

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA RAZSVETLJAVO / SDR
LIGHTING ENGINEERING SOCIETY OF SLOVENIA

2000 Maribor, Vetrinjska ul. 16/I, Slovenija

ŠTIRINAJSTO MEDNARODNO POSVETOVANJE
FOURTEENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM

RAZSVETLJAVA 2005

LIGHTING ENGINEERING 2005

ZBORNIK
PROCEEDINGS

Svetloba in okolje
Light and environment

13. - 14. oktober, 2005
POSTOJNA, SLOVENIJA

Posvetovanje: **RAZSVETLJAVA 2005**, Postojna, 13.-14. oktober 2005

Organizacija: Slovensko društvo za razsvetljavo / SDR

Urednik zbornika: Andrej ORGULAN

Organizacijski odbor

predsednik: Marino FURLAN

Programski odbor in recenzenti

predsednik: dr. Grega BIZJAK

člani: dr. Grega BIZJAK, Marko BIZJAK, Stanko ERŠTE, Gorazd GOLOB,
dr. Marta KLANJŠEK GUNDE, Matej B. KOBAY, Andrej ORGULAN,
Raša URBAS

Oprema: dr. Vilibald PREMŽL

Tehnična ureditev: Andrej ORGULAN

Tisk: Založniško tiskarska dejavnost Univerze v Mariboru

Naklada: 100 izvodov

CIP – Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

628.9 (082)

**Mednarodno posvetovanje Razsvetljava (14 ; 2005 ;
Postojna)**

Svetloba in okolje : zbornik = Light and
environment : proceedings / Štirinajsto mednarodno
posvetovanje Razsvetljava 2005 = Fourteenth
International Symposium Lighting Engineering 2005,
13. - 14. oktober, 2005, Postojna, Slovenija ;
[organizacija] Slovensko društvo za razsvetljavo =
Lighting Engineering Society of Slovenia ;
[urednik zbornika Andrej Orgulan]. - Maribor :
Slovensko društvo za razsvetljavo, 2005

ISBN 86 - 435 - 0734 - 2

1. Vzp. stv. nasl. 2. Orgulan, Andrej 3. Slovensko
društvo za razsvetljavo (Maribor)
COBISS.SI – ID 55578369

RAZSVETLJAVA 2005 / LIGHTING ENGINEERING 2005

CILJI IN VSEBINA POSVETOVANJA

Letos skušamo že trinajsto leto zapored s strokovno obravnavo svetlobne tehnike približati to problematiko javnosti. Osnovne teme na dosedanjih posvetovanjih so bile:

- leta 1992 – RAZSVETLJAVA '92 – Več svetlobe ob manjši porabi energije;
- leta 1993 – RAZSVETLJAVA '93 – Energijsko optimiranje razsvetljave;
- leta 1994 – RAZSVETLJAVA '94 – Vzdrževanje razsvetljave in ekološki problemi;
- leta 1995 – RAZSVETLJAVA '95 – Energijska učinkovitost v sistemih za notranjo in zunanjo razsvetljavo
- leta 1996 – RAZSVETLJAVA '96 – Meritve v svetlobni tehniki kot funkcija učinkovite rabe energije
- leta 1997 – RAZSVETLJAVA '97 – Razsvetljava in energija
- leta 1998 – RAZSVETLJAVA '98 – Svetila in svetlobna tehnika
- leta 1999 – RAZSVETLJAVA '99 – Razsvetljava prodajnih prostorov
- leta 2000 – RAZSVETLJAVA 2000 – Novosti v zunanji razsvetljavi
- leta 2001 – RAZSVETLJAVA 2001 – Razsvetljava ambientov
- leta 2002 – RAZSVETLJAVA 2002 – Svetloba in okolje
- leta 2003 – RAZSVETLJAVA 2003 – Učinkovita kombinacija umetne in dnevne svetlobe
- leta 2004 – RAZSVETLJAVA 2004 – Učinkovita kombinacija umetne in dnevne svetlobe

S posvetovanjem je seznanjen Centralni urad Mednarodne komisije za razsvetljavo – CIE.

OBJECTIVES THROUGH THE YEARS

The basic topics of the symposia in particular have been the following:

- in 1992 – LIGHTING ENGINEERING '92 – More Light with Less Energy Consumption;
- in 1993 – LIGHTING ENGINEERING '93 – Energy optimised Lighting;
- in 1994 – LIGHTING ENGINEERING '94 – Maintenance and Environmental Problems;
- in 1995 – LIGHTING ENGINEERING '95 – Energy Efficiency in Building and Public Lighting Systems.
- in 1996 – LIGHTING ENGINEERING '96 – Lighting Engineering and Energy Efficiency
- in 1997 – LIGHTING ENGINEERING '97 – Lighting and Energy
- in 1998 – LIGHTING ENGINEERING '98 – Lights and Lighting
- in 1999 – LIGHTING ENGINEERING '99 – Retail Lighting
- in 2000 – LIGHTING ENGINEERING 2000 – Outdoor Lighting
- in 2001 – LIGHTING ENGINEERING 2001 – Ambience Lighting
- in 2002 – LIGHTING ENGINEERING 2002 – Light and Environment
- in 2003 – LIGHTING ENGINEERING 2003 – Effective Combination of Artificial Lighting with Daylight
- in 2003 – LIGHTING ENGINEERING 2004 – Effective Combination of Artificial Lighting with Daylight

The symposium has been noted by the International Commission on Illumination – CIE.

POKROVITELJI POSVETOVANJA / SPONSORS OF THE SYMPOSIUM

INTRA LIGHTING d.o.o.
SITECO d.o.o., Maribor,
JAVNA RAZSVETLJAVA d.d. Ljubljana

SPONZORJI / CONTRIBUTORS TO THE SYMPOSIUM

MTS International, Adria-Lighting, GE, Telux d.o.o. in drugi
Agencija POTI – Elektrotehniška revija
Univerza v Ljubljani, FE, Univerza v Mariboru, FERi

VSEBINA

R-1	Raša Urbas, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Univerza v Ljubljani: <i>Vplivi ultravijoličnega sevanja</i>	1
R-2	mag. Matej B. Kobav, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani: <i>Določanje CIE tipa neba na podlagi meritev porazdelitve svetlosti</i>	15
R-3	Borut Bernat, Ekosij d.o.o.: <i>Sistem zbiranja in reciklaže odsluženih sijalk</i>	27
R-4	Tomaž Novljan, Fakulteta za arhitekturo, Univerza v Ljubljani: <i>Svetloba v podzemlju</i>	37
R-5	Karin Košak, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani <i>Projekti osvetlitve mesta Ljubljane</i>	49
R-6	Herman Mikuž, Tomaž Zwitter, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani: <i>Širjenje umetne svetlobe v atmosferi in vpliv na svetlobno onesnaženje nočnega neba s primeri iz Slovenije</i>	55
R-7	Andrej Mohar, Ustvarjalno astronomsko društvo: <i>Svetlobno onesnaženje, bleščanje in primerjalne meritve</i>	67
R-8	Marko Bizjak, Javna razsvetljava d.d., Ljubljana: <i>Cestna razsvetljava – pregled nekaterih pomembnejših raziskav in spoznanj ter izzivi za prihodnost</i>	85

Prispevki in predstavitve sponzorjev

P-1	Miran Jamšek, Boštjan Kert, MTS International d.o.o.: <i>LOGICA - svetilke in sistem rokovanja in nadzora varnostne in splošne razsvetljave</i>	105
P-2	Richard Forster, GE: <i>Velikost je pomembna (novosti v proizvodnem programu GE)</i>	115
P-3	Leopold Potnik, Tehmar d.o.o.: <i>Prihranek energije s prenovo javne razsvetljave</i>	118

Raša Urbas

VPLIVI ULTRAVIJOLIČNEGA SEVANJA

Povzetek

Izpostavitve ultravijoličnemu sevanju je najpomembnejši dejavnik okolja, ki vpliva na nastanek različnih obolenj kože, oči in imunskega sistema. Poznavanje osnovnih lastnosti ultravijoličnih žarkov in njihovih negativnih učinkov na zdravje ljudi ter predvsem možnosti načinov zaščite postaja vedno bolj pomembno.

Abstract

Exposure to ultraviolet radiation is the most significant environmental factor which influences on the development of different diseases of skin, eyes and immune system. Knowing the basic characteristic of ultraviolet rays and their negative effects on people's health and especially possibilities of protection is becoming more and more important.

1 Uvod

Ultravijolični (UV) žarki, katere je že leta 1801 odkril Johann Wilhelm Ritter, predstavljajo človeškemu očesu nevidno svetlobo. So del sončne svetlobe, brez katere si ne bi znali predstavljati življenja na Zemlji. Poleg Sonca, kot glavnega vira sevanja, oddajajo UV žarke tudi različni umetni viri.

Znano je, da imajo vse valovne dolžine UV sevanja svojevrstne učinke, katerih delovanje je žal večinoma negativno. Vplivi ultravijoličnega sevanja na ljudi so lahko direktni ali indirektni. Direktno vplivajo na zdravje ljudi, indirektno pa na živalski in rastlinski svet, ki predstavljata glavno vlogo v prehranjevalni verigi ljudi. Številni dejavniki okolja, tanjšanje ozonske plasti in način življenja pa danes povečujejo nevarnost delovanja UV žarkov.

2 Ultravijolični žarki

Poimenovanje in razdelitev posameznih UV področij je leta 1930 določila Commission Internationale de L'Eclairage (CIE – Mednarodna komisija za razsvetljavo), ki je UV žarke razdelila na:

- **UVC** z valovnimi dolžinami **od 100 do 280 nm**,
- **UVB** z valovnimi dolžinami **od 280 do 315 nm** in
- **UVA** z valovnimi dolžinami **od 315 do 400 nm**.

Posamezna UV področja so bila definirana s fotometrijo kože, glede na to, kakšne posledice ultravijolično sevanje pusti na koži (pojav eritema oziroma pordečitve kože).

Preglednica 1: Intenziteta in delež UV sevanja v spektru sevanja Sonca.

Vrsta sevanja	Spektralno območje (nm)	Intenziteta sevanja (W/m ²)	Delež (%)
Ultravijolično sevanje (skupno)	100 – 400	112,5	8,3
UVA sevanje	315 – 400	6,4	0,5
UVB sevanje	280 – 315	21,1	1,5
UVC sevanje	100 – 280	85	6,3

Meje valovnih dolžin posameznih področij UV sevanja, so si različna znanstvena področja samovoljno prilagajala. Spodnja meja UVB sevanja – 280 nm – je definirana že od leta 1930. Vendar pa so nekateri biologi in raziskovalci, ki preiskujejo vzroke tanjšanja ozonske plasti želeli to mejo premakniti na 290 nm. To mejo podpirajo tudi nekateri fotobiologi, ki se ukvarjajo z raziskavami nastanka oziroma pojava eritema kože. Trdijo, da naj bi bila po njihovih podatkih najvišja aktivnost UVB eritema pri šele pri 290 nm. Na gladini morja pa naj ne bi zaznali svetlobnega sevanja z dolžinami manjšimi od vrednosti 290 nm. Vendar po mnenju J. C. van der Leuna in številnih drugih avtorjev meje določene pri 280 nm ne bi smeli spreminjati, saj spektri različnih naravnih in umetnih virov UV sevanja lahko znatno vplivajo na zdravstveno stanje živih bitij. Zato je potrebno upoštevati celotno UVB področje.

Podobne polemike so nastajale tudi pri določanju meje med UVB in UVA sevanjem; namesto 315 nm naj bi UVB sevanje segalo do 320 nm. Peak in Peak (1984) sta trdila, da krivulja velikega dela akcijskega spektra¹, ki je odgovoren za nastanek bioloških učinkov na človeškem tkivu, spremeni nagib v področju 330 nm. To velja predvsem za pojav eritema, mutagenost in smrtonosnost *Escherichia Coli*, itd. To kaže na to, da verjetno delujeta dva akcijska mehanizma. Fotoni krajših valovnih dolžin vzbudijo piridinske fotoprodukte z direktno absorpcijo fotona nukleinskih kislin. Ta učinek prevladuje v UVC in UVB področju – območju valovnih dolžin do 315 nm. Fotoni daljših valovnih dolžin tvorijo oksidativne DNA poškodbe skozi nenukleinske kislinske senzibilizatorje, z vključitvijo trojnega kisika. Zato sta Peak in Peak leta 1986 predlagala, da bi se meja UVB in UVA sevanja pomaknila k daljšim valovnim dolžinam, kot so 327 nm, 335 nm ali 347 nm, odvisno od ne oksidativnega, enakega učinka, ali ne direktnega učinka konstantne izpostavitve sevanju. Na mednarodnem fotobiološkem kongresu v Kyotu (1996) so predlagali (M. J. Peak in J. C. van der Leun), da se meja med UVA in UVB sevanjem premakne na 347 nm – kjer so vsi učinki UVA sevanja indirektni, medtem ko so pri 320 nm in manj učinki direktni.

Vedeti pa je treba, da zgoraj navedene ugotovitve ne upoštevajo učinka vira osvetlitve in brezpogojno domnevajo, da je spektralna obsevanost pri vseh valovnih dolžinah enaka. Zato je CIE, z upoštevanjem zgodovinske razmejitve UVA in UVB sevanja vseeno določila valovno dolžino 315 nm kot mejo, ki loči UVB in UVA področje, saj se pri tej valovni dolžini ne zaznajo učinki UVA sevanja.

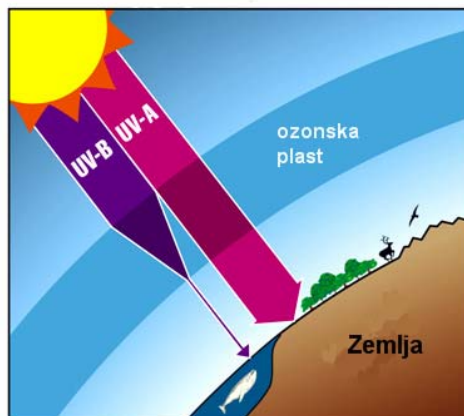
¹ Pomen akcijskega spektra je razložen v poglavju 6.

Pojavile pa so se tudi težnje po razdelitvi UVA sevanja na dva dela. M. J. Peak in J. C. van der Leun sta jasno dokazala, da UVA sevanje pri valovnih dolžinah 340 nm in manj povzroča direktne poškodbe DNA. Zaradi tega bi valovno dolžino 340 nm morali prepoznati kot mejnik v UVA območju. Zato se lahko v posebnih raziskavah, ki se ukvarjajo z različnimi fotobiološkimi učinki na ljudeh, uporabijo izrazi, ki jih je predlagal T. B. Fitzpatrick, UVA1 (daljše valovne dolžine – 340-400 nm) in UVA2 (krajše valovne dolžine – 315-340 nm), ki pa morajo biti jasno definirani v uradnih zapisih in publikacijah.

CIE uradno ni želela razdeliti UVA sevanja na dva dela, se pa jim je zdelo razumljivo upoštevati različne učinke tako UVA sevanja v območju od 315 do 340 nm, kot učinke UVA sevanja med 340 in 400 nm. [1, 2]

2.1 Naravni in umetni viri ultravijoličnega sevanja

UV sevanje predstavlja le deset odstotkov skupne energije, ki prihaja od Sonca. Široki spekter in intenziteta UV sevanja Sonca je posledica visoke temperature in njegove velikosti. Intenziteta sončnega UV sevanja, ki doseže Zemljino atmosfero, bi bila verjetno smrtonosna za večino živih bitij na Zemljinem površju, če ne bilo atmosferskega štita. Le ta večino UV sevanja absorbira oziroma razprši nazaj v vesolje. UV sevanje se absorbira in razprši, ko potuje skozi atmosfero z absorpcijo na molekularnem kisiku in ozonu. Tako je količina skupnega UV sevanja, ki doseže zemeljsko površje relativno majhna, vseeno pa predstavlja veliko nevarnost.



Slika 2: Zaščita pred UV sevanjem, ki jo zemeljski površini nudi ozonska plast. [3]

Vakuumsko in daljno UV kot tudi *UVC sevanje* nikoli ne dosežejo zemeljske površine in zato njihovih vplivov na okolje ne preučujejo. UVC sevanje umetno narejenih svetlobnih virov pa s pridom izkoriščajo v različne namene. Prevelika naključna izpostavitve ljudi UVC sevanju, lahko povzroči opekline roženice in snežno slepoto, kakor tudi izjemno hude opekline obraza. Čeprav se opekline, nastale zaradi UVC sevanja pozdravijo v dnevni ali dveh, so izjemno boleče.

Zaščitni atmosferski plašč zadrži le del *UVB sevanja*. Čeprav je prepuščena količina UVB sevanja, ki pride na zemeljsko površje, relativno majhna žal predstavlja tipično najbolj uničujočo obliko UV sevanja. Njena energija je namreč dovolj velika, da povzroči fotokemijske poškodbe celičnega DNA. Med številne škodljive učinke, poleg poškodb DNA prištevamo tudi pojav eritema in sončnih opeklin, katarakta (očesne mrežnice) in nastanek različnih oblik kožnega raka. Poleg negativnih učinkov ima UVB sevanje tudi pozitivne. Eden takšnih je vsekakor sinteza vitamina D, ki vzdržuje normalne vrednosti kalcija in fosforja v krvi. Ker pospešuje absorpcijo kalcija v krvi, pomaga oblikovati in ohranjati trdnost kosti.

Večino solarnega UVB sevanja blokira ozonska plast v atmosferi, zato ni presenetljivo dejstvo, da je zaskrbljenost zaradi tanjšanja ozonske plasti vsak dan večja, saj povečane količine UVB sevanja pripomorejo k večjem porastu pojava rakavih obolenj.

UVA sevanje je najpogostejša oblika UV svetlobe, saj skoraj v celoti doseže površino Zemlje. Tako kot UVB sevanje ima tudi UVA pozitivne in negativne učinke. K pozitivnim prištevamo sintezo vitamina D, k negativnim pa pigmentacijo kože, kateri ob preveliki izpostavitvi sledi pojav eritema, otrditev kože (razpad kolagena in pojav gubic – prezgodnje staranje kože), oslabitev imunskega sistema in nastanek očesne mrežnice.

Poleg naravnega vira UV sevanja – Sonca obstaja tudi kar nekaj umetnih virov, ki poleg vidnega oddajajo tudi UV sevanje in s tem predstavljajo resno nevarnost zdravju živih bitij. Večina navadnih osvetlitev in industrijskih aplikacij, ki sevajo ultravijolično in infrardečo energijo ter energijo vidne svetlobe, ni življenjsko nevarnih. Vendar pa v nekaj izjemnih primerih lahko pride do potencialno nevarnih situacij, pri čemer je potrebno odvečno svetlobo in predvsem UV sevanje filtrirati oziroma preprečiti. Naraven odziv očesa na odklon močne svetlobe, kakor tudi občutljivost kože na toploto, normalno omejuje potencialno nevarno izpostavitve.

Danes je v vseh bivalnih prostorih, kot tudi na prostem, prisotnih veliko umetnih virov svetlobe, ki nudijo nadomestek naravni svetlobi. Svetlobne vire uporabljamo v različne namene: za osvetlitev prostorov, v kozmetične namene (solariji, ki se uporabljajo za potemnitev kože), v medicinske (za zdravljenje luskavice in neonatalne zlatenice) in zobozdravstvene namene, za sterilizacijo, pri različnih fotopostopkih industrijskih aplikacij, pri varjenju, za razkuževanje odpadnih in pitnih voda, vode za kozmetično industrijo in bazene, itd. Razkuževalne svetilke se včasih uporabljajo v mikrobioloških varnostnih kabinetih za inaktivizacijo letečih oziroma zračnih in površinskih mikroorganizmov.

Vsi ti viri so na splošno učinkovito zavarovani, vendar pa lahko v primeru neprimerne uporabe ali predolgega časa uporabe, včasih pa celo po naključju, pride do prevelike izpostavitve UV sevanju, ki ga oddajajo svetlobni viri.

Vsak nefiltriran svetlobni vir, katerega emisija je posledica žarjenja materiala zaradi visoke temperature, na primer žarnice z žarilno nitko, emitira vidno in infrardeče sevanje, količina UV sevanja pa je zanemarljiva. V primeru visokotemperaturnih volframovih halogenskih svetilk, se emitira tudi biološko pomemben delež krajših valovnih dolžin UVB žarkov. V glavnem to drži tudi za visokointenzivne (plinske) razelektritvene svetilke (HID). Barvna temperatura takih svetil je višja od 4000 °K. Vendar imajo taki svetlobni viri večinoma zadostno filtracijo UV sevanja zaradi stekla žarnice.

3 Dejavniki, ki vplivajo na količino sončnih UV žarkov

Skupno UV sevanje, ki doseže površino Zemlje (imenujemo ga tudi globalno UV sevanje), je spremenljivka, ki jo najpogosteje merimo. Delimo ga lahko na dve komponenti: direktno in difuzno. Količina in spektralna porazdelitev sončnega UV sevanja, ki doseže površino Zemlje, je odvisna od različnih časovnih, geografskih in meteoroloških dejavnikov, med katere spadajo:

- valovna dolžina UV žarkov,
- sončni zenitni kot, ki je odvisen od zemljepisne širine, dneva v letu in časa v dnevu,
- sončni spekter, ki vpada na vrh atmosfere,
- debelina ozonske plasti in njena vertikalna porazdelitev,
- molekularna absorpcija in razpršitev (vključno z onesnaženjem s plini),
- aerosolska absorpcija in razpršitev,
- absorpcija, razpršitev in odboj na oblakih,
- odbojne karakteristike tal,
- zastiranje okoliških objektov,
- nadmorska višina.

Bližje je Sonce zenitu, intenzivnejše je UV sevanje, saj je pot, ki jo prepotuje sevanje od Sonca do Zemlje manjša. S tem se manjša tudi del UV sevanja, ki ga absorbira atmosfera. Na podoben način je povezana tudi nadmorska višina. Dokazali so, da se pri zvišanju nadmorske višine za 300 m UV sevanje povečuje za približno 4 % in obratno. Zato je količina UV sevanja v planinskih področjih znatno večja kot na gladini morja.

Prisotnost oblakov, onesnaženosti zraka, megle ali celo razpršenih oblakov pomembno vpliva na zmanjšanje UV žarkov. UVB in UVA sevanje se zniža zaradi razpršitve na vodnih kapljicah in/ali ledenih kristalih v oblakih. Oblaki tako lahko blokirajo znaten delež UV žarkov, ki bi v nasprotnem primeru dosegli zemeljsko površino. Njihova prepustnost je odvisna od debeline, tipa in optične gostote oblaka, dejavnikov ki se konstantno spreminjajo. Njihov vpliv na prepustnost je težko ocenjevati, posebno v primeru delne oblačnosti. Raziskave so pokazale, da se pri popolni prekritosti z oblaki prepustnost UV sevanja lahko zniža za 72 % in pri polovični prekritosti za 44 %. V izjemnih primerih lahko oblačna plast zniža UV sevanje za skoraj 90 %. Ocene povprečnega znižanja UVB sevanja, zaradi oblakov, ki bazirajo na satelitskih merjenjih nazaj razpršenega sončnega sevanja, so: 30 % pri 60 stopinjah zemljepisne širine, 10 % pri 20 stopinjah zemljepisne širine in 20 % na ekvatorju.

Tudi odboj in sipanje UV žarkov na delcih v okolici povečuje nevarnost. Odboj večine talnih površin je ponavadi manjši kot 10 %. Glavne izjeme predstavljajo peščene površine, ki odbijajo okoli 15 do 30 %, in snežne odeje, ki odbijajo tudi do 90 % UV sevanja. Ravno nasprotno od mišljenja večine mirne vodne površine odbijajo le okoli 5 % vpadne UV svetlobe. Razburkane površine voda odbijajo tudi do 20 %. Ker gredo UV žarki z lahkoto skozi vodo, plavanje v morju ali zunanjih bazenih ne nudi dovolj dobre zaščite pred UV sevanje. Zanimivo dejstvo je, da celo trava in beton odbijata tudi do 10 % škodljivega UV sevanja. [4]

Poglaviten dejavnik, ki povečuje intenzivnost sevanja tega dela spektra vsekakor predstavlja prepustnost oziroma tanjšanje ozonske plasti. Nagel industrijski razvoj v 20. stoletju je s seboj prinesel onesnaževanje atmosfere, kar je privedlo do številnih posledic, med

katerimi sta zanimanje znanstvenikov pritegnili le dve – globalno segrevanje in pojav ozonskih lukenj nad južnim in severnim polom, saj se s tanjšanjem ozonske plasti zmanjšuje absorpcija UV žarkov in povečuje njihova prepustnost v nižje plasti atmosfere.

