilizate la nivel național sau regional. Așa cum s-a relatat anterior, multe țări, regiuni, state și orașe au deja reglementări sau ordonanțe care oferă informații precise cum trebuie să arate - și cum trebuie să nu arate - iluminatul exterior.

Sistemul audit este un instrument pentru a afla în ce măsură s-au atins scopurile politicii – în acest caz, în ceea ce privește cerul întunecat. Auditul implică câteva etape:

- să stabilească care sunt scopurile politicii guvernamentale în ceea ce privește iluminatul exterior;

- să stabilească care sunt standardele, ordonanțele etc. care trebuie aplicate sau urmate;
- să stabilească dacă caracteristicile fotometrice ale instalației de iluminat respectă standardele și scopurile politicii;
- să stabilească ce s-a instalat în zonă (vezi municipalitatea în discuție). Aceasta implică realizarea unui inventar al iluminatului exterior.

După aceasta se poate face o comparație pe baza căreia se fac recomandări la autoritatea locală (sau centrală) în ceea ce privește politica viitoare (îmbunătățiri etc).