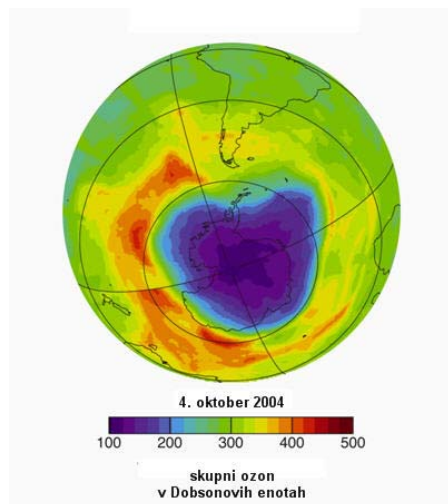
Poškodbe in tanjšanje ozonske plasti v manjši meri povzročajo erupcije vulkanov in spremenjene aktivnosti Sonca, vendar so nove intenzivne spremembe odvisne predvsem od človeških dejavnikov. Količina ozona v stratosferi se neprestano spreminja, odvisno od temperature ozračja in plinov, ki sodelujejo v fotokemijskih reakcijah pri katerih ozon nastaja ali razpada. Zaradi vpliva različnih plinov, ki pridejo v stratosfero kot stranski produkti industrije na Zemlji (fluorokarboni, CFC, reaktivni plini (ki vsebujejo klor in brom), ...), se je količina ozona v stratosferi nad nekaterimi območji zemeljske površine v zadnjih dveh desetletjih zmanjšala. Že v osemdesetih letih 20. stoletja so opazili prve negativne posledice nekontrolirane uporabe stranskih industrijskih produktov za katere se je dolgo časa smatralo, da so stabilni in neškodljivi atmosferi. Ugotovili so, da v višjih slojih atmosfere ti reaktivni plini postanejo aktivni, pri čemer poškodujejo ozonski plašč. Za severno poloblo je bilo na osnovi satelitskih merenj ugotovljeno, da je količina ozona najnižja pozimi in zgodaj spomladi, ker je pot sončnih žarkov skozi atmosfero v tem času precej daljša kot poleti.

Ozona pa ne vsebuje samo stratosfera. Nekaj ga je tudi v troposferi, kjer nastaja pod vplivom fotokemijskih reakcij, zgolj zaradi prisotnosti plinov (smog), ki so posledica antropogenih vplivov. Količina ozona v prosti troposferi (najnižji del atmosfere) se povečuje, predvsem v urbaniziranih področjih; npr. nad centralno Evropo, Ameriko, Azijo, ... Glavni vzrok za to je promet. Ta ozon prav tako absorbira UV svetlobo, ga pa je znatno manj kot v stratosferi. Pri visokih kotih Sonca je troposferski ozon bolj učinkovit absorber UV sevanja kot stratosferski ozon, zaradi povečane dolžine poti razpršenega sevanja v nižji plasti atmosfere.

Skupna debelina ozona ni enakomerna, ampak se spreminja z zemljepisno širino in letnim časom. Pri isti zemljepisni širini, stran od ekvatorja in tropskega področja, je skupna ozonska plast debelejša spomladi kot pa jeseni. Čeprav je kot sonca enak 21. marca in 21. septembra, je zaradi različne relativno konstantne debeline ozona več UVB sevanja zgodaj jeseni kot pa zgodaj spomladi. Če ne upoštevamo oblačnosti in onesnaženja zraka, je na tropskem področju, zaradi relativno konstantne debeline ozona in podobnega kota sonca vse leto, majhno nihanje sončnih UVB žarkov glede na letni čas. Spremembe skupne debeline ozona nadzira Svetovna meteorološka organizacija (WMO – World Meteorological Organization) z globalnim sistemom opazovanja ozona. Slika 2 prikazuje ozonsko luknjo nad Antarktiko. [5, 7]

4 Merjenje UV sevanja

Povečano zanimanje javnosti in znanstvenikov, povezano s tanjšanjem ozonske plasti in povečanega UV sevanja, je pripeljalo do postavitve mnogih centrov za merjenje UV sevanja v zadnjih letih. Leta 1989 je delovalo po svetu manj kot 50 opazovalnih postaj, leta 1994 pa jih je bilo že več kot 250. Merjenj UV sevanja so se lotile vladne agencije, znanstvene ustanove, univerze in privatne skupine. Svetovna meteorološka organizacija WMO je postavila globalno mrežo, ki se imenuje "globalno opazovanje atmosfere" (GOW – Global Ozone Watch). Sedaj ima osem opazovalnih postaj, ki vršijo zvezna spektralna in širokopasovna UV merjenja. Global Environment Facility podpira postavitev dodatnih 10 do 15 postaj v državah v razvoju. Različne državne in mednarodne agencije pripravljajo tudi postavitev UV opazovalnih mrež.



Slika 2: Ozonska luknja nad Antarktiko. [6]

Količino celotnega ozona v plasti zraka nad zemeljskim površjem po celi Zemlji merijo s sateliti (TOMS – Total Ozone Mapping System, TOVS – Operational Vertical Sounder), na nekaterih mestih na zemeljski površini pa izvajajo tudi redne meritve z Brewerjevimi in Dobsonovimi inštrumenti ter sondažne meritve (AROX) v okviru Global Ozone Observing System (GO3OS) in World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC).

Na voljo so dnevni podatki o količini ozona v Dobsonovih enotah (DU) po celotnem svetu (TOMS, TOVS). V Sloveniji žal nimamo meritev stratosferskega ozona. Najbližje meritve z Brewerjevim spektroskopom potekajo na 162 km oddaljenem Sonnblicku v Avstriji.

Vzroke za opazovanje UV sevanja na splošno delimo na naslednja štiri področja:

- ✚ zagotavljanje informacij za javnost o stopnji UV sevanja in njenem spreminjanju,
- ✚ vzpostavitev osnovne UV klimatologije,
- ✚ študij vzrokov in posledic UV prepustnosti in
- ✚ zaznavanje sprememb v daljših časovnih obdobjih.

Ker ti vzroki niso medsebojno povezani, pogosto narekujejo izbiro tipa inštrumenta.

5 UV indeks

Pri raziskavah količine UV sončnega sevanja in njegovega vpliva na žive organizme se je pokazala potreba po definiciji nove merske enote, ki bi jasno in enostavno pojasnjevala količino in stopnjo nevarnosti UV sevanja v izbranem času in kraju. Definirali so *UV indeks*. [8, 9] Sprva je obstajalo več različnih definicij, julija 1997 pa je bila na srečanju strokovnjakov za standardizacijo UV indeksa v okviru WMO postavljena enotna definicija.

UV indeks je tako veličina, ki povezuje energijski tok UV dela sončnega sevanja z občutljivostjo kožnega tkiva. UV indeks izračunamo kot polurno povprečje energijskega toka z valovno dolžino manjšo od 400 nm, uteženo s CIE eritemskim akcijskim spektrom,

določenim za povprečen tip kože (metodo, ki sta jo opisala McKinlay in Diffey leta 1987), pomnoženo s faktorjem 40. UV indeks je brezdimenzijska mera za moč UV sončnega sevanja, katerega lahko ponazorimo z enačbo 1 [9]:

$$I_{UV} = k_{er} \cdot \int_{250 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S_{er}(\lambda) \cdot d\lambda, \quad (1),$$

kjer so:

- E_{λ} solarna spektralna obsevanost ($\text{W/m}^2\text{nm}^{-1}$), pri valovni dolžini λ ,
 d_{λ} interval valovne dolžine,
 $S_{er}(\lambda)$ referenčni eritemski akcijski spekter in
 k_{er} konstanta vrednosti $40 \text{ m}^2/\text{W}$.

Za določanje vrednosti UV indeksa se uporabljajo meritve oziroma modeli za izračunavanje le-tega. Merjenja se lahko izvajajo s pomočjo spektrometrov ali z uporabo širokopasovnih detektorjev, kalibriranih in programiranih tako, da podajo direktne vrednosti UV indeksa. Napovedane vrednosti solarnega UV indeksa so dosežene z modelom "prenosa sevanja", ki zahteva vnos vrednosti skupnega ozona in optičnih lastnosti ozračja. Za napovedovanje skupnega ozona se uporablja regresijski model, s pomočjo vrednosti, ki jih nudijo zemeljski spektrometri ali sateliti. Potrebna je tudi dobra parametrizacija oblačnosti, saj so drugače na voljo le podatki za vrednosti ob jasnem vremenu.

Vrednosti UV indeksa segajo od 1 do 20, za vsako izmed teh vrednosti pa je določeno, koliko časa je lahko človek izpostavljen soncu brez zaščite in koliko časa z zaščito, glede na občutljivost kože. Najvišje vrednosti UV indeksa so med 11. in 15. uro v dnevu.

Preglednica 2: Kategorizacija izpostavljenosti glede na vrednost UV indeksa ter potrebna priporočena zaščita. [9]

Stopnja izpostavljenosti	Vrednost UV indeksa
minimalna	0 – 2
nizka	3 – 4
zmerna	5 – 6
visoka	7 – 9
zelo visoka	10 in več

UV indeks je postal nova meteorološka spremenljivka, ki je zanimiva za javnost. V večini evropskih držav že objavljajo UV indeks izračunan na osnovi meritev in napovedani UV indeks za dan naprej. Največkrat se objavljajo samo maksimalne dnevne vrednosti indeksa.

Vzrok za začetek objavljanj indeksov pa ni povečanje količine UVB sevanja v zadnjem času, temveč izobraževanje javnosti o principih zdravega izpostavljanja soncu. Raziskave so namreč pokazale, da je pojav negativnih učinkov UVB sevanja na zdravje ljudi bolj povezan z načinom življenja in odnosom do sončenja kot pa s povečanjem količine UVB sevanja.

V Sloveniji so z meritvami UVB dela sončnega sevanja (280-315 nm) začeli leta 1993, najprej v Portorožu in nato še v Ljubljani. Na Kredarici so z meritvami začeli 1995 leta, a so bile septembra 1997 prekinjene, ker so bili merilni instrumenti poslani na primerjalne meritve v Budimpešto. Meritve so bile nato ponovno vzpostavljene šele marca 1998 na Kredarici in v Ljubljani. V Portorožu meritve ne potekajo več.

6 Učinki UV sevanja na ljudi

Kot že rečeno, UV sevanje, ki prihaja na površino Zemlje, močno vpliva na življenje vseh živih bitij, še posebno ljudi. Ti učinki so lahko pozitivni velika večina pa je žal negativnih. Učinki UV sevanja na zdravje ljudi so večinoma omejeni le na kožo in oči, saj zaradi kratkih valovnih dolžin ne penetrirajo globoko v človeško tkivo. Žarki prodrejo le približno 1 mm globoko v kožo, očno tkivo (večinoma roženica in leča) pa absorbira UV sevanje še preden doseže očesno mrežnico.

6.1 Pozitivni učinki UV sevanja

Kljub večini škodljivih vplivov UV sevanja na ljudi obstaja tudi nekaj pozitivnih. Tako ne smemo pozabiti, da brez sončnih žarkov ne bi bilo življenja na Zemlji, in da sončenje v razumnih mejah koristno vpliva na naš organizem. Izboljša obrambno sposobnost, povečuje fizično zmogljivost, izkazuje ugodne psihološke učinke, pospešuje nastanek vitamina D v koži ter dopolnilno vpliva na zdravljenje luskavice.

Glavna biološka funkcija vitamina D je vzdrževanje normalnih vrednosti kalcija in fosforja v krvi. Ker pospešuje absorpcijo kalcija v krvi, pomaga oblikovati in ohranjati trdnost kosti. Vitamin D sodeluje tudi s številnimi drugimi vitamini, minerali in hormoni, ki pospešujejo mineralizacijo kosti. Brez vitamina D kosti postanejo tanke, lomljive in nepravilno oblikovane. Posledice pomanjkanja vitamina D se kaže pri otrocih kot rahitis, pri odraslih pa osteomalacija. Če je serumska koncentracija vitamina D dovolj visoka, se rakasta obolenja pojavijo redkeje kot sicer, saj so ugotovili, da pomaga pri vzdrževanju zdravega imunskega sistema. [10] Za celoten sistem tvorbe vitamina D₃ je odločilna količina UV sevanja, ki doseže kožo. Potrebne doze so nizke in dnevno izpostavljanje obraza in rok soncu in svetlobi za čas 15 minut se smatra kot zadostno.

Sončenje poveča naravno odpornost organizma proti infekcijskim boleznim in virusnim obolenjem. Obsevanje z UV žarki povzroči dvig serumskih koncentracij kalcija in fosfata ter izboljša oskrbo tkiv s kisikom. Nikakor pa ne gre prezreti dejstva, da ti žarki ugodno vplivajo tudi na psihološko počutje ljudi.

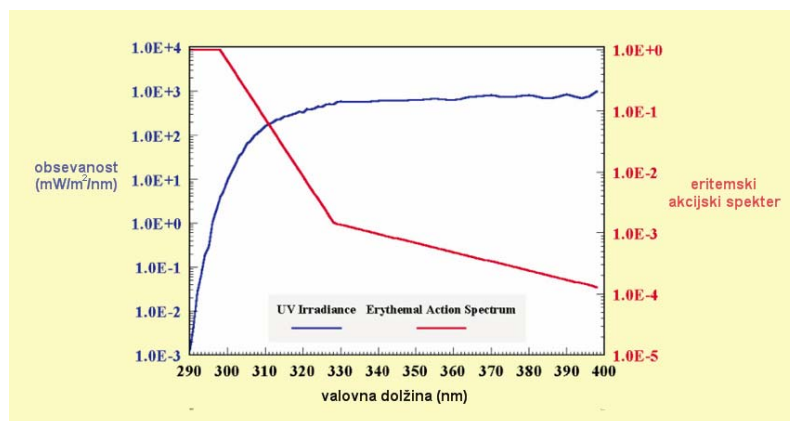
UV svetlobo umetnih virov uporabljajo za zdravljenje psorilaz (luskavica) (stanja pri katerem koža prehitro lušči svoje celice, kar povzroča srbeče, luskave madeže na različnih delih telesa), saj se pri osvetlitvi z UV svetlobo rast celic upočasni in ublaži simptome.

Uporabljajo jo tudi za zdravljenje zlatenice novorojenčkov in v različne komercialne namene, kot je na primer dezinfekcija bazenov za ribe in sterilizacija medicinske opreme.

6.2 Negativni učinki UV sevanja

Kot že omenjeno je večina UV sevanja, ki vpliva na življenje ljudi in ostalih bitij na Zemlji negativnih. UV sevanje vpliva na tri glavne človeške sisteme organov, katerih celice in tkivo so izpostavljeni negativnim vplivom – oči, imunski sistem in kožo. Očesne celice oziroma tkivo, katere prizadene ta tip sevanja, so roženica, šarenica in leče. Pri koži se vpliv nanaša le na zunanjo plast kože, pri imunskem sistemu pa so prizadete Langerhansove celice (predstavnice antigenov), ki se nahajajo v povrhnjici ali pa migrirajo skozi.

Vsak tip UV sevanja – UVA in UVB – ima svojevrsten način vpliva človeško telo, saj je vsak del telesa narejen tako, da absorbira del UV energije še preden doseže drugega. Parameter, ki opisuje relativno učinkovitost energije različnih valovnih dolžin pri nastanku določenega biološkega odziva – nastanek eritema, je akcijski spekter. Eritemski akcijski spekter, katerega povzroči UV sevanje, je sestavljena krivulja, dobljena s statistično analizo mnogih rezultatov znanstvenih raziskav. Eritemski akcijski spekter so privzeli CIE; ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) in IEC (International Electrotechnical Commission).



Slika 3: Eritemski akcijski spekter. [10]

6.2.1 Vpliv UV sevanja na oči

Ko sončna svetloba, ki v svojem spektru vsebuje UV sevanje, pade na človeško oko, doseže najprej roženico, nato leče, steklovino v zrklu in na koncu očesno mrežnico. Študije Longstreetha in ostalih (1998) navajajo, da zaradi absorpcije različnih molekul v roženici in lečah večina UV sevanja nikoli ne doseže mrežnice odraslega očesa. Pri okoliškem UV sevanju (UVB in UVA) se najprej absorbirajo krajše valovne dolžine, pri čemer roženica absorbira večino sevanja z valovnimi dolžinami pod 300 nm in leče absorbirajo skoraj vse preostalo UV sevanje z valovnimi dolžinami pod 370 nm. [11] Odstranitev leč (pri zdravljenju

očesne mreže) izpostavi mrežnico vpadnemu UV sevanju – zaradi tega je večina umetnih nadomestnih leč narejenih iz UV absorbirajočih materialov.

Negativni odziv očesa, katerega lahko direktno pripišemo izpostavitvi UV sevanju, je vsekakor vnetje roženice (fotokeratitis). Kot očesni ekvivalent sončni opeklini kože, se ta učinek pojavi po akutni oziroma kratkotrajni izpostavitvi UV žarkom. Vnetje roženice karakterizirajo pordečitev očesnega zrkla, ostra bolečina (občutek peska v očeh), solzenje, fotofobija (izogibanje svetlobi) in mežikanje. Ta pojav pogosto diagnosticirajo kot snežno slepoto, predvsem pri ljudeh, ki se veliko gibljejo na prostem (smučarji, plavalci).

Med druge učinke UV sevanja na roženico prištevamo klimatsko kapljičasto keratopatijo (degeneracija vlaknate plasti roženice, pri čemer se na oko nalagajo kapljicam podobni skupki), pinguecula (degenerativna sprememba v obliki bulice na veznici), pterygium (degeneracija veznice, ki prerašča roženico) in luskavični celični karcinom (podoben kožnemu). Epidemiološke študije kažejo, da je kronična izpostavitve soncu in najverjetneje UVB sevanju pomemben dejavnik pri razvoju teh bolezni. Oba sta povezana z bivanjem ali delom na prostem v okoljih z velikimi vrednostmi odboja površin – voda, sneg, pesek, beton.

Izmed vseh očesnih bolezni, povezanih z izpostavitvijo UV sevanju, predstavlja katarakt – očesna mrena največjo nevarnost. Karakterizira ga postopna izguba prozornosti leče (zaradi akumulacije oksidiranih proteinov leče), pri čemer je, če se poškodovana leča kirurško ne odstrani, pogost rezultat slepota. [11]

Številčni pokazatelj vrednosti zaščite, ki jo nudijo različna sončna očala podaja Eye Protective Factor (EPF). Njegove vrednosti se gibljejo od 1 do 10, pri čemer je 10 maksimalna vrednost nudene zaščite.

6.2.2 Vpliv UV sevanja na kožo

V drugi polovici 20. stoletja so se ob množičnem izpostavljanju sončni svetlobi pričeli kazati raznovrstni škodljivi učinki na koži, ki jih večinoma povzroča delovanje ultravijoličnega dela spektra sončnega sevanja. Tako so že zelo dolgo znane zgodnje posledice čezmernega izpostavljanja soncu – pojav eritema (pordečitve kože) in nastanek sončnih opeklin. Ugotovili so tudi, da je sonce glavni dejavnik tveganja za razvoj različnih oblik kožnega raka in nekaterih njegovih prestopenij, različnih alergij in drugih bolezni kože.

Škodljivi učinki UV sevanja niso odvisni le od prejete količine UV sevanja, temveč tudi od občutljivosti kože posameznika. Človeška koža je najpogostejše razdeljena na šest glavnih skupin in sicer glede na sposobnost nastanka pigmentacije in glede na občutljivost nastanka sončnih opeklin. Ultravijolično sevanje povzroča različne učinke na koži, pri čemer pa je potrebno omeniti, da učinki UVB in UVA žarkov niso enaki.

Sonce je z boleznimi kože povezano na različne načine. Lahko je etiološko edini ali pa vsaj zelo pomemben dejavnik nastanka neke bolezni (fotodermatoze), v mnogih primerih pa izpostavljanje sončni svetlobi povzroči poslabšanje osnovne bolezni. Pri nekaterih boleznih zmerno sončenje ugodno vpliva na potek zdravljenja (atopijski dermatitis, luskavica) in ga bolnikom priporočajo. UVB žarki zaradi krajših valovnih dolžin (280 do 315 nm) prodirajo le v vrhnje plasti kože – povrhnjico oziroma epidermis, kjer kratkoročno povzročajo eritem, kateremu sledi pigmentacija kože, pogoste opekline kože in fotoalergične ter fototoksične reakcije. Dolgoročno gledano UVB žarki povzročajo prezgodnje staranje kože in različne oblike kožnega raka. UVA žarki zaradi svojega spektra daljših valovnih dolžin prodirajo v

globlje plasti kože (usnjico). Med njihove kratkotrajne učinke prištevamo takojšnjo pigmentacijo kože, brez predhodnega pojava eritema, opekline, a le pri večjih dozah, spremembe DNA, nastanek prostih radikalov, oslabitev imunskega sistema, različne oblike kožnega raka – predvsem maligni melanom. Splošno lahko učinke UV žarkov na kožo razdelimo na zgodnje (akutne) in pozne (kronične):

▪ **Zgodnji ali akutni učinki UV sevanja na kožo:**

- sončne opekline
- preobčutljivostni odzivi na UV žarke:
 - fototoksične spremembe (povezane z zdravili in povezane z rastlinami)
 - fotoalergijske spremembe (povezane z zdravili in sončna koprivnica)
 - idiopatske spremembe (polimorfni odziv na svetlobo (prurigo actinica) in hydroa vacciniforme).

▪ **Pozni ali kronični učinki UV sevanja na kožo:**

- prezgodnje staranja kože zaradi vpliva UV žarkov – dermatoheliosis,
- vnetje kože – kronični aktinični dermatitis,
- solarne pege – solarni lentigo,
- roženenje kože – aktinične (solarne) keratoze in
- kožni rak:
 - bazaliom,
 - spinaliom in
 - maligni melanom.

7 Zaščita pred negativnimi učinki sevanja

Vsa prejšnja poglavja opisujejo nevarnost UV sevanja in vzroke zakaj je zaščita pred njegovimi učinki tako pomembna. Ultravijolični žarki kožo brez dvoma poškodujejo, torej vsakršno izpostavljanje soncu zanjo pomeni stres. Pred negativnimi vplivi se lahko zaščitimo na več načinov. Tako imenovano fizično zaščito pred UV sevanjem nam nudijo uporaba zaščitnih krem z dovolj visokim zaščitnim faktorjem, pokrival, sončnih očal in oblačil. Človeška koža pa tudi sama pozna kar nekaj naravnih mehanizmov zaščite – pigmentacija kože, hiperkeratinizacija povrhnjice, reparacijski encimi in antioksidanti. Vsekakor dejstvo, da se izogibamo sončnim žarkom med 11 in 16 uro, ko so le-ti najintenzivnejši, z umikom v senco ali v bivalne prostore, pripomore k večji zaščiti. Zaščita je pomembna tako za odrasle še veliko bolj pa za otroke in mladostnike, saj je veliko nevarnih obolenj kože in oči odvisnih ravno od skupne prejete doze UV sevanja v najmlajši dobi odraščanja.

Uporaba različnih kremnih pripravkov, z zaščitnim delovanjem pred UV žarki, je namenjena dodatni zaščiti v pogojih, ko naravna zaščita ni zanesljiva, predvsem na predelih telesa, ki so stalno izpostavljeni soncu. Nikakor ne sme biti uporaba teh sredstev, ki so v zadnjih letih ob izpopolnjevanju njihovih zaščitnih in kozmetičnih lastnosti postala najbolj popularen način zaščite pred soncem večjega dela svetlopoltega prebivalstva razvitih dežel, namenjena nadomeščanju naravne zaščite ali celo podaljševanju izpostavitve soncu! Pri izbiri ustreznega zaščitnega sredstva moramo biti pozorni, saj morajo pripravki poleg UVB filtrov vsebovati tudi snovi, ki znižujejo prehajanje UVA žarkov v kožo. Zaščito pred UV žarki opredeljuje sončni zaščitni faktor (SZF ali ang. SPF) v obliki številke, ki je označena na

embalaži teh izdelkov. SZF je razmerje med energijo UV sevanja, ki povzroči minimalen eritem na zavarovani koži, in energijo sevanja, ki povzroči minimalen eritem na nezavarovani koži. SZF je že po definiciji uporaben za vse tipe kože in je neodvisen od vira UV sevanja. Za pravilno uporabo zaščitnih pripravkov je potrebno vedeti, da označena SZF vrednost drži, če je na kožo enakomerno nanescena zadostna količina sredstva.

Uporaba zaščitnih oblačil predstavlja enega najosnovnejših načinov znižanja izpostavitve UV sevanju. Strokovnjaki ocenjujejo, da dobra zaščitna oblačila znižajo UV sevanje na površini kože vsaj za 95 %. Prednost oblačil, v primerjavi z zaščitnimi kremami, pa predstavlja tudi dejstvo, da pri njihovi uporabi enostavno lahko določimo pokrito – zaščiteno površino telesa, pri čemer praktično ni stranskih učinkov v obliki draženj in alergij. Oblikovanje in prilagajanje tekstilnih materialov namenu, da bi nudili zadostno zaščito pred škodljivimi vplivi UV sevanja, je dokaj novo področje v tekstilni industriji. Šele v zadnjih letih so se raziskave preusmerile k preučevanju prepustnosti UV žarkov različnih vrst tekstilnih materialov in jim s tem pripisale večjo pomembnost.

Stopnja zaščite, ki jo dosežemo z različnimi tekstilnimi materiali, je odvisna od penetracije omenjenega sevanja skozi material, na katero vplivajo številni dejavniki. UV zaščitne lastnosti tekstilnih materialov, tako naravnih kot sintetičnih, določa kemijska sestava polimernih gradnikov vlaken. Ključno vlogo pri tem igra prisotnost skupin, ki so sposobne absorbirati UV sevanje. Na splošno velja, da naravna vlakna (bombaž, lan) slabše absorbirajo UV sevanje kot pa večina sintetičnih (poliester, poliamid) in zato nudijo slabšo zaščito pred negativnimi učinki ultravijoličnih žarkov. Te osnovne lastnosti, ki jih narekujejo izbrana vlakna, lahko izboljšamo s pravilno izbranimi konstrukcijskimi lastnostmi tekstilij (gostota tkanine, masa, debelina, ...). Znano je, da bolj gosto tkane ali pletene tekstilije prepuščajo veliko manj UV sevanja, zaradi česar je tudi zaščita boljša. Pomemben dejavnik je tudi barva; s pravilno izbiro barvila za določen tip substrata primernih konstrukcijskih lastnosti lahko dosežemo znatno izboljšanje zaščitnih lastnosti. Na stopnjo zaščite tekstilnega materiala vplivajo absorpcijske sposobnosti barvil kot tudi koncentracija barvila na tekstilnem materialu. Na splošno lahko rečemo, da nudijo pri isti konstrukciji in barvi boljšo zaščito temnejši odtenki. Črne, mornarsko modre, temno zelene, itd. barve znatno izboljšajo zaščitne lastnosti, medtem ko svetli pastelni toni ne nudijo tolikšne zaščite. Tudi različna dodatna absorpcijska in odbojna sredstva, ki jih nanašajo na tekstilije, vsebnost vode, starost oziroma obraba, naknadne obdelave in uporaba znatno vplivajo na zaščito pred ultravijoličnim sevanjem. V primeru mokre tekstilije, prepotene ali omočene z vodo pride do znižanja zaščitnega učinka. Učinek je popolnoma optične narave, saj voda zapolni prostore med nitmi preje in zniža učinek sipanja svetlobe ter zveča nivo prepustnosti UV sevanja skozi sam material. Vendar takoj ko tekstilija postane suha, se stopnja zaščite povrne na prvotni nivo.

Vrednosti zaščite, ki jo nudijo različni tekstilni izdelki, so izražene z ultravijoličnim zaščitnim faktorjem (UZF). Le-ta podobno kot SZF podaja razmerje med časom, ki je potreben za nastanek poškodb (eritema) ko je koža zaščitena s tekstilnim materialom, in med časom, ki je potreben za nastanek poškodb, ko koža ni zaščitena pred ultravijoličnimi žarki. Poznavanje UZF vrednosti tekstilnih izdelkov v današnjem času, ko se na tržišču pojavlja vedno več izdelkov (večinoma športnih oblačil), katerih proizvajalčeve oznake navajajo UZF vrednosti, je vsekakor koristno. [10]

8 Zaključek

Ultravijolično sevanje nedvomno predstavlja pereče dejstvo, ki kljub nekaterim pozitivnim učinkom, negativno vpliva na življenje na Zemlji. Porast količine UV sevanja, ki prodre skozi zaščitne plasti atmosfere zahteva svoj davek. Posledice sevanja se pri ljudeh najpogosteje kažejo na koži in očeh – predelih, ki so direktno izpostavljeni sončnemu sevanju. Stopnje poškodb se zelo razlikujejo, nanje pa vplivajo številni dejavniki. Zaradi vedno večje potrebe zaščite ljudi pred ultravijoličnim sevanjem se v zadnjem času pojavljajo številne izobraževalne aktivnosti, ki skušajo predstaviti probleme nastanka različnih kožnih obolenj in obolenj oči, in na tak način osveščati ljudi o ustrezni zaščiti pred negativnimi posledicami sončnih žarkov.

Načinov zaščite pred negativnimi vplivi UV žarkov je več. Ustrezno zaščito nam ponuja le primerna kombinacija vseh razpoložljivih zaščitnih sredstev – sončnih očal, kozmetičnih zaščitnih sredstev, pokrival in oblačil. Ob tem je vsekakor potrebno opomniti, da se je potrebno sončnim žarkom izogniti, ko so le ti najmočnejši (med 11 in 16 uro).

Literatura:

1. CIE COLLECTION in Photobiology and Photochemistry 1999. Contents: 134/1 CIE TC 6-26 report: Standardization of terms UV-A1, UVA-2 and UV-B; 134/2 CIE TC 6-30 report: UV protection of the eye; 134/3 CIE TC 6-38 report: recommendation on photobiological safety of lamps. A review of standards.
2. Peak M J., van der Leun J C. Boundary between UV-A and UV-B. *Frontiers of Photobiology*, International Congress Series, ICS Press, 1993, str. 425-527.
3. Fahey, DW. Twenty questions and answers about the ozone layer. [online] (26.06.2005) Dostopno na svetovnem spletu: <http://www.al.noaa.gov/WWHWD/pubdocs/assessment02/Q&As.html>
4. Coohill, T P. Stratospheric ozone loss, ultraviolet effects and action spectroscopy. *Advances in Space Research*, 1996, vol. 18, No. 12, str. 1227-1233.
5. Roy C R., Gies H P., Lugg D J., Toomey S., Tomlinson D W. The measurement of solar ultraviolet radiation. *Mutation research*, 1998, vol. 422, str. 7-14.
6. Ozone. [online], (29.06.2005). Dostopno na svetovnem spletu: <http://earthobservatory.nasa.gov/Observatory/Datasets/ozone.toms.html>
7. The ozone hole. [online], (30.06.2005) Dostopno na svetovnem spletu: <http://www.theozonehole.com/>
8. Fahey, DW. Twenty questions and answers about the ozone layer. [online] (26.06.2005) Dostopno na svetovnem spletu: <http://www.al.noaa.gov/WWHWD/pubdocs/assessment02/Q&As.html>
9. Global solar UV index. Practical guide. [online], (29.05.2005). Dostopno na svetovnem spletu: http://www.unep.org/PDF/Solar_Index_Guide.pdf
10. Urbas, R. Analiza zaščitnega učinka tekstilij pred negativnimi vplivi ultravijoličnih žarkov na kožo. (Doktorska disertacija v pripravi)
11. Longstreth, J., de Gruijl, F R., Kripke, M L., Abseck, S., Arnold, F., Slaper, H I., Velders, G., Takizawa, Y., van der Leun, J C. Health risks. *Journal of Photochemistry and Photobiology B : Biology*, 1998, vol. 46, str. 20-39.

Naslov avtorice:

Raša Urbas

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo

Matej B. Kobav

DOLOČANJE CIE TIPA NEBA NA PODLAGI MERITEV PORAZDELITVE SVETLOSTI

Povzetek

Na podlagi sodelovanja z francosko ENTPE je bil v aprilu 2005 nameščen merilni inštrument EKO Sky scanner na merilni postaji za dnevno svetlobo v Lyonu v Franciji. Naprava meri porazdelitev svetlosti neba. Pričujoči prispevek opisuje način obdelave podatkov merilne naprave za določitev CIE tipa neba. CIE tip neba je določen s kombinacijo postopnosti in razpršenosti. Postopnost opisuje spreminjanje svetlosti neba med horizontom in zenitom. Razpršenost pa opisuje količino sončeve svetlobe, ki se v atmosferi razprši na delcih vode in drugih snovi, ki so v zraku.

Abstract

Based on collaboration with French ENTPE, an EKO sky scanner device was installed on daylight station in Lyon in France. Luminance distribution of sky hemisphere can be measured with sky scanner. Main goal of the paper is to describe the analysis of measured data and derivation of CIE sky type. CIE sky type is defined by combination of gradation and indicatrix group. Gradation describes luminance distribution from horizon to zenith. Relative amount of sunlight, which is scattered or spread in various directions by atmospheric aerosol particle, is described by indicatrix group.

1 Uvod

V letu 2003 in 2004 sta CIE in ISO sprejela standard ISO 15469:2004 (E) / CIE S 011/E:2003: Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky, ki definira prostorsko porazdelitev svetlosti neba. Standard določa 15 tipov neba, ki se uporabljajo za opis porazdelitve svetlosti realnega neba. Pri uporabi CIE tipov neba za potrebe računalniških simulacij pa se je pojavil problem, katero nebo izbrati. S petnajstimi standardnimi tipi neba je mogoče opisati vse najbolj pogoste tipe neba na celem svetu. In prav zato se pojavi vprašanje kateri tip neba uporabiti za simulacijo na posamezni lokaciji. Če bo projektant sam lahko izbral tip neba, bo leta izbran po vsej verjetnosti tako, da bodo dobljeni rezultati čimbolj podobni rezultatom, ki jih projektant želi dobiti. Zato se je kmalu po sprejetju standarda CIE S 011/E:2003 ustanovil nov tehnični komite TC3.37, katerega naloga je dodelati obstoječi standard oz. oblikovati priporočila

za uporabo standarda. Ena izmed najbolj pomembnih izboljšav je vsekakor tabela pogostosti posameznega CIE tipa neba na posamezni lokaciji.

2 Merilna postaja

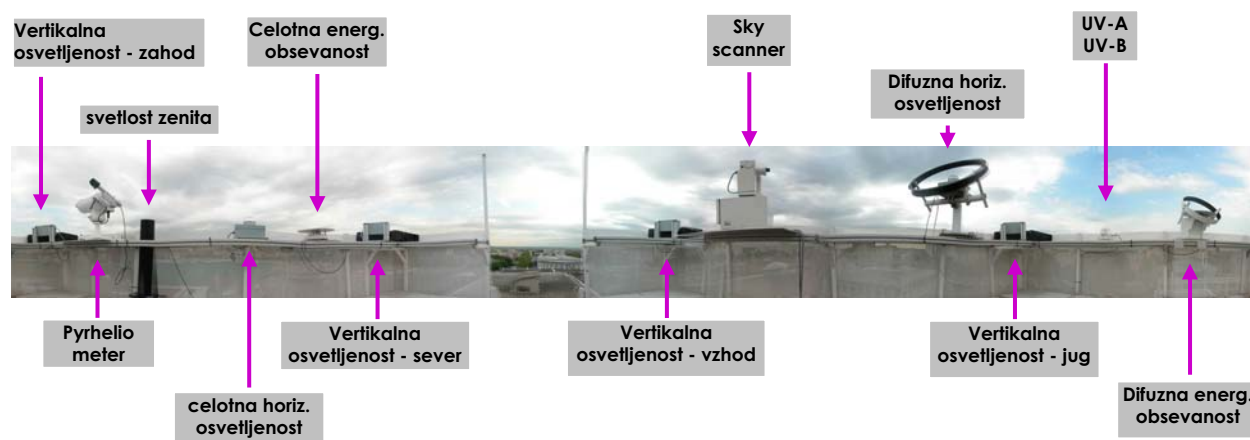
Na podlagi sodelovanja z francoskim partnerjem ENTPE (Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat) smo na njihovi IDMP (International Daylight Measuring Program) namestili dva nova inštrumenta. Prvi inštrument je "Sky Scanner", japonskega proizvajalca EKO, ki so nam ga posodili z Univerze v Kyushu (Japonska). Drugi instrument pa je Pyrheliometer, ki je nameščen na sledilni napravi, ki sledi navidezni poti sonca in meri direktno komponento energijske obsevanosti.

Na postaji pa so nameščene tudi merilne naprave za naslednje meritve dnevne svetlobe:

- celotna energijska obsevanost,
- difuzna energijska obsevanost,
- celotna horizontalna osvetljenost,
- difuzna horizontalna osvetljenost,
- 4 vertikalne osvetljenosti (sever, vzhod, jug, zahod),
- svetlost zenita,
- UVA, UVB.



Slika 1: Izgled merilne postaje na ENTPE, Lyon



Slika 2: Merilni inštrumenti IDMP postaje (360°)

3 »Sky Scanner«

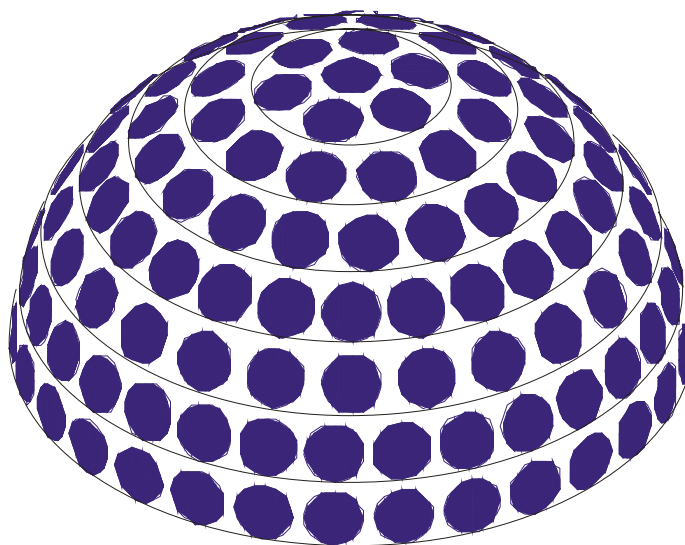
Sky Scanner, oz. merilnik porazdelitve svetlosti neba, je naprava, ki meri porazdelitev svetlosti neba v 145 točkah (slika 4), kolikor je uporabljenih tudi v modelu porazdelitve svetlosti neba, ki ga je predstavil Peter Tregenza. Vsaka merilna točka obsega prostorski kot 11° , izmerjena vrednost pa predstavlja povprečno svetlost tega dela neba. Meritev se izvaja na osmih višinah (6° , 18° , 30° , 42° , 54° , 66° , 78° , 90°), število meritev na posamezni višini pa je odvisno od velikosti navideznega traku, ki ga kot 11° zavzema. V tabeli 1 je prikazano število meritev na posamezni višini.

Tabela 1: Višina meritve in število meritev na tej višini

Višina ($^\circ$)	Število meritev
6	30
18	30
30	24
42	24
54	18
66	12
78	6
90	1
<i>skupaj</i>	<i>145</i>



Slika 3: Sky scanner



Slika 4: 145 elementov neba, katerih svetlost izmeri sky scanner

Meritev se izvaja vsakih 10 minut od sončnega vzhoda do sončnega zahoda. Sama meritev traja nekaj več kot 3 minute, kar je lahko problematično, če so na nebu hitre spremembe, npr. močan veter, ki premika nizke posamezne oblake.

Sky scanner ima dve merili glavi. Prva je prilagojena občutljivosti človeškega očesa in torej meri svetlost posameznega elementa neba, druga pa meri energijsko vrednost svetlosti neba. Za naše meritve smo uporabili le porazdelitev svetlosti neba. Naprava po zaključeni meritvi na trdi disk računalnika, s katerim je povezana, zapiše dve datoteki, v kateri so izmerjeni podatki, datum in čas meritve, vnesene konstante in lokacija meritve (slika 5).

```
0.0000.5870.4770.3640.3650.3940.3730.3530.3010.3380.3260.3480.3250.360
0.3150.3720.3210.3210.3340.3530.3780.4070.4540.5110.5370.6110.5820.680
0.4730.5470.5200.5400.5620.5890.5990.5770.5360.4810.4400.3770.3370.299
0.2760.2590.2420.2340.2940.2330.2330.2310.2320.2380.2450.2540.2640.287
0.3250.3610.4040.4550.5040.4390.3830.3280.2830.2500.2140.1950.1880.183
0.1790.1730.2160.1820.1930.2100.2400.2830.3320.3900.4440.5140.5490.539
0.4950.5810.7270.8380.6560.5080.3930.3230.2770.2330.1960.1760.1650.162
0.1560.1550.1560.1680.1870.2090.2380.2660.3110.3620.4390.5720.3810.296
0.2430.2060.1770.1670.1600.1660.1730.1870.2270.2780.3790.6001.3879.999
1.2969.9994.9720.6600.3180.2320.2000.1880.1920.2160.2620.3620.8050.655
0.3010.2390.2500.3620.8920.3660.3150.315110.60.00005/07/1411:30:0511:3
3:27LYON
```

Slika 5: Primer datoteke z izmerjenimi podatki.

Izmerjene vrednosti so zapisane ena za drugo brez ločila, na koncu datoteke pa so nanizani še drugi podatki meritve.

4 Prikaz rezultatov meritev

Iz datoteke najprej izdelamo tabelo svetlosti posameznih elementov neba. Pri oblikovanju vrednosti posameznih izmerjenih svetlosti so upoštevane konstante sky scannerja, ki so vnesene v samo datoteko in konstante, ki so vezane na umerjanje inštrumenta.

Tabela 2: Tabelarični prikaz izmerjenih vrednosti.

št. elementa	svetlost (cd/m ²)
1	7966.55
2	6280.74
3	5042.50
4	4848.55
5	5296.11
6	5117.09
7	5042.50
8	4744.12
9	5057.41
10	4893.31
11	5370.71

št. elementa	svetlost (cd/m ²)
12	4908.23
13	5117.09
14	4520.34
15	5490.05
16	4714.29
17	4848.55
18	5236.44
19	5713.83
20	6444.85
21	7116.18
22	8294.76

št. elementa	svetlost (cd/m ²)
23	9443.49
24	9905.97
25	11308.32
26	10323.69
27	11502.26
28	7683.09
29	8294.76
30	7459.31
31	8041.14
32	8921.34
33	9786.62

št. elementa	svetlost (cd/m ²)
34	10323.69
35	10353.53
36	9831.37
37	9174.95
38	8279.84
39	7175.86
40	6101.72
41	5325.95
42	4624.77
43	4207.05
44	3878.84

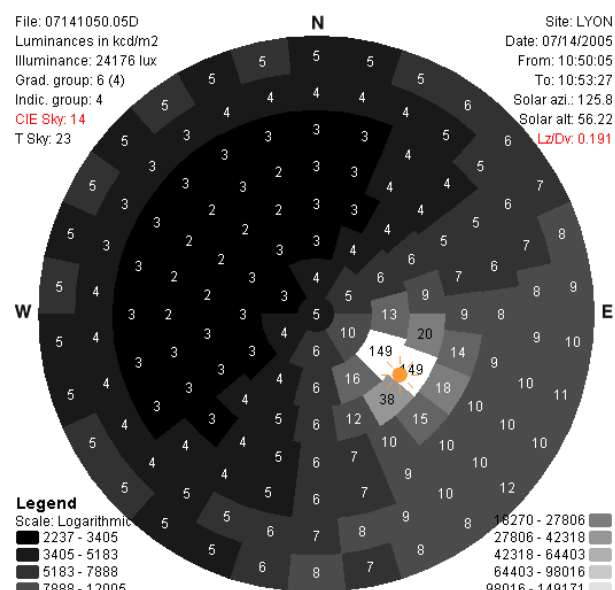
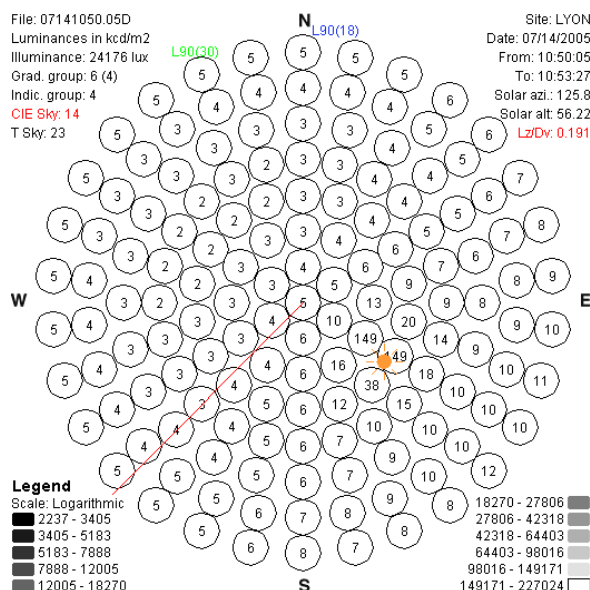
št. elementa	svetlost (cd/m ²)
45	3640.14
46	4460.67
47	3550.63
48	3476.04
49	3446.20
50	3416.37
51	3476.04
52	3550.63
53	3565.55
54	3625.23
55	3863.92
56	4192.13
57	4565.10
58	5102.17
59	5848.10
60	6728.30
61	5982.37
62	4967.90
63	4072.78
64	3535.71
65	3088.16
66	2834.54
67	2670.43
68	2551.08
69	2506.33
70	2506.33

št. elementa	svetlost (cd/m ²)
71	2595.84
72	3326.85
73	2909.13
74	3222.42
75	3655.06
76	4311.48
77	5296.11
78	6459.76
79	7742.77
80	9130.20
81	10204.34
82	9920.89
83	8861.66
84	7414.56
85	7429.48
86	10189.42
87	15366.18
88	17812.84
89	13650.54
90	8936.26
91	6728.30
92	5445.30
93	4296.56
94	3550.63
95	3043.40
96	2655.52

št. elementa	svetlost (cd/m ²)
97	2476.49
98	2551.08
99	2297.47
100	2297.47
101	2237.79
102	2327.31
103	2566.00
104	2864.38
105	3297.02
106	3968.35
107	4878.39
108	5863.02
109	6116.64
110	4550.18
111	3640.14
112	2983.73
113	2670.43
114	2372.06
115	2372.06
116	2297.47
117	2476.49
118	2730.11
119	3297.02
120	4117.54
121	5564.65
122	8533.45

št. elementa	svetlost (cd/m ²)
123	19767.18
124	149171.34
125	38206.60
126	11517.18
127	15694.39
128	149171.34
129	12904.61
130	5818.26
131	3953.44
132	3088.16
133	2655.52
134	2580.92
135	2804.70
136	3282.10
137	4132.46
138	6027.12
139	5594.48
140	3729.66
141	3237.34
142	3640.14
143	5430.38
144	9682.19
145	4609.86

Prikaz vrednosti s tabelo je sicer natančen, vendar nepregleden, zato se raje odločimo za grafični prikaz posameznih vrednosti, ki je na sliki 6a. Za še bolj nazoren prikaz se odločimo za senčenje posameznih elementov neba, kar je prikazano na sliki 6b. Elementi so obarvani z sivinami, kjer je najsvetlejši del neba obarvan belo, najtemnejši del pa z črno.



Slika 6: Grafični prikaz izmerjenih vrednosti.

5 Izračun postopnosti in razpršenosti

Za izračun postopnosti in razpršenosti svetlobe moramo poznati osnove standarda.

Razmerje med svetlostjo poljubnega elementa neba L_γ svetlostjo zenita L_Z je podano z naslednjo enačbo .

$$\frac{L_\gamma}{L_Z} = \frac{f(\chi) \cdot \varphi(Z)}{f(Z_s) \cdot \varphi(0)} \quad (1)$$

Kjer je:

L_γ je svetlost elementa neba v cd/m^2 ,

L_Z je svetlost zenita v cd/m^2 ,

Z kotna razdalja med elementom neba in zenitom,

χ je kotna razdalja med elementom neba in soncem,

Z_s zenitna razdalja sonca.

Funkcija postopnosti nam pove kako se svetlost spreminja od horizonta proti zenitu. Funkcija φ poveže svetlost elementa neba in njegov zenitni kot:

$$\varphi(Z) = 1 + a \cdot \exp\left(\frac{b}{\cos Z}\right) \quad (2)$$

kjer $0 \leq Z \leq \frac{\pi}{2}$

in v horizontu: $\varphi(\pi/2) = 1$

Kjer je:

Z kotna razdalja med elementom neba in zenitom,

Enačba (1) uporablja tudi vrednost v zenitu, ki je:

$$\varphi(0) = 1 + a \cdot \exp(b) \quad (3)$$

Razpršenost nam pove koliko svetlobe se v atmosferi razprši na delcih vode in drugih snovi. Funkcija f je funkcija, ki povezuje relativno svetlost elementa neba in kotno razdaljo med elementom neba in soncem.

$$f(\chi) = 1 + c \cdot \left[\exp(d\chi) - \exp\left(d\frac{\pi}{2}\right) \right] + e \cdot \cos^2 \chi \quad (4)$$

Kjer je:

χ je kotna razdalja med elementom neba in soncem,

Njena vrednost v zenitu je:

$$f(Z_s) = 1 + c \cdot \left[\exp(dZ_s) - \exp\left(d\frac{\pi}{2}\right) \right] + e \cdot \cos^2 Z_s \quad (5)$$

Kjer je:

Z_s zenitna razdalja sonca.

Parametri a , b , c , d in e so del standarda [1]. Za postopnost in razpršenost so v standardu nanizane skupine koeficientov a , b , c , d in e . Tako imamo 6 skupin oz. stopenj postopnosti (I - VI) in 6 stopenj oz. razredov razpršenosti (1 - 6). Če bi upoštevali vse kombinacije, bi torej dobili 36 tipov neba, kar prikazuje tudi tabela 3. Na podlagi opravljenih meritev in statistični obdelavi le-teh je v standardu le 15 tipov neba, saj ostale kombinacije postopnosti in razpršenosti opisujejo ekstremerne tipe neba.

Tabela 3: CIE tip neba glede na postopnost in razpršenost

CIE tip neba		Postopnost					
		I	II	III	IV	V	VI
Razpršenost	1	1	3	5			
	2	2	4	6	9		
	3			7	10		
	4			8	11	12	
	5					13	14
	6						15

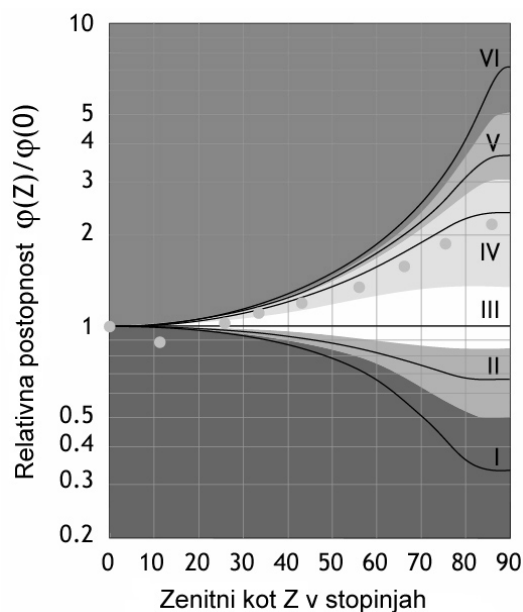
Za vsako meritev porazdelitve svetlosti neba moramo tako določiti skupino postopnosti in razpršenosti. Pri porazdelitvi svetlosti neba realnega neba se obe funkciji med seboj prepletata. Za določitev skupine postopnosti je potrebno pri analizi izločiti vpliv razpršenosti, za določitev razpršenosti pa je potrebno izločiti vpliv postopnosti.

Določitev postopnosti

Enačba (1) opisuje razmerje med svetlostjo poljubnega elementa neba in svetlostjo zenita. Iz nje moramo izločiti vpliv razpršenosti. To storimo tako, da zadostimo pogoju:

$$\frac{f(\chi)}{f(Z_s)} = 1 \quad (6)$$

Pogoju bo zadoščeno, kadar bo $\chi = Z_s$, torej je kotna razdalja med soncem in elementom neba enaka zenitni razdalji sonca. Na vsaki višini, kjer se izvajajo meritve (6° , 18° , 30° , 42° , 54° , 66° , 78° , 90°), se torej poišče element neba, katerega kotna razdalja je najbližja zenitni razdalji sonca. Vrednost svetlosti izbranega elementa se deli z vrednostjo svetlosti v zenitu. Kvocient nam da skupaj z zenitnim kotom elementa koordinate točke v grafu postopnosti, ki je na sliki 7. Izračunane točke s posameznih višin vrišemo v graf in jih povežemo. Nato lahko odčitamo skupino postopnosti, kateri narisana krivulja najbolj ustreza.



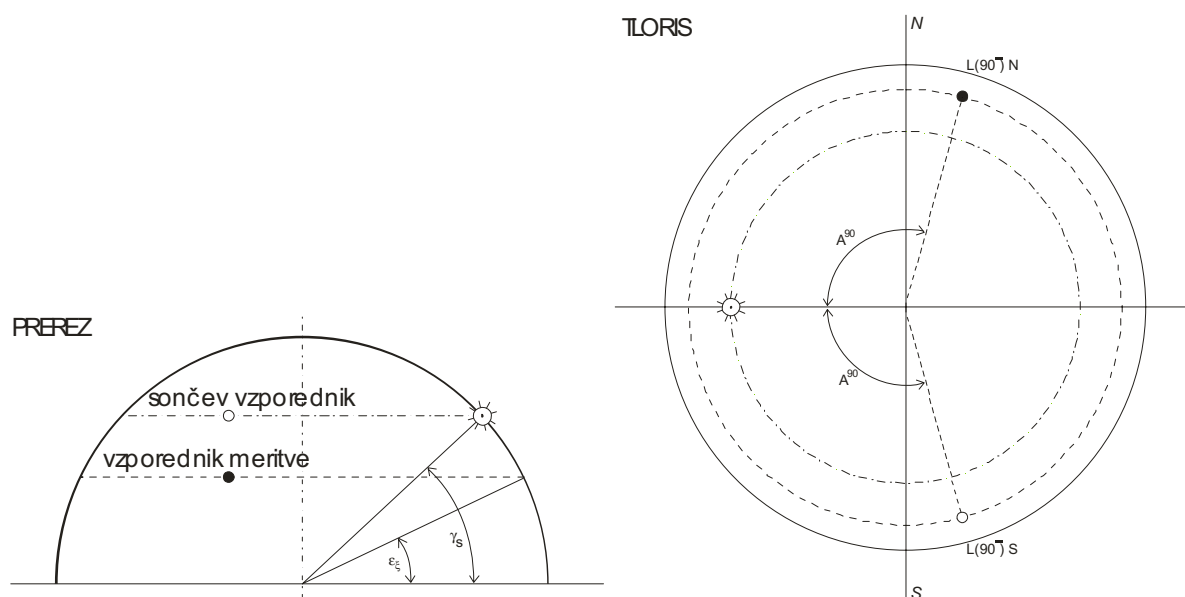
Slika 7: Skupine postopnosti.

Določitev razpršenosti

Enačba (1) opisuje razmerje med svetlostjo poljubnega elementa neba in svetlostjo zenita. Iz nje moramo izločiti vpliv postopnosti. To storimo tako, da zadostimo pogoju:

$$\frac{\varphi(Z)}{\varphi(0)} = 1 \quad (7)$$

Za izračun relativne razpršenosti moramo torej izvesti analizo meritvah elementa neba, ki so narejene na "vzporedniku". Vzporodnik je navidezen obroč, ki povezuje točke z enako kotno višino (slika 8)



Slika 8: Prikaz geometrije neba z vzporedniki in določitev vrednosti normalne svetlosti

Tako se enačba (1) preoblikuje v enačbo (8), ki podaja relativno razpršenost:

$$f(\chi) = \frac{L(\chi)}{L(90^\circ)} \quad [8]$$

kjer je:

$L(\chi)$ svetlost elementa neba s kotno razdaljo χ do sonca, v cd/m^2 ,
 $L(90^\circ)$ svetlost normalnega elementa neba s kotno razdaljo 90° do sonca, v cd/m^2 ,

Za vsak vzporednik meritev, začeniši z najnižjim (6°), izračunamo azimut normalnega elementa neba po enačbi:

$$A^{90} = \arccos(-\tan \gamma_s \cdot \tan \varepsilon_\xi) \quad [9]$$

kjer je:

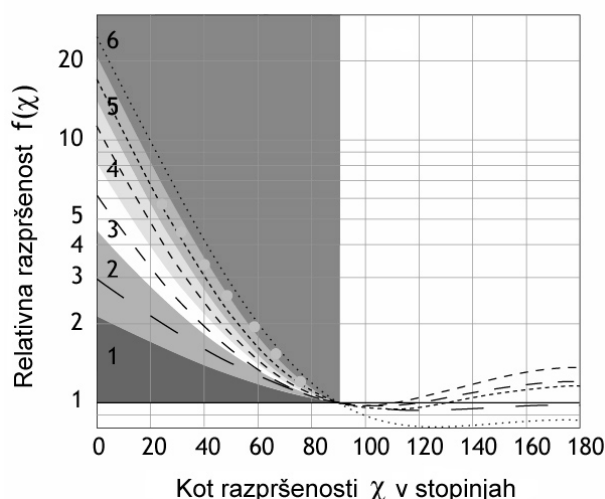
A^{90} azimut normalnega elementa
 γ_s višina sonca
 ε_ξ višina vzporednika meritev

Pri tem pa moramo paziti, saj lahko kot A^{90} preseže vrednost 180° . V tabeli 4 so zbrane mejne vrednosti višine sonca za posamezen vzporednik, da vrednost A^{90} ne preseže vrednosti 180° . Glede na tabelo 4 vidimo, da za meritve v Ljubljani v poletnem času, ko višina sonca preseže 65° stopinj, lahko uporabljamo le vzporednika 6° in 18° .

Tabela 4: Maksimalne vrednosti višine sonca za posamezne vzporednike.

vzporednik [$^\circ$]	največja višina sonca [$^\circ$]
6	83
18	72
30	60

Za vsak element neba na posameznem vzporedniku se nato izračuna kot oddaljenosti od sonca, vrednost svetlosti pa se deli z vrednostjo svetlosti normalnega elementa na istem vzporedniku, katerega azimut je A^{90} . Kvocient je relativna razpršenost $f(\chi)$, ki skupaj s kotom oddaljenosti od sonca definira točko, ki jo lahko vrišemo v graf razpršenosti (slika 9).

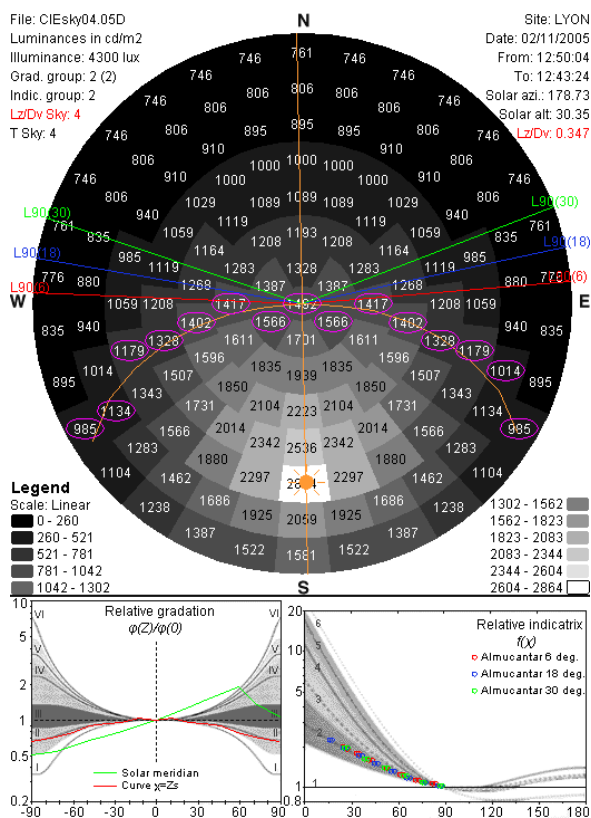


Slika 9: Razredi razpršenosti

Ko so točke vrisane v graf, lahko z metodo najmanjše razlike določimo razred razpršenosti.

6 Rezultati

Za bolj nazoren prikaz, so izračuni tudi grafično prikazani na sliki, ki se avtomatično generira za vsako meritev. Primer grafičnega prikaza je na sliki 10. Poleg grafičnega prikaza, pa je na sliko dodana tudi stopnja postopnosti in razred razpršenosti. Vsi grafični prikazi meritev so dostopne tudi preko spleta <http://lrf.fe.uni-lj.si/ekoscan/ekolum.htm>. Na sliki 10 sta prikazana dva primera izvedene analize.



Slika 10: Grafični prikaz analize podatkov za dva tipa neba

7 Zaključek

Izdelana programska oprema nam omogoča vizualizacijo meritev izvedenih z EKO sky scannerjem, ki bo na merilni postaji nameščen eno leto. Poleg vizualizacije stopnje postopnosti in razpršenosti, pa s tem omogoča določitev tudi CIE tipa neba. Pri tem pa se pojavi problem, da lahko dobimo kombinacijo postopnosti in razpršenosti, ki je v CIE standardu ni. Zato smo pri naših nadaljnjih raziskavah uporabili vse kombinacije postopnosti in razpršenosti in tako dobili 36 CIE tipov neba. Določitev CIE tipa neba s pomočjo sky scannerja nam bodo pomagale določiti povezavo med CIE modelom neba in Perezovim modelom ter s tem omogočile določitev frekvenc pojavljanj posameznih CIE tipov neba na posameznih lokacijah na podlagi satelitskih slik, ki jih izdelajo geostacionarni sateliti.

8 Literatura

- [1] CIE S 011.1/E:2003 Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky, Draft standard, CIE Central Bureau, Vienna, 2003.
- [2] Drakula S., Kittler R., Kmeto P.: New CIE General Sky Defining Luminance Distributions, SUSTAINABLE BUILDING & SOLAR ENERGY 2001, Brno, nov 2001
- [3] Nakamura H., Oki M., Hayashi Y.; Luminance distribution of intermediate sky, J. Light and Vis. Env., 9, 1, pp. 6-13.
- [4] Kittler R.: Relative scattering indicatrix: Derivation from regular radiance/luminance distribution sky scans, Light Research & Technology 25(3), PP 125-127 (1993)
- [5] CIE, Spatial Distribution of Daylight - Luminance Distributions of Various Reference Skies, Pub. CIE No.110 1994 ISBN 3 900 734 52 6, 1994B.
- [6] CIE, Daylight International recommendations for calculation of natural daylight, Pub. CIE no. 16 (E-3.2) 1970
- [7] ISO 15469/CIE S003, Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard overcast and clear sky, 1996.
- [8] <http://www.satellight.com/>
- [9] <http://eande.lbl.gov/task21/bre-etsu/contents.html>
- [10] Kobav M. B., Bizjak G., Predlog CIE standarda za prostorsko porazdelitev dnevne svetlobe – CIE standardno nebo, Enajsto mednarodno posvetovanje Razsvetljava 2002, Laško, 2002

Avtorjev naslov:

mag. Matej B. Kobav univ. dipl. inž. el
Fakulteta za elektrotehniko
Univerza v Ljubljani
Tržaška 25, Ljubljana, Slovenija
matej.kobav@fe.uni-lj.si
tel.: 01/47 68 759

Borut Bernat

SISTEM ZBIRANJA IN RECIKLAŽE ODSLUŽENIH SIJALK

1 UVOD

Direktiva 2002/96/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 27. januarja 2003 o odpadni električni in elektronski opremi (OEEO), znana tudi kot direktiva WEEE, pomeni za države članice EU ter gospodarske subjekte nov izziv. Osnovni namen te okoljevarstvene politike je ohraniti, zaščititi in izboljšati kakovost okolja, zaščititi zdravje ljudi in uporabljati naravne vire preudarno in racionalno. Bistvo direktive je, da se okoljska škoda popravlja pri izvoru in da jo mora onesnaževalec plačati. To pa je proizvajalec, distributer ali uvoznik opreme. Direktiva obvezuje k odgovornosti vse proizvajalce električne in elektronske opreme, od velikih ter malih gospodinjstevskih aparatov, računalnikov, TV, tiskalnikov, električnega orodja, medicinskih naprav in dozirnikov za pijačo do plinskih sijalk.

13. avgust 2004 je bil rok, ko bi moralo vseh 25 držav članic EU sprejeti direktivo WEEE v nacionalne zakonodaje in s tem obvezati tako državne organe, kot proizvajalce. Prvi so obvezani k vzpostavitvi pogojev za izvedbo direktive ter k poročanju o doseženih ciljih Evropski komisiji. Bistven cilj je, da država zagotovi minimalno 4 kg zbrane odpadne EE opreme letno na prebivalca (medtem ko letna prodaja EE opreme v EU znaša cca. 12 kg na prebivalca) ter vzpostavi pogoje za doseganje zahtevanih stopenj predelave in reciklaže. Drugi, proizvajalci, pa so obvezani za operativno in finančno vzpostavitev celotnega sistema ravnanja z odpadno EE opremo, individualno ali kolektivno. V predpisanem roku je direktivo implementirala le Grčija, ostale države pa so bile s strani Evropske komisije opozorjene k čimprejšnji implementaciji. Kot druga je sprejeta slovenska zakonodaja v drugi polovici oktobra 2004.

Izvajanje obveznosti iz direktive (zbiranje, predelava, obdelava, odstranjevanje, financiranje, odgovornost proizvajalcev, označevanje, itd) se mora pričeti najkasneje 13. avgusta 2005, pri čemer se je operativni del odgovornosti proizvajalcev v nekaterih državah članicah (Velika Britanija, Poljska, Nemčija) zamaknil v leto 2006, kot tudi v Sloveniji na 1.1.2006.

2 IMPLEMENTACIJA DIREKTIVE OEEO V SLOVENIJI

V slovensko zakonodajo so sprejeti naslednji predpisi, ki urejajo ravnanje z odpadno električno in elektronsko opremo:

- Pravilnik o ravnanju z odpadno električno in elektronsko opremo (Ur. List RS št. 118/04, sprememba 56/05)
- Uredba o načinu, predmetu in pogojih izvajanja javne gospodarske službe ravnanja z odpadno električno in elektronsko opremo (Ur. List RS št. 118/04)

- Uredba o okoljski dajatvi zaradi starih bremen odpadne električne in elektronske opreme iz gospodinjstev (Ur. list RS št. 114/04)

3 OBVEZNOSTI ZAVEZANCEV

Po Pravilniku o ravnanju z odpadno električno in elektronsko opremo so zavezanci proizvajalci, pridobitelji in uvozniki električne in elektronske opreme. Če elektronska oprema ni proizvedena na območju republike Slovenije, se za proizvajalca šteje njegov zastopnik v republiki Sloveniji.

Obveznosti zavezancev so naslednje:

1. Informiranje potrošnikov

- Označevanje OEEO, po 13.08.2005
- Informiranje končnih uporabnikov (navodila) o možnostih brezplačne oddaje
- Informiranje distributerjev o načinu prevzemanja proizvajalcev od distributerjev
- Vidna pristojbina, dovoljeno navajanje stroškov ravnanja, do februarja 2011

2. Oddaja in prevzem OEEO

- Brezplačen prevzem OEEO od distributerja (le-ta zagotovi oddajo OEEO v zbiralnico zavezanca, ki mora zagotoviti zbiralnico maksimalno 30 kilometrov od distributerja)
- Brezplačen prevzem OEEO od izvajalcev lokalne javne službe (komunale)
- Spodbujanje končnih uporabnikov, distributerjev in izvajalcev lokalne javne službe k zbiranju za doseganje zahtevanih deležev

3. Predelava OEEO

- Zagotoviti prodajo v ustreznih objektih
- Odstranitev tekočin in ločena obdelava glede na vrsto proizvoda
- Doseganje ustreznih deležev predelave, ponovne uporabe in recikliranja OEEO
- Spoštovanje ustreznih predpisov za predelavo v drugih državah, če se OEEO predeluje iz Slovenije

4. Ostale obveznosti

- Pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja Ministrstva za okolje in prostor za prevzemanje in nadaljnje ravnanje z OEEO
- Načrt ravnanja z OEEO (vrsta opreme, način zbiranja in predelave)
- Pogodbe o prevzemu OEEO od izvajalcev lokalnih javnih služb
- Pogodbe z izvajalci za vse faze ravnanja
- Finančna garancija za izvedbo obveznosti
- Poročilo o ravnanju z OEEO v preteklem letu
- Prijava dajanja EEO na trg

Zavezanci (proizvajalci, pridobitelji in uvozniki) lahko svoje obveznosti izpolnjujejo individualno, praksa in trendi pa kažejo, da je zanje najbolj smiselno prosto povezovanje v takoimenovane kolektivne sheme. V Sloveniji so se oblikovale tri kolektivne sheme, ki bodo pokrivalo vse razrede OEEO in specialna shema za ravnanje odsluženimi sijalkami, ki so jo ustanovili največji evropski proizvajalci sijalk združeni v Združenju evropskih proizvajalcev sijalk (ELC). Če zavezanci ne bodo dosegali predpisanih ciljev iz Operativnega programa, ki ga je pripravilo Ministrstvo za okolje, bo ministrstvo leta 2009 uvedlo koncesijo za razrede v katerih cilji ne bodo doseženi.

4 RAZREDI ELEKTRIČNE IN ELEKTRONSKE OPREME

Pravilnik o ravnanju o odpadno električno in elektronsko opremo se nanaša na naslednjih deset razredov:

1. velike gospodinjske naprave
2. male gospodinjske naprave
3. oprema za IT in telekomunikacije
4. oprema za zabavno elektroniko
5. oprema za razsvetljavo
6. električna in elektronska orodja (z izjemo velikih nepremičnih industrijskih orodij)
7. igrače, oprema za prosti čas in šport
8. medicinske naprave (z izjemo vseh vsajenih in infektivnih proizvodov)
9. instrumenti za spremljanje in nadzor
10. avtomati

Podrobneje si oglejmo razred 5, ki obravnava opremo za razsvetljavo. Po pravilniku je potrebno poskrbeti za odstranjevanje naslednje opreme za razsvetljavo:

- svetilke za fluorescentne sijalke, razen svetilke v gospodinjstvih
- paličaste fluorescentne sijalke
- kompaktne fluorescentne sijalke
- visokointenzivnostne živosrebrne, natrijeve in metalhalogenidne sijalke
- nizkotlačne natrijeve sijalke
- infrardeče sijalke
- druga razsvetljava ali oprema za difuzijo ali nadzor svetlobe razen žarnic z žarilno nitko

Proizvajalci sijalk so zahvaljujoč stalni skrbi za zmanjševanje obremenjenosti okolja pri Evropski komisiji uspeli iz direktive izvzeti klasične žarnice z žarilno nitko in halogenske žarnice, ki kljub energetski potratnosti predstavljajo velik delež svetlobnih virov. Proizvajalci sijalk so vložili velike napore v izdelavo bolj učinkovitih sijalk ob hkratnem zmanjševanju škodljivih snovi, kot npr. živo srebro v fluorescentnih in kompaktnih fluorescentnih sijalkah. Količina živega srebra v trifosfornih fluorescentnih sijalkah znaša le 3 mg, medtem ko je

količina živega srebra pri standardnih fluorescentnih sijalkah 15 mg. Razvoj energetske učinkovitejših sijalk prinaša zmanjšano porabo energije in posledično manjše emisije ogljikovega dioksida v ozračje.

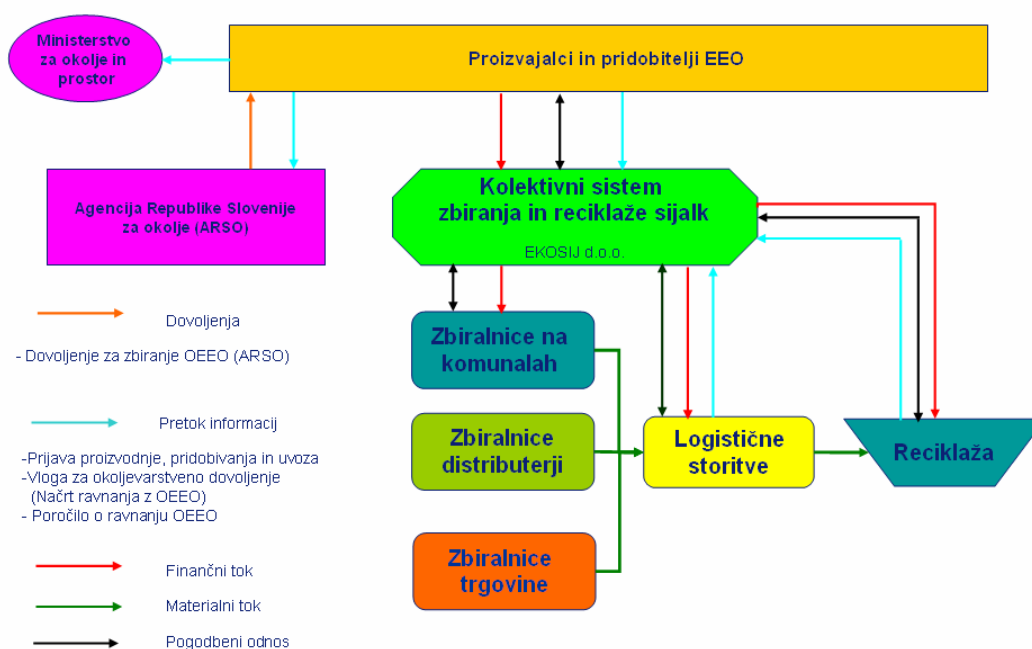
Sijalke predstavljajo poseben primer med vsemi desetimi razredi električne in elektronske opreme. Po številu predstavljajo sijalke več kot 80% celotne količine odpadne EE opreme, po teži pa manj kot 1%. Stroški recikliranja sijalk so tudi nesorazmerno visoki v primerjavi z ostalimi razredi. Stroški reciklaže sijalk se gibljejo od 10% cene pri dražjih visokointenzivnostnih sijalkah do neverjetnih 80% pri klasičnih fluorescentnih sijalkah, medtem ko stroški reciklaže večjih in dražjih aparatov predstavljajo le nekaj procentov. Zaradi tega obstaja nevarnost, da bo neizogiben dvig cen vodil uporabnike k uporabi cenejših energijsko manj učinkovitih sijalk, kar pa se bo odražalo pri povečanju porabe električne energije in posledično povečanju emisij ogljikovega dioksida v ozračje, česar pa snovalci direktive prav gotovo niso želeli.

5 KOLEKTIVNI SISTEM ZBIRANJA IN RECIKLAŽE ODSLUŽENIH SIJALK

Vodilni proizvajalci sijalk združeni v Evropskem združenju proizvajalcev sijalk, so sprejeli odločitev, da bodo v vseh državah Evropske unije organizirali kolektivne sheme za zbiranje in reciklažo odsluženih sijalk, preko katerih bodo izpolnjevali svoje obveznosti v zvezi z ravnanjem z odpadno EE opremo.

Na sliki 1 je prikazana shema kolektivnega sistema zbiranja in reciklaže odsluženih sijalk v Sloveniji. Celotno shemo upravlja upravljalec sheme, podjetje EKOSIJ d.o.o., ki so ga ustanovili največji evropski proizvajalci sijalk Osram, General Electric in Philips. Podjetje je registrirano za zbiranje, prevoz in skladiščenje odpadkov. Na Ministrstvu za okolje in prostor so ustanovili register zavezancev, ki so morali prijaviti dejavnost proizvodnje, pridobivanja ali uvoza EE opreme. V skladu s predpisi morajo zavezanci (proizvajalci in pridobitelji) od Agencije Republike Slovenije za okolje do 31. decembra 2005 pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za zbiranje OEEO. Do 26. septembra 2005 je bilo potrebno oddati vlogo za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja, ki je morala vsebovati tudi načrt ravnanja z odpadnimi sijalkami. Načrt ravnanja z odpadnimi sijalkami je pripravil upravljalec sheme. Zavezanci bodo imeli sklenjeno pogodbo za izvajanje predpisanih obveznosti z upravljalcem kolektivne sheme, ki bo preko pogodbenih partnerjev organiziral zbiranje, transport in reciklažo odsluženih sijalk.

Sistem se bo financiral preko enotne vidne pristojbine, ki jo prodajalci do leta 2011 lahko navedejo na izdanih računih. Proizvajalci in pridobitelji OEEO, bodo vsak mesec obveščali upravljalca sheme o količini prodanih sijalk v preteklem mesecu. Upravljalca sheme bo na podlagi zbranih podatkov zavezancem izdal račun za opravljeno storitev zbiranja in reciklaže odsluženih sijalk, hkrati pa bo s pogodbenimi partnerji poravnal stroške za izvajanje storitev zbiranja, transporta, začasnega skladiščenja in reciklaže.



Slika 1: kolektivni sistem zbiranja in reciklaže odsluženih sijalk

Zavezanci so dolžni Ministrstvu za okolje in prostor vsako leto poslati poročilo o ravnanju z OEEO. Podatki o količini zbranih in recikliranih sijalk ter deležu predelave in ponovne uporabe sekundarnih materialov se bodo zbirali pri upravljalcu sheme, ki bo podatke pridobil od pogodbenih partnerjev.

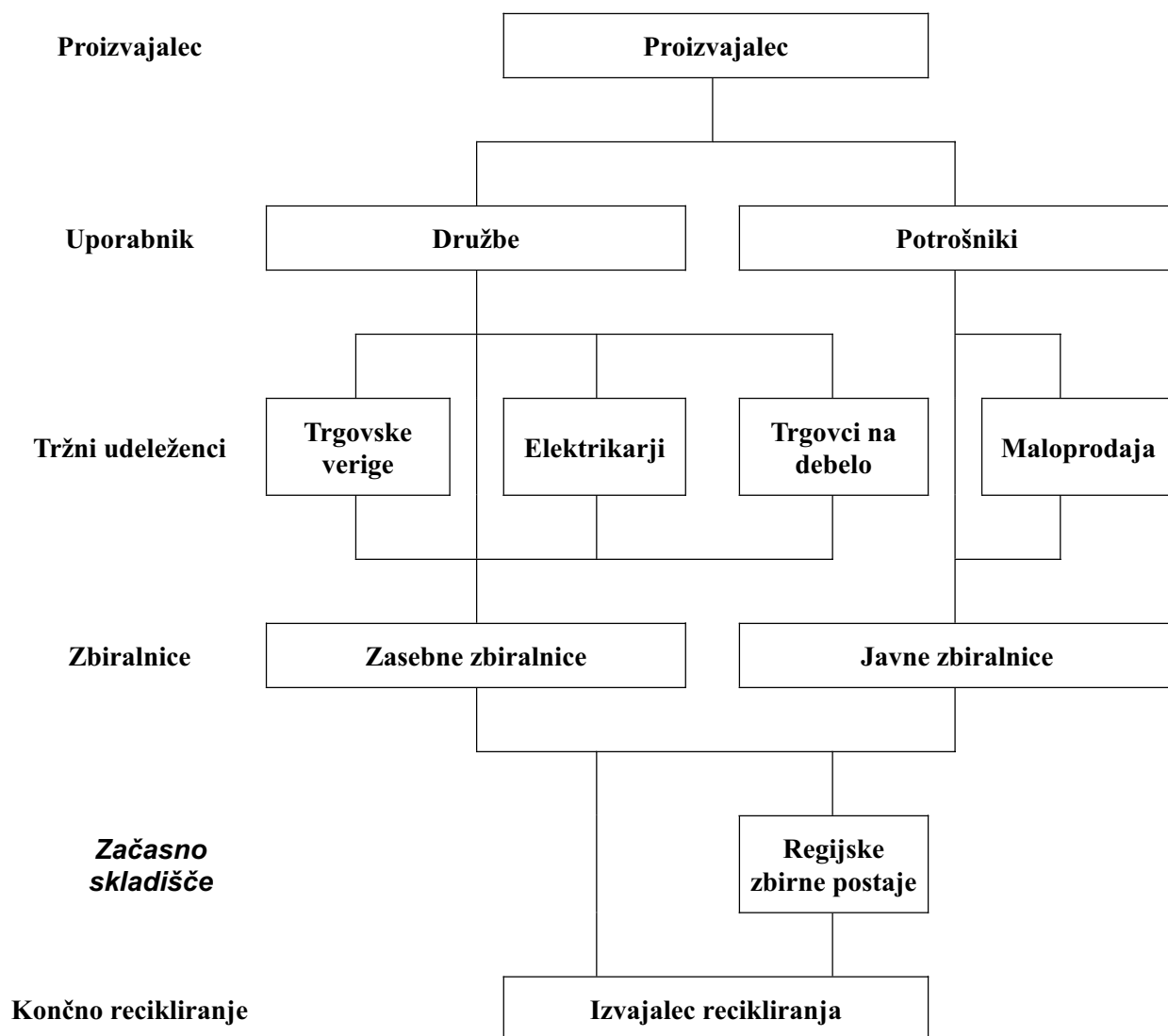
6 SISTEM ZBIRANJA ODSLUŽENIH SIJALK

Zbiranje odsluženih sijalk sestavljajo naslednji procesi:

- prevzemanje odsluženih sijalk
- transport odsluženih sijalk od zbiralnic do začasnega skladišča
- začasno skladiščenje, sortiranje in priprava na transport
- transport odsluženih sijalk od začasnega skladišča do obrata za reciklažo

Za organiziranje sistema zbiranja odsluženih sijalk, je najbolj pomemben podatek o količini odsluženih sijalk, ki se bodo generirale v prihodnjem obdobju. Količine odsluženih sijalk smo določili na podlagi podatkov o prodanih sijalkah v preteklih šestih letih, kolikršna je povprečna življenjska doba sijalk, in so prikazane v tabeli 1. Stopnjo vračanja za posamezni sektor smo prevzeli iz izkušenj iz držav, kjer je takšen sistem že v uporabi.

Slika 2: diagram poteka za zbiranje, prevoz in recikliranje odsluženih sijalk



6.1. Prevzemanje odsluženih sijalk

Odpadne sijalke se generirajo v gospodinjstvih, industriji, trgovinah, pisarnah, šolah, športnih objektih in javni razsvetljavi. Uporabniki lahko odslužene sijalke dostavijo na komunalne deponije, ki jih morajo brezplačno prevzeti, pri nakupu novih sijalk pa imajo pravico prodajalcu vrniti stare. Pravilnik o ravnanju z odpadno EE opremo predpisuje, da smejo biti zbiralnice oddaljene od prodajnih mest distributerjev največ 30 kilometrov. Za zadostitev predpisa bo upravljalca kolektivne sheme na 23 komunalnih deponijah postavil posebne posode za zbiranje odpadnih sijalk. Zbiralnice s posodami za zbiranje odpadnih sijalk bodo organizirane tudi pri veletrgovcih, proizvajalcih svetilk in velikih porabnikih. Odslužene sijalke so dolžni prevzemati tudi v trgovinah, pri prodaji novih. Ker se je varčnih sijalk, ki prevladujejo v gospodinjstvih enostavno znebiti, ekološka zavest pri ljudeh pa še ni na

takšnem nivoju kot v skandinavskih deželah, kjer zberejo 90% odsluženih sijalk, na začetku ni za pričakovati, da se bodo kupci pri nakupu novih sijalk v večji meri posluževali možnosti vračanja odsluženih sijalk. Zaradi omenjenega dejstva zaenkrat v trgovinah ne bomo nameščali posebnih kontejnerjev za zbiranje sijalk. Če pa se bo pokazala potreba, bomo kontejnerje namestili tudi v tistih trgovinah, kjer se bo zbrala zadostna količina sijalk, ki bo omogočala ekonomično zbiranje. Sijalke zbrane v trgovinah bodo prevzeli distributerji, lahko pa se bodo odložile tudi na eni od 23 zbiralnic na komunalnih deponijah.

Tabela 1: Podatki o količinah odpadnih (izrabljenih) sijalk

	2005		2006		2007		2008	
	Številke	%	številke	%	številke	%	Številke	%
Število izrabljenih sijalk								
Fluorescentne	1.297.000	72,5	1.335.910	72,5	1.375.987	72,5	1.417.266	72,5
Druge	491.000	27,5	505.730	27,5	520.901	27,5	536.528	27,5
Skupaj	1.788.000	100	1.841.640	100	1.896.889	100	1.953.795	100

Razdelitev v skladu s podatki deponiranja

Fluorescentne iz gospodar. sektorja	1.167.300	90%	1.202.319	90%	1.238.388	90%	1.275.540	90%
Fluorescentne iz gospodinjstev	129.700	10%	133.591	10%	137.598	10%	141.726	10%
Druge iz gospodar. sektorja	368.250	75%	379.297	75%	379.297	75%	390.676	75%
Druge iz gospodinjstev	122.750	25%	126.432	25%	130.224	25%	134.131	25%

Razmerje vračanja za posamezen sektor

Gospodarski sektor	307.110	20%	474.484	30%	647.074	40%	108.304	65%
Gospodinjstva	0	0%	13.000	5%	40.173	15%	82.757	30%

Količina za recikliranje

Fluorescentne	233.460	18%	367.375	27,5%	515.994	37,5%	870.380	61,4%
Druge	73.650	15%	120.110	23,7%	171.252	32,9%	294.178	54,8%
Skupaj	307.110	17%	487.485	26,5%	687.246	36,2%	1.164.558	59,6%

(1) Določena življenjska doba sijalk je 6 let.

Za zbiranje odsluženih sijalk sta bila izbrana dva tipa zbiralnih posod. Pravokotni kovinski kontejner se bo uporabljal za zbiranje ravnih fluorescentnih cevi. Največja zmogljivost tega kontejnerja s prostornino 1,7 m³ je okoli 1200 sijalk. Za zbiranje ostalih sijalk se bo uporabljal manjši kontejner s prostornino 1 m³ in kapaciteto 1500 sijalk.

6.2. Transport odsluženih sijalk od zbiralnic do začasnega skladišča

Transport bo izvajalo pogodbeno transportno podjetje, ki se ga bo izbralo z razpisom.

Štiri glavne dejavnosti prevoznika so:

- prevoz praznih in polnih zbiralnih posod za odpadne sijalke od zbiralnih mest do prevoznikovega skladišča ali zbirne postaje ali, v nekaterih primerih, neposredno do končne lokacije (izvajalec reciklaže).
- upravljanje s praznimi zbiralnimi posodami in njihovo skladiščenje
- beleženje podatkov, poročanje in vzdrževanje zbiralnih posod, ki jih je za čas trajanja pogodbe dala na razpolago upravljalec sheme
- beleženje teže zbranih posod.

Glede na pričakovanja, da se bodo na območju Republike Slovenija zbrane količine znatno razlikovale po posameznih regijah, se bo število prevoznih sredstev ocenilo in optimiralo v času trajanja pogodbe. Spodaj so navedene tri možnosti:

- neposredni prevoz z enega ali več zbiralnih mest na končno lokacijo (izvajalec reciklaže)
- neposredni prevoz z različnih zbiralnih mest na končno lokacijo (izvajalec reciklaže) z dodajanjem tovora na razpoložljiva vozila in brez vmesnega razkladanja (zbirni prevoz kot na "mlečni progi")
- pobiranje z različnih zbiralnih mest in razkladanje na eni ali več skladiščnih in/ali zbirnih postajah, dokler ni dosežena optimalna sestava tovora za prevoz na končno lokacijo (izvajalec recikliranja)

Vzpostavitev takšne prevozne mreže bi moralo zagotoviti optimalen prevoz izdelkov od različnih zbiralnih mest do končne lokacije brez nepotrebnih manipulacij.

6.3. Začasno skladiščenje, sortiranje in priprava na transport

Zbrane sijalke se bodo transportirale na začasna skladišča, kjer se bo po potrebi opravilo sortiranje, napolnilo na pol prazne kontejnerje in pripravilo kontejnerje na transport do obrata za reciklažo. Na teritoriju Slovenije bosta dve začasni skladišči, eno v centralnem delu in drugo v vzhodnem delu. Sijalke se bodo hranile v standardnih kovinskih kontejnerjih. Na začasnih skladiščih bo enako število kontejnerjev kot v zbiralnicah. Polni kontejnerji iz zbiralnic se bodo zamenjali s praznimi.

6.4. Transport odsluženih sijalk od začasnega skladišča do obrata za reciklažo

Transport od začasnega skladišča do obrata za reciklažo, ki se nahaja v tujini, izvaja prevoznik, ki mora od organov države v katero transportira odslužene sijalke pridobiti

dovoljenje za izvoz odsluženih sijalk. Transport je treba opraviti v treh dneh od prejetega dovoljenja. Pri predaji je potrebno izvesti tehtanje, prevoznik pa mora od izvajalca reciklaže prejti potrdilo o predaji odsluženih sijalk

7 PROCES RECIKLIRANJA ODSLUŽENIH SIJALK

Ker v Sloveniji zaradi majhnih količin zbranih odsluženih sijalk reciklaža ni ekonomična, se bo le-ta izvajala v tujini.

Proces vključuje predelavo in fizično ločevanje odsluženih fluorescentnih sijalk, ki vsebujejo živo srebro. Predelane sijalke se ločujejo na tokove aluminijastih zaključnih kap, očiščenega stekla, fosforjevega prahu in na koncu na elementarno živo srebro. Glavni tok odsluženih fluorescentnih sijalk prihaja iz gospodinjstev, šol, industrijskih obratov, trgovin, pisarn in proizvajalcev komponent za izdelavo fluorescentnih sijalk. Odslužene sijalke se transportirajo v obrate za predelavo odsluženih sijalk v skladu z lokalnimi, državnimi in mednarodnimi predpisi. Pred pričetkom predelave se kontejnerji s sijalkami razložijo s tovornih vozil in se začasno uskladiščijo.

Po začasnem skladiščenju se sijalke predelajo v posebnih napravah in fizično ločijo na prej omenjene komponente. Naprava za predelavo sijalk sestoji iz drobilca, separatorja, sistema za filtriranje majhnih delcev in nevarnih hlapov, sistema za manipulacijo materiala in sistema za nadzor. Končni materiali proizvedeni v procesu predelave kot so aluminijaste zaključne kape, steklo in fosforjev prah se pošljejo v nadaljnjo predelavo, ponovno uporabo ali na odstranjevanje.

7.1. Drobljenje in ločevanje

V prvi fazi reciklažnega procesa se sijalke razbijejo, nato pa zdrobijo v drobilcu, odkoder jih tekoči trak transportira v centrifugalni separator. Komponente sijalk se ločijo v centrifugalnem separatorju in vsaka komponenta se odloži v svojo posodo. Zaključne aluminijaste kape se zberejo v posodi, nato se izvrši vzorčenje, analizira vsebnost živega srebra in pošlje v obrat za reciklažo aluminija.

Zbrano steklo se prav tako vzorči in preveri vsebnost živega srebra ter pošlje na reciklažo ali pa na odlagališče, odvisno od razmer na trgu. Iz fosforjevega prahu se v separatorju odstranijo stekleni delci, nato pa se pošlje na prečiščevanje v obrate kjer izdelujejo fosforjev prah. Delci, ki vsebujejo železo se odstranijo z magnetnim separatorjem.

Živo srebro, ki se iz komponent izloči v procesu suhe destilacije, gre nato nadaljnji v proces trikratne destilacije in se prodaja kot tehnično čisto živo srebro.

V celotnem sistemu predelave odsluženih sijalk je podtlak, ki preprečuje uhajanje škodljivih snovi v okolico. Zrak, ki se pretaka po sistemu, prečiščuje serija filtrov, ki se avtomatsko čistijo, da se na njih ne nabira prah. Preden zrak zapusti napravo, gre še preko filtrov z aktivnim ogljem, da se odstranijo morebitne strupene snovi.

7.2. Enota za proces suhe destilacije

Prah, ki se izloči v postopku separacije se naloži v retorto. Pod vplivom visoke temperature živo srebro izhlapi iz prahu. Uparjeno živo srebro nato kondenzira v kapljevinsasto stanje. Živo srebro iz retorte gre še trikrat v proces destilacije, da se odstranijo preostale nečistoče. Nato se vzorči in analizira s strani neodvisnega laboratorija za potrditev, da dosega 99,99% čistost. Po verifikaciji čistosti se tehnično čisto živo srebro pakira v skladu z zahtevami posameznih kupcev in prodaja podjetjem, ki proizvajajo živosrebrne soli, naprave, ki vsebujejo živo srebro ali uporabljajo živo srebro v elektroniki in različnih raziskavah.

8 ZAKLJUČEK

Proces zbiranja in reciklaže odsluženih sijalk, ki ga predpisuje zakonodaja, je le majhen kamenček v mozaiku prizadevanj za ohranjanje, zaščito in izboljšanje kakovosti okolja. Za uspešno delovanje sistema bo potrebno temeljito obveščati in ozaveščati vse vpletene subjekte, najbolj pa se moramo potruditi z dajanjem pozitivnega zgleda vsi, ki se ukvarjamo z razsvetljavo.

9 LITERATURA:

1. Pravilnik o ravnanju z odpadno električno in elektronsko opremo (Ur. List RS št. 118/04, sprememba 56/05)
2. Let There Be Light, European Lighting Companies Federation, junij 2003
3. <http://www.zeos.si>

Avtorjev naslov:

Borut Bernat,
Ekosij d.o.o.

Tomaž Novljan

SVETOBA V "PODZEMLJU"

Povzetek

V teoriji in praksi arhitekturnega in urbanističnega oblikovanja se v zadnjem času pojavljajo iskanja novih prostorskih izrazov v razmerju med nadzemnim in podzemnim mestnim prostorom. Podzemni prostor predstavlja v simbolnem in fizičnem pogledu element ravnotežja z nadzemnim prostorom. Konfiguracija terena, javna transportna sredstva, nove prometne površine, izkoriščanje naravnih podzemnih vodnih tokov - v prid kvalitete mestnega ambientsa ter ohranitev in predstavitev arheološke in tehniške dediščine. Upošteva dejstvo, da ima človek od vseh čutil najbolj razvit vid, predstavlja svetloba, naravna ali umetna, enega od ključnih pogojev za opravljanje dela. V zgodovini je bila intenzivnost človekovih aktivnosti časovno v veliki meri pogojena z naravno svetlobo, ki je bila odvisna od dnevnega in letnega časa, zemljepisne lege in vremenskih razmer. Šele z iznajdbo plinske in kasneje električne razsvetljave se je aktivni del dneva lahko podaljšal na 24 ur, neodvisno od letnega časa. To je še posebej vplivalo na delo in bivanje v podzemnih ambientsih, kjer je odsotnost naravne svetlobe prevladujoča ali celo stalna, kjer lahko po določenem času nastopi časovna dezorientacija in motnje bioritma. Tako imenovana dinamična umetna in naravna osvetlitev to nevarnost zmanjša.

Abstract

In scientific and professional literature and practice in the field of architectural and urban design, attempts have appeared recently at searching for new spatial expression of the relationship between aboveground and underground space. The underground space represents, in a symbolic and physical respect, an element of balance with the aboveground space of the modern city. The topographical configuration, means of public transport, new traffic surfaces, the utilization of natural underground waterways to the benefit of a quality city environment, as well as the preservation and opportunity to present city's archaeological and technological heritage. Considering the fact that Man's visual faculty is the most developed one of his organs of sense, light, be it natural or artificial, represents one of the key conditions for the performance of human labour. In the past, the intensity of Man's activity was for a great deal dependent on the time of day and year, geographical position, and of weather conditions. Only with the invention of gas, and later on electrical lighting, the potentially active part of the day could be extended up to 24 hours per day and applied on all days of the year. This particularly exerted influence on the work and stay in underground ambients, where the absence of natural light was prevailing or even permanent. A time desorientation and interference with Man's biorhythm may develop. The so-called dynamical artificial and natural lighting could subdue this potential danger.

Uvod

Prisotnost izgradnje in uporabe podzemnih prostorov v človekovem okolju z zelo širokim spektrom izrabe in uporabe je vedno večja. Nanaša se tako na ožji življenjski prostor – v naseljih (v urbanih okoljih), kot na širšega – izven naselij, kot komunikacijski element med posameznimi urbanih jedri. Prevladujejo tehnični in funkcionalni objekti proizvodnje, transporta, skladiščenja, posebnih namenov ipd. Zaradi izrazito poudarjenega funkcionalnega vidika načrtovanja in uporabe skoraj ali popolnoma izključujejo elemente, ki bi vzpostavljali kontinuiteto nadzemnega okolja pod katerim se nahajajo, naj si bo to naravno ali grajeno. Pri tem je močno prisoten faktor varnosti, v obliki različnih oznak, ki v času normalne izrabe delujejo kot sistem, zagotavljanja občutka varnosti uporabnika. Izhodišče predstavlja dejstvo, da sodobni človek, predvsem v zgoščenih urbanih okoljih in njihovih povezavah, podzemni prostor vedno bolj uporablja. Neposredno – fizično in posredno – kot povezave komunalne infrastrukture. Navzlic temu obstoječi podzemni prostori največkrat ne presegajo kvalitete tehnično funkcionalnega nivoja, kar na človeško psiho v primeru daljše uporabe takega prostora ne vpliva pozitivno. Prisotnost elementov naravnega okolja, ki so za delovanje človeka potrebni v likovno oblikovnem obsegu strukture, teksture in barve ter dinamičnih elementov je večinoma premajhna, napravnostno izvedna ali je sploh ni. Prostor modernega vele/mesta je namreč prostor, kjer v vertikalni in horizontalni smeri potekajo dinamični, nelinearni procesi, podobno kot v naravi. Funkcionalna soodvisnost podzemnega in nadzemnega prostora se povečuje. Podzemlje je prostor materialne in kibernetske komunikacije/transporta, ki narekujeta oblikovanje takega prostora. Psiho-fizična specifičnost uporabe podzemnih ambientov ima pri snovanju le-teh pomembno vlogo. Najočitnejša je omejenost prostora samega in povezav s površjem ter povečana stopnja potencialnih nevarnosti vseh vrst. Kot psihološko preventivno/blazilno sredstvo so v takih primerih zelo učinkoviti dinamični učinki mreže prometnih povezav.



Slika 1: Podzemni prostor je prostor povezav, New York City, ZDA.

1. Kateri prostor je mogoče razumeti kot podzemni prostor?

V kontekstu obravnavanega podzemnih prostorov ne gre razumeti le kot prostorov pri katerih površinska plast zemlje hkrati ne sovpa z njihovo stropno/strešno konstrukcijo, temveč tudi tiste tik pod površino, z neposrednim dostopom na površje in katerih primeri so zgodovinsko dokumentirani in ponekod še prisotni. (Kitajska, 2000 p.n.št. do danes).

Pri arhitekturnem oblikovanju sodobnih podzemnih zgradb so se uveljavili novi strokovni izrazi, glede na način in globino gradnje.

GEOTEKTURA (*angl. geotecture*) kot splošen izraz za oblikovanje podzemnih zgradb/ambientov.

TERATEKTURA (*angl. terratecture*) pomeni oblikovanje zgradb/ambientov neposredno pod površjem. Uporabljan je način odkoplji – zgradi – pokrij (*angl. cut – construct – cover*) ki pride v poštev v primerih, ko običajni tunnelski način vrtanja ni smiselni oziroma zahtevana globina objekta ni velika. Tu gre najprej za površinski izkop terena, izvedbo nosilne konstrukcije objekta in čim prejše zasutje oziroma vzpostavitev prvotnega stanja na površju.

LITOTEKTURA (*angl. lithotecture*) pomeni oblikovanje zgradb/ambientov v večjih globinah. Uporablja se način vrtanja, klasično s stopnjevanim odkopom ali integralno s celotnim profilom naenkrat - predvsem za gradnjo cestno železniških predorov.²

Podzemni prostor bi bilo mogoče definirati kot prostor, ki izpolnjuje vsaj enega od naštetih pogojev:

- nima neposredne vizualne povezave s površjem,
- ima omejeno funkcionalno povezavo s površjem,
- njegove dimenzije omogočajo osnovne bivanjske funkcije,
- življenjske pogoje zagotavlja bolj ali manj zapletena tehnologija.

Geneza podzemnih ambientov je v zgodovini nastajala iz sakralnih, vojaških in drugih vzrokov (nekropole, katakombe, utrdbe) z bolj statično funkcionalno zasnovano, iz komunikacijskih potreb s poudarjeno longitudinalno prostorsko komponento (zasilni prehodi), potreb po skladiščenju in zbiranju (vodni rezervarji), dovajanju (vodovodi) in odvajanju (kanali) in s tem povezanimi vzdrževalnimi prostori, s potrebo po izkoriščanju naravnih surovin (premogovniki, rudniki) ter zaščito v primeru različnih nevarnosti (zaklonišča). V novejšem času se pojavljajo, še posebej v opustelih ambientih zgoraj navedenega tudi nove funkcije: muzeji, športni objekti, objekti kulturnega značaja, skladišča nevarnih odpadkov, na podzemne transportne naprave se navezujejo razne storitvene dejavnosti ipd.

² Poleg zgradb pod zemeljskim površjem tehnologija omogoča tudi ekonomičnost gradnje in izrabe pod vodnim površjem (elektrarne na bibavico in tuneli) ki so:

- obešeni na plovce in v nivelirani ustrezni globini
- sidrani v dno in v nivelirani ustrezni globini

Oblikovanje objektov/ambientov bi bilo tu poimenovati AKVATEKTURA (*angl. aquatecture*), kot je pa analogiji oblikovanje s pomočjo laserske svetlobe poimenovana HOLOTEKTURA (*angl. holotecture*)



Slika 2: Zaklonsko je preoblikovano v javen rekreacijski ambient, Helsinki, Finska.

2. Fizični / kibernetski značaj podzemnih ambientov mesta

V sodobnih urbanih sestavih je nemoteno funkcioniranje na »površju« vedno bolj odvisno od nemotenega funkcioniranja pripadajočega podzemnega prostora. Večina infrastrukture je premeščena neposredno ali globlje pod nivo mestnega parterja, v izogib njegovi dragoceni (in dragi) površini. Tako so moteči vplivi površja kot npr. promet in vremenske razmere zmanjšani na najmanjšo možno mero.

Podzemni prostor v mestu bi bilo mogoče razdeliti na dva dela:

1. Prostor fizičnega značaja, tridimenzionalno realno izmerljiv, kjer je uporabnik prisoten kot:
 - zgolj pasant in ga koristi ter zaznava v sekvencah, v gibanju,
 - koristnik storitev, ki jih prostor ponuja
- a. Ambienti, posredno ali neposredno povezani z javnim transportnim omrežjem podzemne mestne železnice ali navadne železnice:
 - potniški peroni,
 - prehodi, križišča, odcepi,
 - večji odprti prostori, »trgi« ipd.,
 na katere se (lahko) navezujejo programi storitvenih dejavnosti. Pri tem gre lahko tudi za izključno pešceve komunikacijske površine, ki se ne navezujejo na druga transportna sredstva.

- b. Podzemna parkirišča, s čim boljšim izkoristkom mestnega tlorisa, ki omogočajo prometno razbremenitev nadzemnih površin. Poleg klasičnih parkirišč se v vedno večji meri uporabljajo tudi avtomatska regalna parkirišča/skladišča, kjer uporabnik nima neposrednega fizičnega dostopa do parkirnega mesta. Upoštevanje prometne, osebne in požarne varnosti si tu v veliki meri podreja likovne vidike ambienta.
- c. Predori za cestni in tirni promet, pri katerih gre za čim večji in bolj nemoten pretok vozil in varnostne ukrepe v primeru nezgode. Pri tem je potrebno upoštevati nivojske in izvennivojske parametre. (predori so lahko v nivoju površine ali pod površino). Znani primeri izvennivojskih predorov so predori pod rekami (New York: Brooklyn, Manhattan, New Jersey), katerih gradnja je sicer dražja od gradnje mostov, vendar pa je cena njihovega vzdrževanja bistveno nižja. V primerih izrazito ravne in nižinske konfiguracije terena pristaniško industrijskega območja Rotterdama so obstoječi dvizni mostovi na bolj obremenjenih cestnih komunikacijah nadomeščeni z izvennivojskimi predori pod strugami plovnih prekopov. Soodvisnost v delovanju dveh različnih transportnih sistemov - ladijskega in cestnega je bila s tem odpravljena.
- d. Kulturni, športni in sakralni objekti. V tem primeru gre velikokrat za preureditev obstoječih prostorov, katerih funkcija je bila v preteklosti drugačna. Dva znana primera tako vzpostavljene nove rabe sta:
 - športni center Petonen v kraju Kuopio na Finskem, ki je nastal v prostoru bivšega javnega atomskega zaklonišča,
 - oddelek galerije Tate Modern v Londonu, ki je nastal v zgradbi odslužene mestne elektrarne.
- e. Podzemni ambient, nastali kot posledica nepredvidenih dogodkov. Med gradnjo podzemnih konstrukcij pogosto prihaja do arheoloških in paleontoloških odkritij (ki sicer večinoma povzročijo zastoj gradbenih del in povečajo stroške gradnje). Večinoma so najdeni primerki prenešeni v muzeje. V kolikor bi bilo mogoče in smiselno taka najdišča kot zanimivost in obogatitev javnega prostora obdržati *in situ* ter okoli njih in zaradi njih oblikovati nov, galerijsko muzejski ambient. Muzeja pariške javne kanalizacije se nahaja v opuščenih prostorih kanalizacije same. Prenova pariškega Louvra je povzročila odkritje (in hkrati omogočila dokumentacijo ter delno restavracijo) zasutih trdnjavskih obzidij iz 12. in 13. stoletja.



Slika 3: Restavrirano srednjeveško obzidje: muzej Louvre, Pariz, Francija.

2. Prostor »kibernetkega³ značaja«, kjer potekajo povezave fizičnega in nefizičnega transporta (komunikacij). Prostor, predvsem horizontalne komunikacije v več nivojih ter njihove medsebojne povezave in soodvisnosti.
 - a. Transport življenjskih dobrin (zrak, voda, energenti) in prenos podatkov v digitalni obliki (telefon, podatkovne mreže – internet, kabelska televizija).
 - b. Zbiranje, odvajanje, predelava in čiščenje izrabljenih in predelanih življenjskih dobrin ter meteoroloških padavin.
 - c. Prostori, ki so namenjeni vzdrževanju vsega zgoraj navedenega, in niso v permanentni javni uporabi.

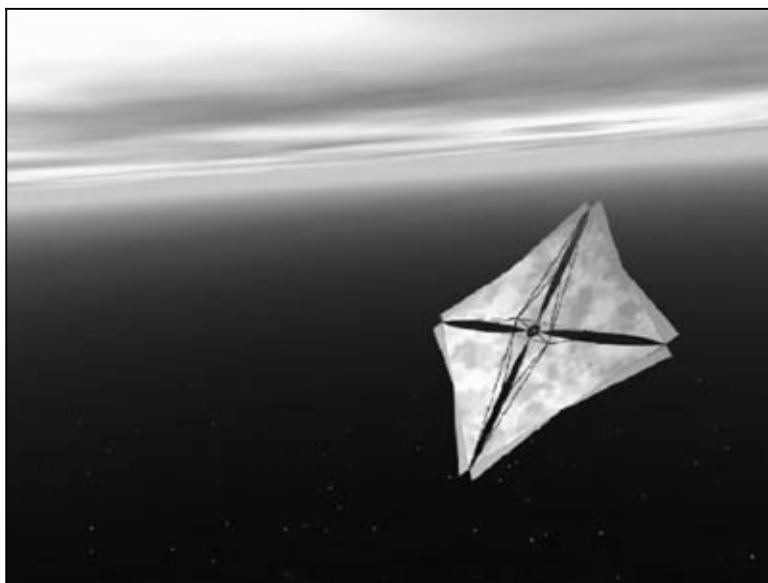
3. Splošno o svetlobi

Svetloba je tisto, kar nam omogoča, da vidimo. Podrobnejša razlaga opisuje svetlobo kot vidni interval elektromagnetnega valovanja, skupek dražljajev, ki jih naše oči zaznajo in v možganih prevedejo v vtis o prostoru, ki nas obdaja. Vidni interval elektromagnetnega valovanja, tako imenovana bela svetloba, se prične pri 380 nanometrih, kjer se človeku sicer nevidna UV svetloba spremeni v vidno vijolično ter konča pri 780 nanometrih, kjer se vidna rdeča svetloba spremeni v človeku nevidno IR svetlobo. Pomen svetlobe v bivalnem in delovnem okolju je mnogoter. Omogoča opravljanje dela, soustvarja razpoloženje, narekuje življenjski tempo. Lahko nastopa kot pomoč ali kot ovira. Dobra svetloba lahko slab prostor izboljša, slaba svetloba lahko dober prostor pokvari. Svetloba se v človekovem širšem in ožjem okolju pojavlja v dveh funkcijah: kot nosilec informacije pri vidni zaznavi in kot nosilec energije. Pri zaznavanju neposredne okolice služi svetloba kot medij za prenos odbitih valov določene frekvence t.j. določenega intervala barvnega spektra opazovane površine, ki se v očeh opazovalca kaže kot barva te površine. Preostale valovne dolžine ta ploskev vsrka in opazovalcu niso vidne. Tudi vizualno zaznavanje tridimenzionalne oblike je pogojena z razliko med odbito in vsrkano frekvenco v okviru intervala tako imenovane bele svetlobe. Temu dodatno pripomore še stereoskopsko zajemanje vizualnih informacij s pomočjo dveh sprejemnikov - oči. Barvne svetlobne dražljaje oko preko vidnega živca posreduje možganom, ki iz posameznih prejetih impulzov sestavijo podobo. Posredno pa omogoča svetloba posredovanje zakodiranih informacij na višjem nivoju kot npr. svetlobna Morsejeva

³ Izraz »kibernetki prostor« je skovanka kiberpunkovskega pisatelja Williama Gibsona, ki ga razlaga kot medsebojno povezan splet podatkovnih baz, telekomunikacijskih povezav in računalniških omrežij, ki na zaznavni ravni vzpostavljajo nov prostor za človekovo povezovanje in delovanje. Sicer pa ima izraz kibernetika kar nekaj razlag:

- a. Norbert Wiener, matematik, inženir in socialno filozof je skoval ime kibernetika iz grške besede, ki pomeni krmar. Definiral jo je kot znanost komunikacije in nadzora pri živali in stroju.
- b. Ampere je kibernetiko razumel kot znanost vladanja.
- c. Filozof W. McCulloch jo je smatral kot eksperimentalno epistemologijo ki se ukvarja s komunikacijo znotraj opazovalca in med opazovalcem in njegovim okoljem.
- d. Stafford Beer, menedžerski svetovalec jo je definiral kot znanost učinkovite organizacije.
- e. Antropolog Gregory Bateson:» ... da so se prejšnje znanosti ukvarjale s snovjo in materijo, kibernetika pa se osredotoča na obliko in vzorec.

abeceda ali optično odčitavanje podatkov s posebnimi vrstami svetlobe kot npr. laserska in infra rdeča svetloba. Poleg tega, da je svetlobo mogoče ponazoriti z valovanjem, jo je mogoče razumeti tudi kot "tok" delcev - fotonov, ki na svoji poti opravljajo neko delo oziroma oddajajo določeno energijo. To potrjujejo različne naprave, ki delujejo pod vplivom svetlobnih žarkov kot npr. svetlobni mlinček, kjer razlika v temperaturi molekul zraka pred belo in črno pobarvanih ploskev povzroča rotacijo. Vsebnost svetlobne energije nazorno kažejo tudi "repi" prašnih delcev, ki jih "za seboj vlečejo" kometi. Ti repi so usmerjeni v nasprotno stran od sonca in ne v nasprotno smer leta kometa. Svetlobno jadro predstavlja eno od možnosti za poceni in hiter transport po brtezzračnem prostoru saj izračuni potrjujejo, da na vsak m^2 razpetega vesoljskega jadra deluje "sila" svetlobe z močjo $9mN/m^2$, ki bo v prihodnosti lahko omogočala vesoljskim plovilom velike hitrosti in delno nadomestila klasične oblike pogona.



Slika 4: Sončno jadro - računalniška simulacija.

V zgodovini je svetloba poleg ostalih čutil - sluha, vonja, otipa, okusa - vedno predstavljala najvažnejši element, s pomočjo katerega se je človek v prostoru orientiral in premikal. Še danes je 80% informacij, ki jih posreduje okolje zabeleženih s pomočjo vizualne zaznave. Svetloba dneva je vedno pomenila varnost, medtem, ko je tema noči pomenila negotovost in potencialno nevarnost. Podnevi je človek iskal in kasneje tudi prideloval hrano, lovil ter potoval po svojem ozemlju, ponoči si je poiskal varno zavetje. Intenzivnost njegovih aktivnosti je bila pogojena z dnevnim in letnim časom, zemljepisno lego ter trenutnimi vremenskimi razmerami. Z odkritjem in uporabo ognja se je aktivni del dneva teoretično lahko podaljšal na 24 ur. Vendar je imela že zgodnja uporaba ognja, predvsem v zaprtih prostorih, velikokrat tudi neprijetne posledice. Šele z izumom in uporabo plinske in kasneje električne razsvetljave se je stopnja varnosti pri osvetljevanju povečala do te mere, da je postalo umetno osvetljevanje prostorov nekaj vsakdanjega.

4. Percepcija podzemnega prostora:

Človek danes zaznava in razume podzemni ambient kot zelo omejen notranji prostor, ki ne meji neposredno na »neskončno« zunanost. Prostor, ki je, velikokrat v negativnem pomenu, povezan z različnimi verovanji in miti. V prazgodovini pa si je človek prva zavetišča pred nevarnostmi zunanjega prostora poiskal prav v podzemnih prostorih tj. naravnih jamah, ki jih je sčasom tudi preoblikoval - povečeval in prilagajal svojim potrebam za bivanje in delo - tudi s pomočjo razsvetljave. Vlogo podzemnega zavetišča so kasneje prevzele zgradbe na prostem, ki v veliki meri omogočajo neposreden in relativno enostaven fizičen stik z zunanostjo, podzemlje pa je velikokrat zadobilo pomen mističnega, in relativno nevarnega - negativnega prostora. To je v splošnem mogoče potrditi tudi danes, saj so pod površjem prisotne za človeka različne potencialne nevarnosti: zasutje, zadušitev zaradi pomanjkanja zraka za dihanje ali pojava strupenih plinov, vdor vode ipd. Podzemni prostor je prostor, kjer so nekateri samoumevni dejavniki površinske biosfere izključeni. V največji meri gre za zmanjšanje časovne in prostorske orientacije, ki sta dve izmed pomembnih bioloških potreb [2]. Človek je v naravnem okolju vedno čutil potrebo po orientaciji, ki mu je soomogočala preživetje – tako je v veliki meri še danes. Orientiral se je po izstopajočih značilnostih v skladu z merilom svojega širšega in ožjega življenjskega okolja kot npr. vodotok, visoka vzpetina, osamelo drevo, skala ipd. Orientiral se je tudi po sončni svetlobi, ki mu je v prvi vrsti omogočala vizualno zaznavanje okolice, nevarnosti in plena, določala pa mu je tudi dnevni in letni ritem življenja.

V današnjih ambientih, kjer sončna svetloba ni neposredno prisotna, je le-ta nadomeščena z umetno - električno svetlobo. Tehnični predpisi natančno določajo minimalne nivoje osvetljenosti za različne namembnosti takih ambientov. Minimalni nivoji osvetljenosti so določeni predvsem za zagotavljanje delovnih pogojev in osebne varnosti, ter psihološkega dejavnika, ki ga je v podzemnih prostorih potrebno dodatno upoštevati. V primeru daljšega zadrževanja v ambientu, kjer uporabnik nima dostopa do informacij, ki mu jih sicer posreduje naravno okolje, lahko nastopi časovna in prostorska dezorientiranost, zmeda in v skrajnih primerih tudi panika. Dezorientiranost se kaže predvsem v upadu delovne sposobnosti pa tudi v spremembi splošnega razpoloženja. Znano je, da je človekova biološka ura naravnana na t.i. *cirkadijski ritem* [3], ki pri človeku ne znaša 24 ur, temveč skoraj 25 ur. Za njegovo sprotno vsakodnevno naravnavanje skrbi poleg socialnih dejavnikov tudi naravna svetloba. V kolikor je odsotnost okoljskih informacij, ki jih sicer posreduje naravna svetloba dolgotrajnejša, se telo zopet prilagodi cirkadijskemu ritmu. Enakomerna umetna osvetlitev sicer običajno zadošča predpisamin potrebam po varnosti, bivalnega ugodja na daljši čas pa ne omogoča, saj negira naravno dnevno izmenjavo svetlejših in temnejših časovnih intervalov.

Poleg razlike v količini naravne svetlobe, ki nastopi v 24-urnem dnevnem ciklusu je pomembna tudi spreminjajoča se barvna temperatura svetlobe, ki variira od hladne jutranje do t.i. nevtralne opoldanske in t.i. tople večerne svetlobe. Prav tako se barvna temperatura svetlobe pri jasnem vremenu razlikuje od barvne temperature oblačnega vremena. Poleg samega naklonskega kota sončnih žarkov, ki so zaznavni neposredno je barvna temperatura pomemben posredni dejavnik časovne orientacije v prostoru.

Kako torej osvetlitev podzemnega ambienta, ki je namenjen za daljše bivanje prilagoditi tako, da bo zadovoljevala človekovo potrebo po časovni orientaciji?

Eno od možnih rešitev, ki je v bolj enostavni obliki, sicer že v rabi pri osvetljevanju vhodnih in izhodnih območij cestnih predorov predstavlja uporaba dinamične osvetlitve. Pri

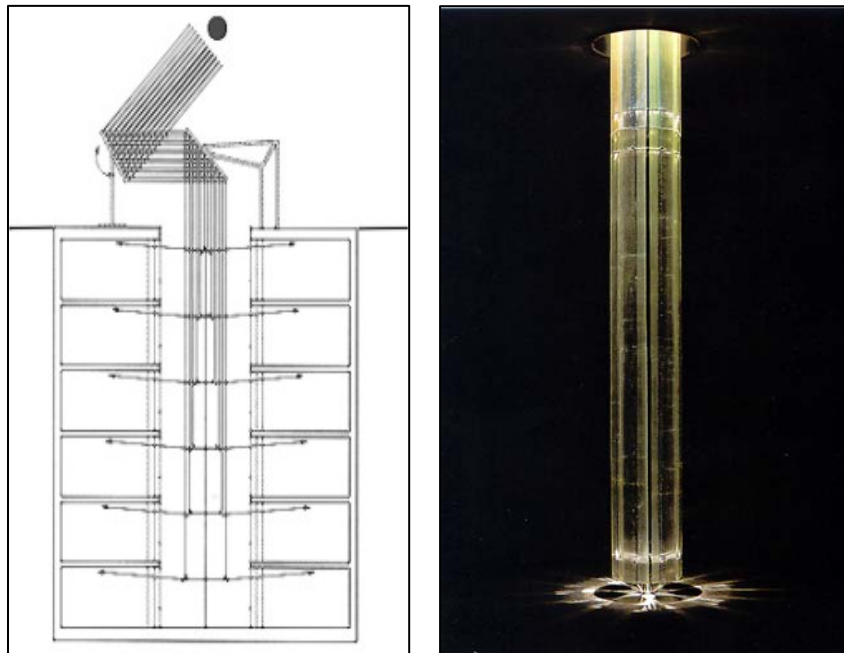
tem je moč osvetlitve uravnavana glede na trenutne svetlobne pogoje pred vhodom ali izhodom predora. Pri podzemnih ambientih brez neposredne povezave s površjem, ki so namenjeni daljšemu bivanju, taka dinamična razsvetljava, ki ima v nočnem času znatno nižje vrednosti kot v dnevnem zadovoljivo pripomore k simulaciji običajnega 24-urnega svetlobnega ciklusa. Dodatno k temu pripomore tudi barvna temperatura svetlobe, ki jo je mogoče z današnjo svetlobno tehnologijo tako imenovanih RGB (*angl. Red, Green, Blue*) svetlobnih panelov, plazemskih svetlobnih panelov ali RGB LED (*angl. Light Emitting Diode*) tehnologije tudi realno spreminjati. Kot dopolnitev oziroma nadgradnja predpisane in že uporabljane svetlobne opreme. Predpisi v večini določajo minimalne nivoje in čim enakomernejšo razpršitev tako imenovane ambientalne svetlobe. Taka svetloba je v veliki meri, žal, brezizrazna, "laboratorijska" in v nasprotju s kvalitetnejšimi svetlobnimi ambientii, ki jih je človek vaje v svojem vsakdanjiku (bivanje, nakupovanje, zabava,...). Da bi se uporabniki podzemnih prostorov v teh amambientih počutili bolj sproščeno, bi bila nujna sprememba oziroma dopolnitev dosedanje prakse osvetljevanja, ki bi poleg predpisanih nivojev osvetlitve dopuščala manjša odstopanja navzgor ali navzdol in tako napravila svetlobni ambient dinamičnejši. Izmenjava svetlih in senčnih območij je v podzemnem ambientu ravno tako pomembna kot v nadzemnem ambientu. Diskontinuiteta svetlobe je pomemben prostorski pogoj, ki omogoča vizualno osredotočenje uporabnika [4]. Bolj pomembno od predpisane brezizrazno enakomerne razsvetljave, ki hoče v dobri veri pregnati človekov prastrah pred potencialnimi nevarnostmi, ki jih prinša podzemlje je ustvariti ambient, ki bo v svetlobnem smislu čim bolj posnemal običajni nadzemni ambient z vsaj nekaterimi elementi časovne in prostorske dinamičnosti, ki jih omogočajo svetila različnih moči, usmeritev in barvne temperature. Na primer: preventivna prostorska zaznava in orientacija povprečnega uporabnika dolgega cestnega predora bi bila boljša, v kolikor bi se na določenih odsekih predora pojavile različne markantne svetlobne ali barvne orientacijske točke kot dopolnilo numeričnim oznakam razdalj že prevožene ali preostale razdalje. Take točke so človeku že od nekdaj znane iz naravega okolja, kjer so mu služile kot pomoč za preživetje, njihov prilagojeni prenos v podzemlje pa bi zato pozitivno vplival na občutek varnosti in psiho uporabnika nasploh.



Slika 5: Študija likovne obdelave "interiera" cestnega predora Laerdal, Norveška.

5. Posredovanje naravne svetlobe v podzemlje

Kljub vsem naštetim in nenaštetim kvalitetam, ki jih omogoča tehnologija umetne oziroma električne osvetlitve predstavlja naravna svetloba še vedno najbolj vseobsegajoč časovni orientir, ki bi ga bilo potrebno prenesti v vsak segment človekovega delovnega in bivalnega prostora, ne glede na njegovo oddaljenost od zunanosti. Patent za posredovanje svetlobe na daljavo v zaprtih prostorih je že leta 1880 prijavil Američan William Wheeler [5]. Zasnovan je bil na principu popolnega odboja svetlobe od notranje površine idealno gladke cevi. Praktična uporaba patenta je bila zaradi takratnih nezmožnosti kvalitetne površinske obdelave zrcalnih površin nemogoča. Današnji materiali, predvsem iz polikarbonatov ter površinske obdelave pa to že omogočajo tako, da se je tak način osvetljevanja prostorov že uveljavil v stavbarski praksi. Svetlobni žarki z majhnimi vpadnimi koti se odbijajo od skoraj idealno gladke notranje površine vertikalne cevi in na ta način potujejo naprej. Na določenih mestih so nameščeni t.i. lovilci svetlobe, ki to svetlobo prestrežejo in jo pod pravim kotom vodijo po horizontalnih razvodih do željenega prostora ter preko razprševalcev, ki imajo vlogo svetlobnih teles osvetljujejo prostor. Za zbiranje sončne svetlobe so na površju nameščeni heliostati [6]. V kolikor zadostne količine sončne svetlobe ni na voljo, njeno nalogo prevzamejo močni reflektorji. Sončna svetloba, ki je posredovana v nek ambient na ta način ima tudi na "izstopni točki" vse lastnosti naravne svetlobe: časovno dinamiko, spreminjajočo barvno temperaturo ipd., ki sooblikujejo kvalitetno svetlobno okolje.



Slika 6: Princip prenosa svetlobe s pomočjo zrcal (levo) in s pomočjo svetlobne cevi (desno).

6. Zaključek

Vzpostavljane svetlobnega ambienta v podzemnem prostoru mora, upoštevajoč vse navedeno, ne le spoštovati, temveč tudi nadgrajevati veljavne in sprejete osnovne tehnične standarde osvetlitve in barvne obdelave notranjih površin. Človek - uporabnik podzemnega prostora je v svoji biti predvsem površinsko bitje, ki živi in deluje na podlagi trenutnega zaznavanja, izkušenj, pričakovanj in podzvestnega spomina. Zato mu je v posebnih primerih, kot nadgradnjo zadostitve zgolj minimalnim svetlobnim pogojem, potrebno omogočiti, da tudi v posebnih bivalnih in delovnih okoliščinah ohranja stik s prvobitnim okoljem iz katerega izhaja. Kot sestav tako imenovanih »mehkih« preventivnih ukrepov, ki "iz ozadja" pozitivno vplivajo na človeško psiho. To pomeni, da se bo v takih okoljih, tudi takrat, ko je možna samo ena smer rešitve v sili, počutil varno, ne bo imel občutka tesnobe, ki zaradi različnih vzrokov običajno spremlja ljudi, ko zapustijo površje. Posledično bi bilo tudi ukrepanje - umik oziroma reševanje - ob eventualnih nevarnih okoliščinah iz takega prostora bolj učinkovito. Zato bi bilo potrebno vidik psihološkega ugodja, ki izvira iz zadovoljitve potrebe po časovni in prostorski orientaciji kot posebne zahteve najprej preveriti na modelih in praktično na poligonih ter izsledke (pozitivne in negativne) kot priporočilo vgraditi v sistem načrtovanja in uporabe podzemnih prostorov.

Literatura

- [1] Povzeto po sklopu predavanj pri predmetu *Svetloba in osvetlitev v prostoru* na Fakulteti za arhitekturo Univerze v Ljubljani. Nosilec predmeta doc. dr. Tomaž Novljan.
- [2] Lam, William M.C., 1992: *Perception and lighting as formgivers for architecture*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- [3] *A Dictionary of Plant Sciences*. Ed. Michael Allaby. Oxford University Press, 1998. *Oxford Reference Online*. Oxford University Press. Ljubljana University. 26 september 2004 <<http://www.oxfordreference.com/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t7.e1450>>
- [4] Beazley, M., Niesewand, N., 1999: *Lighting*. Octopus publishing Ltd., London.
- [5] <http://www.mts.net/~william5/history/hol.htm>
- [6] Brandi, U., Geismar-Brandi, C., 2001: *Lightbook*. Birkhauser, Basel.

Avtorjev naslov

Doc.dr. Tomaž Novljan, univ.dipl.inž.arh.

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za arhitekturo

Zoisova 12, 1000 Ljubljana

tel. 01 2000 717, fax: 01 4257 414,

e-pošta: tomaz.novljan@arh.uni-lj.si

Izr. prof. Karin Košak

PROJEKTI OSVETLITVE MESTA LJUBLJANE

Povzetek

V sodelovanju z Mestno občino Ljubljana ter Oddelkom za urbanizem, Oddelkom za gospodarske javne službe in promet ter Zavodom za turizem Ljubljana je bilo od leta 1999 načrtovanih kar nekaj projektov osvetlitve mestnega jedra Ljubljane:

- *Masterplan osvetlitve mestnega jedra Ljubljane*
- *Novoletne osvetlitve mestnega jedra Ljubljane 1999-2005*
- *Osvetlitev Gradu (in mestnega jedra) za praznične priložnosti*
- *Osvetlitev mostov na Ljubljanici (Tromostovje, Čevljarski most, Brv, Zmajski in Šentjakovski most)*
- *Osvetlitev korita Ljubljanice*

Od tega je bilo največ izpeljanega ob novoletnih priložnostih, pri katerih smo v letih 1999/2005 ynotraj okrasitve realizirali tudi kompleksno osvetlitev starega jedra ob oseh Krekov trg/Gornji trg, vzdolž korita Ljubljanice in os Grad/Tivoli.

Abstract

Since 1999, a few projects of lighting the city core of Ljubljana have been planned in association with the Municipality of Ljubljana, Department for Urban Planning, the Department for Public Services and Transport and Ljubljana Tourist Board:

- Lighting of Ljubljana city core – a master plan*
- New Year's lighting of Ljubljana city core 1999 – 2005*
- Lighting of Ljubljana Castle (and city core) for holidays and festivities*
- Lighting of bridges on the Ljubljanica river (the Triple Bridge, the Cobblers' Bridge, the Footbridge, Dragon Bridge, St. Jacob's Bridge)*
- Lighting of Ljubljanica riverside*

The most projects were carried out for Christmas and New Year's celebrations. For those occasions in the years 1999 – 2005 we have accomplished a few complex lighting projects of the Old City center along the axes: the Krekov trg square / the Gornji trg square, Ljubljana Castle / Tivoli and alongside the Ljubljanica River.



Slika 1: Masterplan stalne osvetlitve mestnega jedra Ljubljane



Slika 2: Masterplan noveletne osvetlitve mestnega jedra Ljubljane

Pomembni posegi/ osvetlitev Gradu:

- največji oz. najbolj opazen del je bila osvetlitev Gradu kot najpomembnejše ljubljanske prostorske dominante z računalniško vodenimi reflektorji z že sprogramiranimi barvnimi prelivom in variacijami

Novoletna osvetlitev:

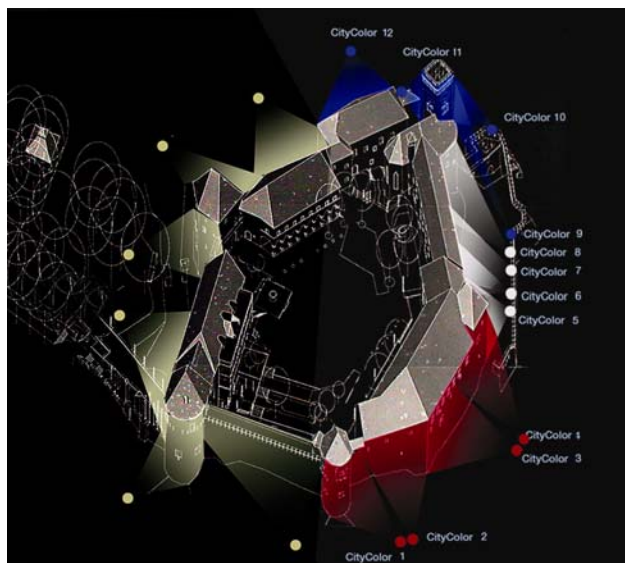
- prvo leto so bile barve prelivov zelo pisane, saj so bili nad živimi barvami še posebej navdušeni otroci medtem, ko smo se v naslednjih letih odločili za bolj umirjeno in elegantno kombinacijo modre in zlatorumene barve)

- v novoletnem času je bilo na Grajsko pobočje montiranih preko 170 malih reflektorčkov, usmerjenih proti mestu, ki so ustvarjali vtis, da je cel Grad kot veliko okrašeno novoletno drevo

Praznična osvetlitev:

- v letu 2002 se je dinamična grajska osvetlitev diferencirala za različne praznične priložnosti; tako so bili barvni preliv natančno določeni in sprogramirani v ustreznih barvah in časovnih ritmih

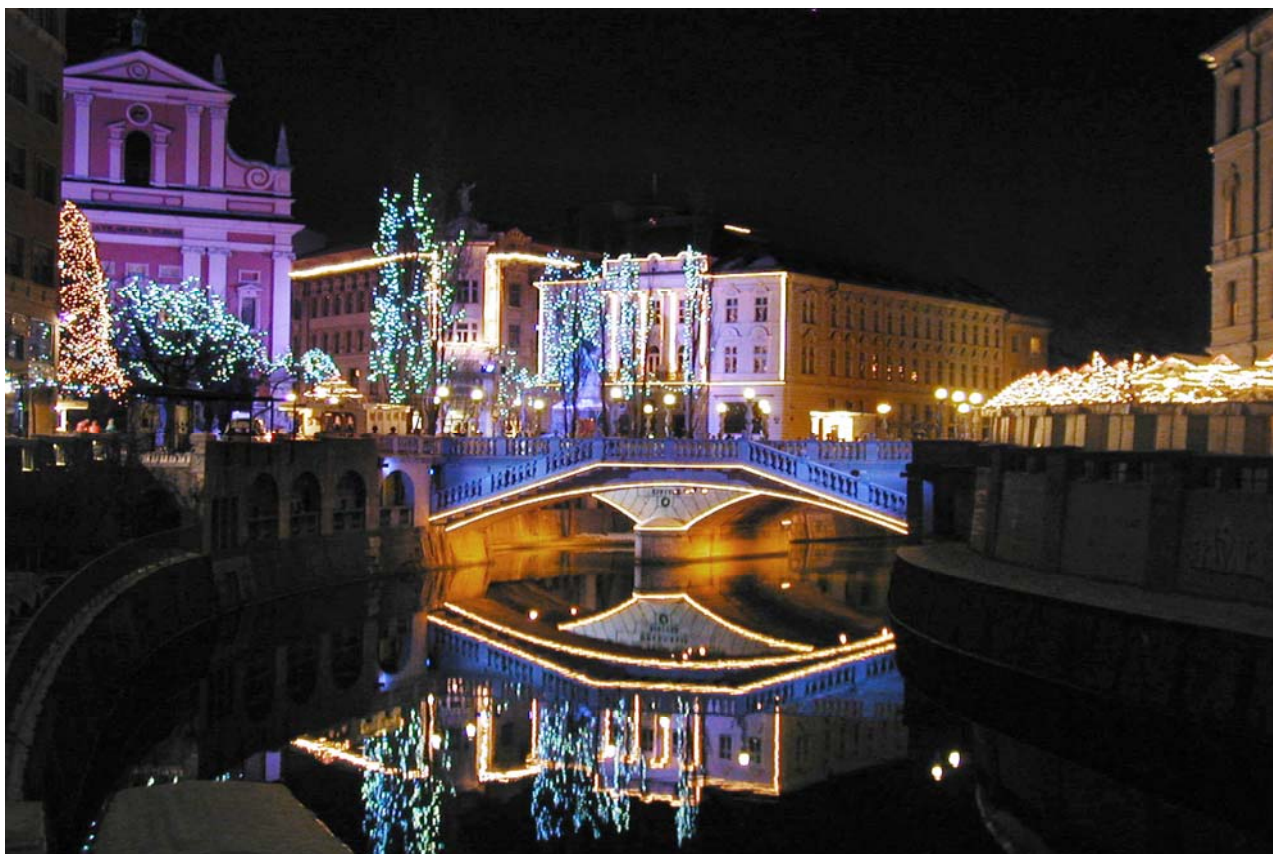
- tako so bile izvedene rdeče-beli preliv za Valentinovo, magenta-zeleni preliv za pusta, modro-belo-rdeči preliv za državne praznike; cela vrsta barvnih prelivov za praznike skozi celo leto pa je pripravljena za takojšnjo uporabo





Pomembni novoletni posegi:

- s svetlobnimi kabli, položenimi v kanale je bila poudarjena silhueta Zmajskega mostu, Tromostovja, Brvi, Čevlarskega in Šentjakobskega mostu na Ljubljani, najpomembnejših stavb oz. trgov ter njihovih arhitekturnih elementov
- najpomembnejše zgradbe so bile osvetljene z modro svetlobo s pomočjo barvnih sijalk in gelov
- s svetlobnimi verigami je bilo osvetljeno drevje na lokacijah Tivoli, Zvezda in obrežja Ljubljane od Tromostovja do Karlovškega mostu



Stalna osvetlitev/ mostovi:

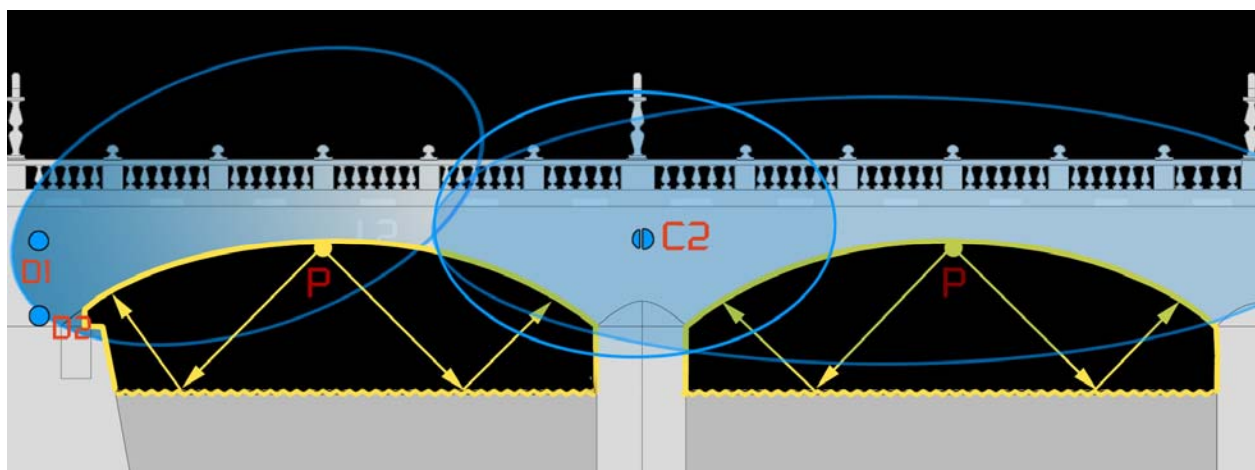
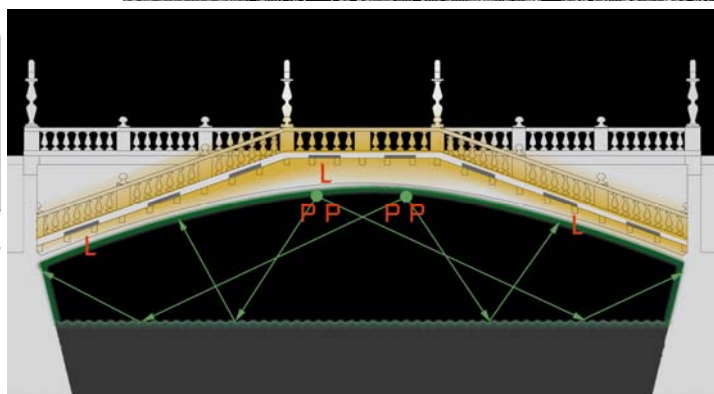
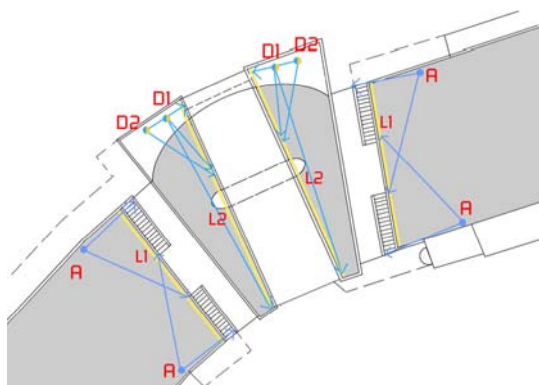
Pomembna projekta sta bila osvetlitev mostov na Ljubljanici (Tromostovje, Čevljarški most, Brv, Zmajski in Šentjakovski most) ter Osvetlitev korita Ljubljanice, ki sta nastala v letih 2001/ 2002 od katerih je bila do sedaj realizirana približno polovica.

Leta 2003 je bila realizirana stalna osvetlitev Tromostovja in Zmajskega mostu, ki je koncipirana tako, da nudi variantne možnosti še za novoletno in praznično osvetlitev.

Uporabljena je kombinacija linijskih svetil in spotov, kateri so usmerjeni delno na fronte mostu, delno pa v vodo tako, da ustvarjajo odbleske.

Osvetlitev je zamišljena tako, da obstaja stalna osvetlitev s svetlimi frontami mostov in zelenimi podmostji, novoletna osvetlitev z modrimi frontami in zlatorumenimi podmostji in dopušča možne variante praznične osvetlitve z uporabo barvnih gelov tako na frontah kot podmostjih, kar je bilo uporabljeno v modro-rumeni različici za vstop Slovenije v EU.

Brv; Zmajski most in Šentjakovski most še čakajo na realizacijo.



Stalna osvetlitev/ korito:

Osvetlitev korita Ljubljanice je nastala tako, da maksimalno spoštuje Plečnikovo ureditev nabrežij in poudarja pristane, dostope do vode, predvsem pa zelo lepo in bogato vegetacijo, od katere so najpomembnejši topoli pred Filharmonijo in vrbe žalujke na Cankarjevem ter Hribarjevem nabrežju.

Osvetlitev drevesnih krošenj s hladno belo svetlobo z od spodaj vgrajenimi svetili poudarja barvo listja in oblike krošenj in je usklajena z barvo podmostij tako, da nabrežja in mostovi tvorijo ubrano celoto.

Koncept in light design:

Karin Košak

Soavtorji:

Loris Vizintin/ Intralux: Ljubljanski grad in Ljubljana

Dimitry Orlač: Ljubljana

Milan Kovač: stalna osvetlitev/ Masterplan in Magistrat

Andrej Erjavec: svetlobni objekti v parku Zvezda

Zmago Modic: svetlobni oblekti/ Galaksije

Izvedba:

Karel Pollak/MOL/ Oddelek za urbanizem

Pavel Klavs, Stane Vidmar/MOL/ Oddelek za

gospodarske javne službe in promet

Barbara Vajda, Mojca Blatnik/ Zavod za turizem

Ljubljana

Joze Šolar, Marko Jančar/ Javna razsvetljava

Silvo Kačar, Julijan Bevc/ Arcadia

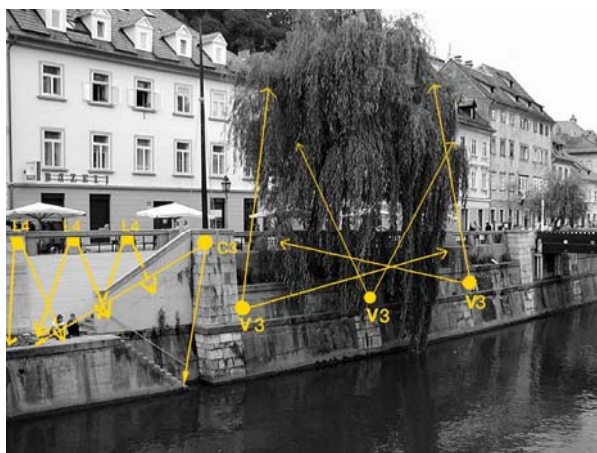
Izr. prof. Karin Košak, udia

Naravoslovnotehniška fakulteta

Snežniška 5, Ljubljana

karin.kosak@ntf.uni-lj.si

<http://www.ljudmila.org/kosak/index.htm>



Herman Mikuž, Tomaž Zwitter

ŠIRJENJE UMETNE SVETLOBE V ATMOSFERI IN VPLIV NA SVETLOBNO ONESNAŽENJE NOČNEGA NEBA S PRIMERI IZ SLOVENIJE.

The propagation of artificial light in the atmosphere and its influence on light pollution of the night sky. Examples from Slovenia.

Povzetek

Opazovanja nočnega neba iz različnih lokacij po Sloveniji kažejo, da je nebo onesnaženo

tudi nad področji, ki so razmeroma daleč od glavnih virov umetne svetlobe. Enake ugotovitve dajejo tudi študije, ki so jih naredili na inštitutu ISTIL ⁽⁴⁾ (Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso). To nekoliko presenetljivo ugotovitev si lahko pojasnimo z naravo širjenja umetne svetlobe v atmosferi. Na nenaseljenih področjih namreč večino onesnaženja prispevajo oddaljeni viri, ki sevajo svetlobo pod majhnimi koti nad horizontom. Ti viri so v veliki večini nezasenčene ali delno zasenčene svetilke zunanje razsvetljave. Študije inštituta ISTIL ⁽⁵⁾ nadalje kažejo, da na razdalji vsega 20 km od svetlobnega vira kar 95% svetlobnega onesnaženja v zenitu prispeva svetloba, ki prihaja pod majhnimi koti nad horizontom.

To ugotovitev potrjujejo tudi posnetki nočnega neba nad Slovenijo, ki smo jih naredili

s standardno opremo ter osvetlitvijo in so zato med seboj primerljivi. Tudi na posnetkih, ki smo jih naredili iz oddaljenih, nenaseljenih področij je vidno žarenje neba, ki sega nekaj deset stopinj nad obzorje in očitno prihaja iz gosto naseljenih področij z veliko gostoto zunanje razsvetljave.

Omenjena tuja študija in domači primeri nakazujejo, da je umetna svetloba polutant, ki v nasprotju z drugimi, kot so na primer hrup, emisije škodljivih plinov, ipd., vpliva na zelo velika področja in je dejansko omejena le z ukrivljenostjo Zemlje. Tej posebnosti bi morali biti prilagojeni tudi ukrepi. Če želimo na tako majhnem ozemlju ohraniti temno nebo bodočim generacijam, ohraniti biotsko raznovrstnost in okolje nasploh, bi morali poskrbeti za zasenčeno razsvetljavo na celotnem ozemlju države. Poleg tega je razsvetljava pod majhnimi koti v bivalnih okoljih odgovorna tudi za bleščanje, na katerega so še zlasti občutljivi starejši ljudje. Končno pa so zasenčene svetilke tudi primernejše zaradi manjše porabe električne energije, saj nimamo svetlobnih izgub nad vodoravnico, zato lahko z uporabo sijalk manjše moči dosežemo enako osvetlitev.

Abstract

Night sky observations from the various locations accross Slovenia show the light polluted sky even in the areas that are relatively far away from the main artificial light sources. The same conclusions were found by the Light Pollution Science and Technology Institute (ISTIL) ⁽⁴⁾ in Padova. Somewhat surprising conclusion can be explained by the nature of light propagation in the atmosphere. Over unpopulated areas, the majority of light pollution is contributed by distant sources, emitting light at low angles over the horizon. Mainly it comes from the unshielded or badly shielded luminaires. It is estimated that at only 20 km from the light source the 95% of the zenith night sky brightness is due to the light emitted at small angles over the horizon.

The same results were found by analyzing the night sky images, obtained from various remote locations in Slovenia. They were taken with a standard equipment setup, so that they can be compared directly. Even on images obtained from remote locations we found the presence of skyglow, extending some ten degrees over the horizon. They were identified with densely populated areas, which have also high density of outside light sources.

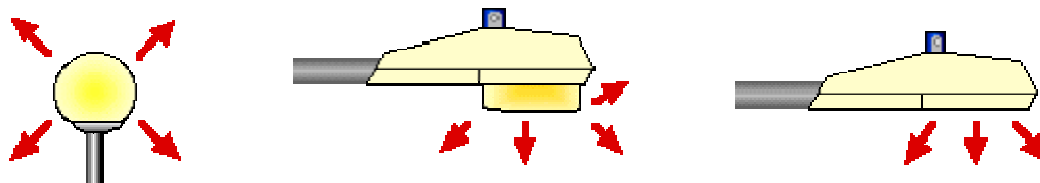
These studies show that contrary to some other polluters like noise or air pollutants, the artificial light is affecting very large areas, beeing efficiently limited only by the curvature of Earth. All possible measures or regulations for the reduction and control of the light pollution should be adopted according to these findings. If we really want to preserve the night sky for future generations, the only effective measure would be to use the fully shielded fixtures accross the whole territory of Slovenia. Also it should not

be neglected that in more populated areas, the light emission at low angles is causing disability glare that affects mostly older persons.

Finally, the fully cut-off fixtures are more suitable because they have no waste of light over the horizontal. The same intensity of light flux on lighted surfaces can be achieved with the luminaire having lower capacity, resulting in lower energy consumption.

1 Širjenje umetne svetlobe v atmosferi

Ker večina umetne svetlobe prihaja neposredno ali posredno od svetilk zunanje razsvetljave si pogledjmo kako njihova konstrukcija vpliva na svetlobnotehnične lastnosti in posledični vpliv na okolje. Med tipi zunanjih svetilk razlikujemo nezasenčene, delno zasenčene in popolnoma zasenčene (glej sliko 1).



Slika 1: Nezasenčena, delno zasenčena in popolnoma zasenčena svetilka

Kakšen je vpliv posameznega tipa svetilke na širše okolje, svetlobno onesnaženje in porabo energije? Pri tem je pomemben kriterij delež svetlobnega toka, ki ga svetilka oddaja nad horizontalno ravnino. Del svetlobnega toka, ki gre nad vodoravnico je namreč okoljsko problematičen, ker povzroča bleščanje, osvetljuje nočno nebo in je obenem tudi nekoristno izgubljena energija. Že na osnovi skic lahko sklepamo, da je okoljsko najmanj sprejemljiva nezasenčena svetilka saj več kot polovico svetlobnega toka oddaja nad vodoravnico, navzgor v nebo. Najbolj sprejemljiva pa je popolnoma zasenčena svetilka, ki nima emisije nad vodoravnico. Na širše okolje vpliva le preko odboja svetlobe od tal (običajno med 5 in 10%). Nekje vmes so delno zasenčene svetilke, ki preko razpršilnega pokrova (lom, odboj in sipanje svetlobe) oddajajo nad vodoravnico do 5% celotne emisije.

V celotni populaciji svetilk javne razsvetljave, v Sloveniji daleč prevladujejo delno zasenčene tipa CX, proizvajalca Siteco. Najdemo jih tako v mestnih središčih, ob glavnih prometnicah, avtocestah, ipd. V zadnjih desetih letih so v veliki meri zamenjale različne starejše tipe svetilk. Hkrati je to najpogostejše uporabljena svetilka pri novih instalacijah. Zaradi svoje konstrukcije pošiljajo znaten del svetlobnega toka nad vodoravnico in so bistveno prispevale k povečanju svetlobnega onesnaženja v Sloveniji v preteklem desetletju.

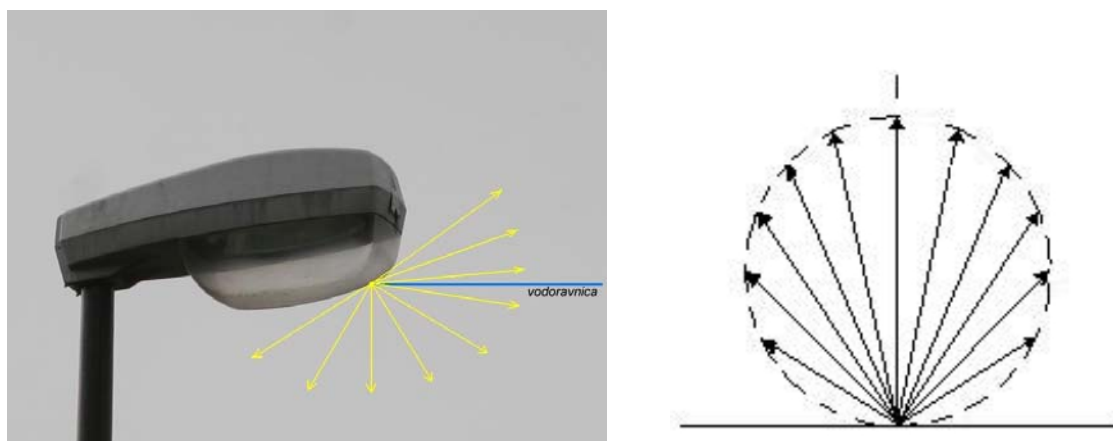


Slika 2: V Sloveniji najpogostejše zunanje svetilke – levo z izbočeno kapo in emisijo nad vodoravnico – desno z ravnim steklom in brez emisije nad vodoravnico. Proizvajalec Siteco.

V zadnjem času je proizvajalec Siteco ponudil na trgu ekološko primernejše svetilke z ravnim steklom tipa CX in ST. Primer so nekatere ulice v Ljubljani, z njimi je v celoti opremljen mednarodni mejni prehod v Jelšanah, ipd. To je vsekakor vzpodbudno, vendar bi morali za bistveno izboljšanje stanja tovrstne svetilke uporabljati kjerkoli je to možno.

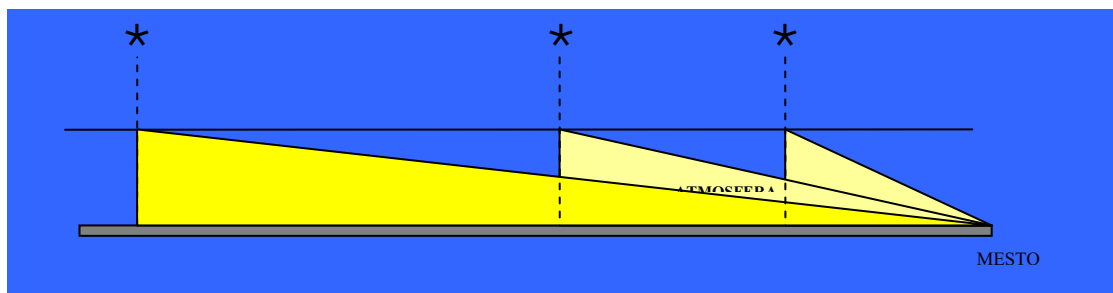
Nekateri standardi, npr. UNI-10819⁽⁸⁾ dopuščajo emisije nad vodoravnico od nekaj % do 23%, kar morda na prvi pogled ni veliko. V primerjavi s popolnoma zasenčeno svetilko ob upoštevanju 10% odboja od cestišča to pomeni 230% povečanje emisije nad vodoravnico. Podobne vrednosti emisij nad vodoravnico so tudi v osnutku uredbe o svetlobnem onesnaženju, ki je v pripravi na Ministrstvu za okolje in prostor.

Poglejmo si natančneje kako se umetna svetloba širi v atmosferi in prispeva k svetlobnemu onesnaženju. V osnovi prihaja iz dveh virov: prvi so svetila, ki zaradi svoje konstrukcije oddajajo del svetlobe navzgor, nad vodoravnico in to praviloma pod majhnimi koti nad horizontalno ravnino (slika 3 levo). Drugi vir pa je odboj svetlobe od tal. Značilnost odboja svetlobe od tal (asfalta) je, da ima takomenovano Lambertovo porazdelitev (glej sliko 3 desno), za katero je značilna majhna intenziteta pri majhnih kotih in velika intenziteta v smeri zenita.⁽¹⁾



Slika 3: (desno) odboja svetloba s tal predstavlja obsežno vendar nizko postavljeno in vodoravno svetilo. Tako tla svetijo predvsem navzgor, manj pa postrani. Svetlobo v poševni smeri dodatno blokirajo zgradbe, drevesa, ograje,...ipd. Stranska ploskvice ne povsem zasenčene svetilke (levo) pa je svetilo, ki je postavljeno visoko (na vrhu droga) in ima skoraj navpično izhodno površino. Te svetlobe zidovi, grmovje in celo drevesa ne blokirajo, ker so preprosto nižji. Obenem gre večino svetlobe s te ploskvice v smeri blizu vodoravnice, zato se to svetilo z lahko vidi kilometre daleč.

Torej prihaja svetloba, ki je oddana pod majhnimi koti nad horizontom večinoma neposredno od nezasenčenih svetilk. Zaradi geometrije, ki jo je enostavno razumeti (glej sliko 4) se emisija svetlobe pod majhnimi koti glede na vodoravnico širi zelo daleč od vira, medtem ko svetloba, ki je oddana pod velikimi koti onesnažuje le dele atmosfere v bližnji okolici vira.



Slika 4: ker ima zemeljska troposfera (plast atmosfere, kjer poteka vremensko dogajanje) končno debelino (cca 10km) na osvetljenost nočnega neba nad oddaljenimi območji odločilno vplivajo svetila, ki oddajajo svetlobo pod majhnimi koti nad vodoravnico. Red velikosti teh kotov je $0-10^\circ$. Prikazani so emisijski koti svetil, ki osvetljujejo nebo opazovalcu, ki gleda zvezdo v zenitu na treh različnih razdaljah od vira umetne svetlobe.

Čim bližje je opazovalec svetlobnemu viru (npr. mesto), tem večji so emisijski koti svetil, ki osvetljujejo nebo nad njim. V mestih pa igra pomembno vlogo tudi odboj od tal. Z oddaljevanjem opazovalca od svetlobnega vira, nebo nad njim osvetljujejo le še izvori, ki sevajo pod majhnimi koti nad horizontom. Odboj od tal na velikih razdaljah praktično ne igra več nobene vloge.

V prvem primeru gre za osvetljevanje atmosferskih delcev, ki so zelo oddaljeni od vira, pri čemer se ta svetloba združi s preostalo svetlobo, ki prihaja iz oddaljenih virov ter tako povzroča seštevalni učinek in pomembno povečanje nivoja svetlosti nočnega neba. Druga pa predvsem osvetljuje področje nad virom, se pa ne širi daleč in nima kumulativnih učinkov.⁽⁵⁾

Kot žarka nad vodoravnico (°)	Razdalja, kjer zapusti troposfero za h=5km (km)	Razdalja, kjer zapusti troposfero za h=10km (km)
1	165	263
3	85	155
5	55	105
7	40	78
10	28	56
15	19	37
20	14	27

Tabela 1: Simulacija širjenja svetlobe iz umetnih virov pod majhnimi koti nad vodoravnico in za debelino troposfere 5 in 10 km. Emisija svetlobe pod koti 0-5 stopinj je posebej problematična, ker se širi zelo daleč in je praktično omejena le z ukrivljenostjo Zemlje. Če uporabimo simulacijo na ozemlju Slovenije je jasno, da vsaka posamezna nezasenčena svetilka osvetljuje nebo nad celotno državo. Čeprav gre pri posamezni svetilki za majhne svetlobne tokove pa le-ti ob upoštevanju kumulativnega učinka celotne populacije zunanje razsvetljave nikakor niso zanemarljivi. Pomen uporabe cut-off svetilk je očiten. Pri izračunu razdalj je upoštevana ukrivljenost Zemlje. Ker je ob jasnih nočeh v troposferi na višinah nad 5 km zelo malo vlage in prašnih delcev ocenjujemo, da je simulacija za višino troposfere 5 km bližje dejanskemu stanju.

Ocenjujejo, da na razdalji vsega 20 km od svetlobnega vira kar 95% svetlobnega onesnaženja v zenitu prispeva svetloba, ki prihaja pod majhnimi koti nad horizontom (med 90° in 135° takoimenovanega kota gama). Ker se svetloba prosto širi preko 200km daleč, jo praktično zastira le ukrivljenost Zemlje. Nad večjimi območji je onesnaženje neba z umetno svetlobo v veliki meri rezultat seštevanja učinkov oddaljenih virov, ki sevajo svetlobo pod majhnimi koti. Ocenjujejo, da znotraj Padove (300000 prebivalcev), prispevajo 20% svetlosti neba v zenitu ob jasnih nočeh svetlobni viri, na širšem območju.⁽⁵⁾

2 Vpliv sevanja pod majhnimi koti na svetlobno onesnaženje nad Slovenijo

V Sloveniji je svetlobno onesnaženje v hitrem porastu. Tako v mestih, primestjih in na podeželju se postavljajo nove instalacije zunanje razsvetljave. Ocenjujemo, da gre v 95% primerov za nezasenčene ali delno zasenčene svetilke, ki svetijo tudi neposredno v nebo in ga osvetlujejo do stopnje, ko so tako amaterska kot tudi profesionalna astronomska opazovanja resno ogrožena. Delež popolnoma zasenčenih svetilk je zelo majhen in po naših ocenah ne presega 5% vseh zunanjih svetilk. Poleg stalnega večanja števila svetilk zbuja skrb tudi povečevanje izseva sijalk, kar neposredno vpliva na povečanje svetlobnega onesnaženja. Cestni razsvetljavi je treba dodati še dekorativno razsvetljavo cerkva in ostalih objektov ter

osvetljene reklamne panoje, katerih število se hitro povečuje in mu ni videti konca. V zadnjem času posebej zaskrbljuje postavljanje takoimenovanih “jumbo” panojev vzdolž avtocestnega križa, ki so orjaških dimenzij (100 m^2) in so tako močno osvetljeni (800 lx)⁽⁷⁾, da jih opazimo že iz nekajkilometerske razdalje. Tako dekorativna, kot tudi reklamna razsvetljava sta okoljsko problematični. Večina fasad in panojev je namreč osvetljenih od spodaj navzgor, pri čemer gre velik del svetlobe neposredno v nebo. Ker področje svetlobnega onesnaženja še ni regulirano v nobeni od okoljskih uredb, je stanje skrb zbujajoče.

Ugotovitve iz prejšnjega poglavja smo želeli preveriti z instrumentalnim monitoringom iz več lokacij po Sloveniji. S standardizirano opremo bomo dokumentirali stanje svetlobnega onesnaženja neba nad lokacijami obstoječih astronomskih observatorijev ter potencialnih lokacij, kjer bi se zaradi relativno temnega neba lahko izvajala astronomska opazovanja. Prvi rezultati monitoringa so predstavljeni v tem članku, z njimi pa bomo seznanili tudi Ministrstvo za okolje in prostor.

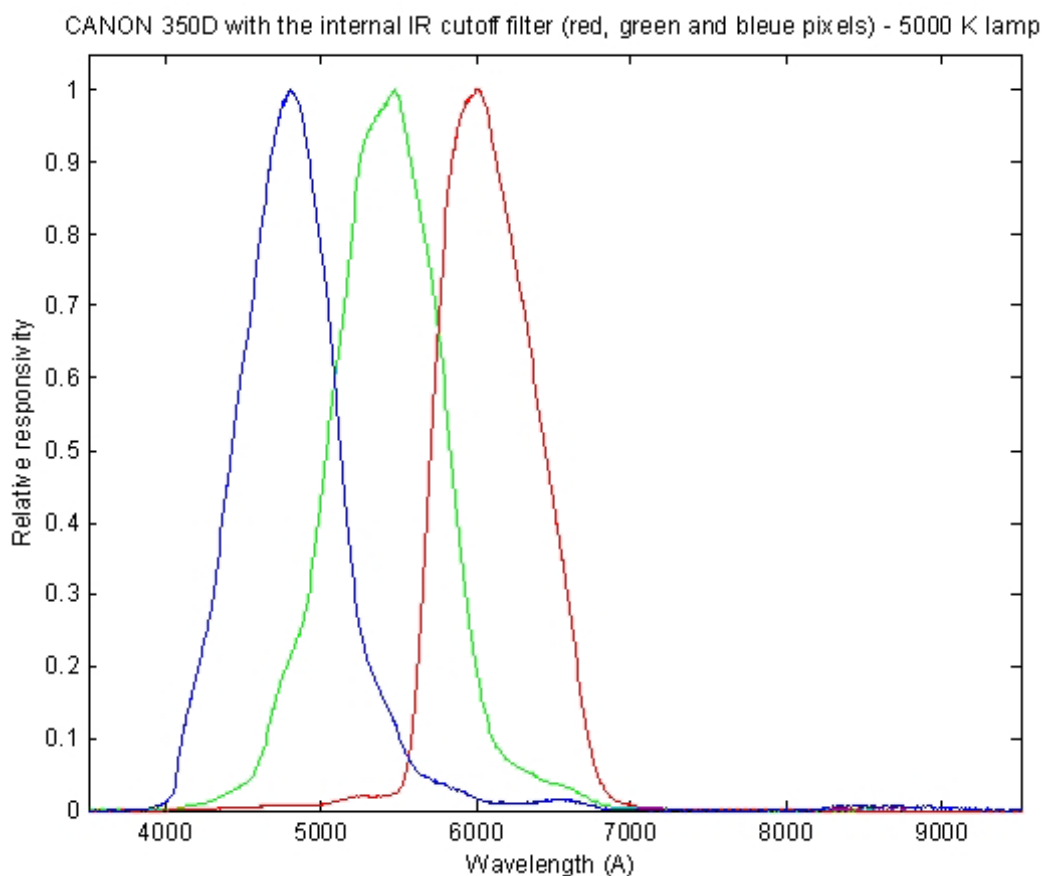
Monitoring svetlobnega onesnaženja

Monitoring se izvaja s Canon digitalnimi fotoaparati tipa EOS 1Ds⁽¹⁾, 20D in 350D, s skoraj identičnimi spektralnimi karakteristikami senzorjev in objektivom ribje oko Peleng 3.5/8 mm, pritrjenem na fiksno stojalo. Opazovanja se izvajajo ob jasnih nočeh, ne glede na opazovalne pogoje (temperatura, vlaga) z namenom, da dobimo čimbolj celovito sliko svetlobnega onesnaženja nad Slovenijo.



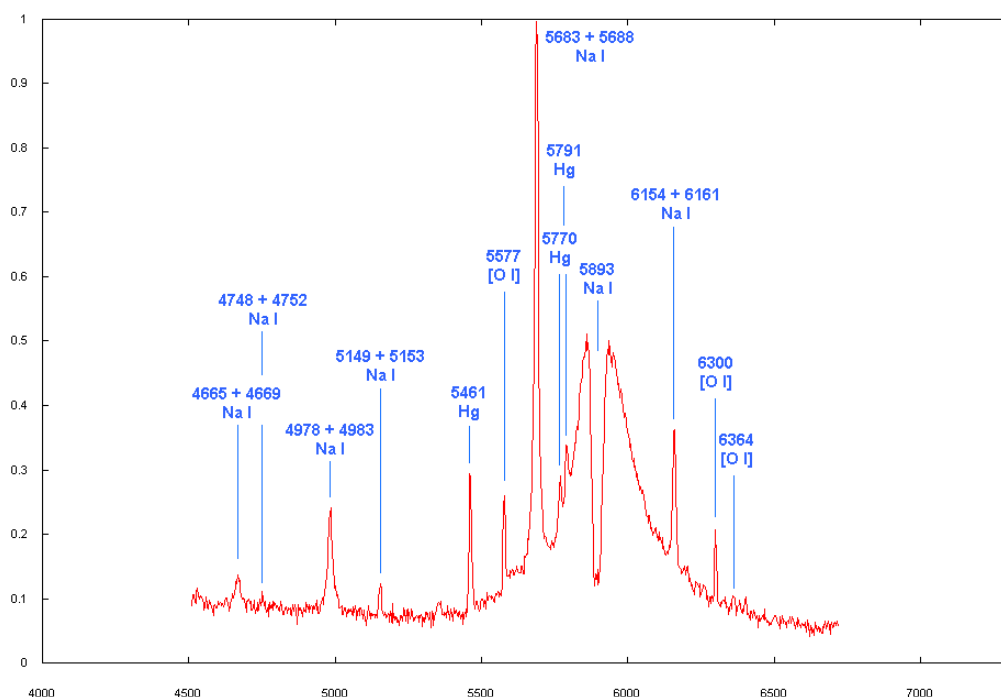
Slika 6: Digitalni fotoaparat Canon EOS 1Ds, velikost senzorja 4064x2704 pik, (25x36mm), opremljen z objektivom ribje oko Peleng 3.5/8 mm, ki naredi 180° projekcijo neba v krog s premerom 24 mm. Tako z enim samim posnetkom pokrijemo celotno vidno nebo.

Senzorji serije digitalnih fotoaparotov Canon EOS imajo identične spektralne karakteristike in so optimizirani za detekcijo v vidnem spektru. Pri nastavitvah občutljivosti nad ISO 400 učinkovito zaznavajo tudi razmeroma majhne svetlobne tokove. Njihova spektralna občutljivost pokriva celoten vidni spekter od 400 do 700 nanometrov. To je obenem tudi spektralno območje v katerem sevajo visokotlačne natrijeve ter živosrebrne svetilke zunanje razsvetljave, ki so v Sloveniji največ v uporabi.



Slika 7: Standardna spektralna odzivnost senzorja na svetlobo halogenske svetilke v digitalnem fotoaparatu Canon 350D. Maksimum odzivnosti v posameznem spektralnem območju je normaliziran na celo enoto.⁽²⁾

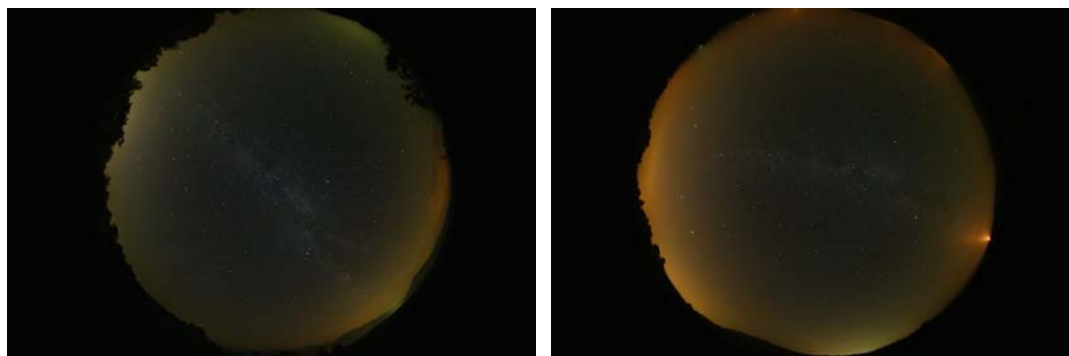
Iz slike 7 je razvidno, da je optimalna spektralna odzivnost Canonovega senzorja v območju valovnih dolžin 400 do 700 nanometrov, kar se zelo dobro ujema s spektralno porazdelitvijo emisijskih črt živosrebrnih svetilk (Hg) in visokotlačnih natrijevih svetilk (Na I) na sliki 8. Zato smatramo, da so navedeni digitalni fotoaparati primerni za snemanje svetlobnega onesnaženja.



Slika 8: Spekter nočnega neba z emisijskimi črtami živosrebrnih svetilk (Hg) in visokotlačnih natrijevih svetilk (Na I).⁽³⁾ Abscisna os je v Angstromih.

Posnetki svetlobnega onesnaženja na lokacijah Observatorija Črni Vrh in Observatorija Zaplana

Snemanje smo izvedli v jasni noči 1.-2. september 2005 s postavitvijo, ki je prikazana na sliki 6. Kamero smo orientirali po glavnih straneh neba. Na posnetkih je sever zgoraj, vzhod pa na levi strani. Občutljivost kamere je bila nastavljena na ISO 1000, osvetlitve pa so trajale 180 sekund. Določili smo jih eksperimentalno. Da bi čimbolj ohranili verodostojnost posnetkov jih nismo dodatno procesirali. Posneli smo jih v RAW formatu, ki ohrani informacije brez izgub. Odštet je bil le termični šum kamere.



Slika 9: Posnetek neba iz observatorijev na Črnem Vrhu (levo) in na Zaplani (desno) v noči 1.-2. september 2005. Svetel trak, ki se vije čez posnetek je naša Galaksija. Nad obema lokacijama je vidno žarenje neba, ki prihaja od oddaljenih virov, ki sevajo pod majhnimi koti nad horizontom. Sevanje v oranžni barvi prihaja od visokotlačnih natrijevih, v zelenkasti barvi pa od živosrebrnih svetilk. Foto A. Mohar in H. Mikuž. Originalni posnetki so dosegljivi na spletni strani <http://www.observatorij.org/Monitoring.html>

Identifikacijo virov onesnaženja smo opravili s pomočjo karte in kotomera. Prikazani so v tabeli 2.

Observatorij Črni Vrh (730m)			Observatorij Zaplana (600m)		
Smer neba	Naselje	Oddaljenost (km)	Smer neba	Naselje	Oddaljenost (km)
J-Z	Trst	40	J-JZ	Logatec	5
	Gorica	35	Z	cerkev	3
S-SZ	Idrija	8	S-SZ	cerkve	5
S-V	Logatec	12	SV-JV	Ljubljana	22
	Ljubljana	35	JV	Vrhnika	5

Tabela 2: Identifikacija in oddaljenost virov svetlobnega onesnaženja

Na obeh posnetkih je močno prisotno žarenje neba, ki se pokriva s smerjo naselij iz tabele 2. Na lokaciji Zaplana sega svetlobni smog v smeri Vrhnike in Ljubljane vse do višine 45° nad obzorjem, v smeri Logatca pa nekoliko manj. V ostalih smereh nebo osvetljujejo žarometi iz bližnjih cerkva. Od celotne površine neba ga je okoli 50% omejeno ali sploh neuporabno za astronomska opazovanja.

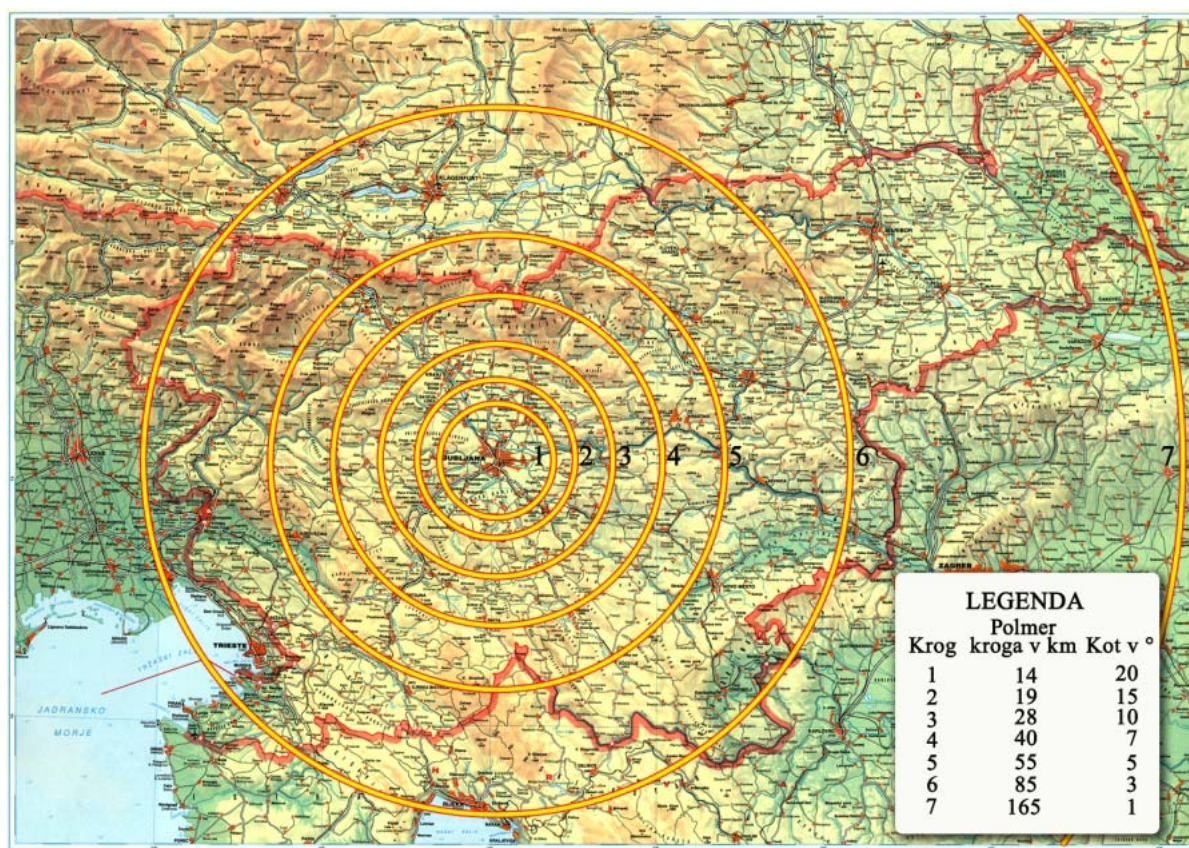
Nebo nad Črnim Vrhom je nekoliko temnejše, kot na Zaplani. Svetlobni smog v smeri Ljubljane sega do višine 30°, v smeri Trsta in Furlanije pa do višine 20°. Viden je sicer večji del Galaksije, ki pa proti obzorju izgine v soju Ljubljane in Trsta. Od celotne površine neba ga je okoli 30% omejeno uporabno za astronomska opazovanja.

Iz posnetkov lahko zaključimo, da je na lokaciji Zaplana stanje onesnaženja neba kritično, na lokaciji Črni Vrh je nebo sicer temnejše, vendar je predvsem v smeri proti Ljubljani osvetljenost neba močno povečana in to kljub razmeroma veliki oddaljenosti od vira umetne

svetlobe. To razmeroma visoko stopnjo onesnaženja pripisujemo prav svetlenju slabo zasenčenih svetilk iz oddaljenih virov pod majhnimi koti nad obzorjem.

3 Zaključek

Monitoring svetlobnega onesnaženja kaže, da je nočno nebo močno onesnaženo tudi na oddaljenih lokacijah, kjer sicer v bližini ni večjih naselij. Sem lahko prihaja umetna svetloba le iz oddaljenih urbanih področij. Ključen problem pri omejevanju onesnaženja je torej preprečevanje sevanja nad vodoravnico, ki očitno prihaja od nezasenčenih ali slabo zasenčenih svetil. To se zdi edina smiselna fizikalna razlaga za širjenje umetne svetlobe na velike razdalje. Glede na velike prostorske dimenzije širjenja svetlobe pod majhnimi koti (glej sliko 10) bo za resen in dolgoročen nadzor svetlobnega onesnaženja nujno potrebno v čim večji meri uporabljati popolnoma zasenčene svetilke, kot edino učinkovito tehnično rešitev.



Slika 10: Prikaz prostorskega dosega sevanja svetilk pod majhnimi koti nad ozemljem Slovenije. Za izhodišče smo vzeli Ljubljano, ki je v naši državi največji vir svetlobnega onesnaženja. Koncentrični krogi povezujejo točke v gornji plasti troposphere ($h=5$ km), kjer jo žarki pod značilnimi koti iz tabele 1 zapustijo.

Če se bo v Sloveniji nadaljeval sedANJI trend povečevanja nezasenčene zunanje razsvetljave, resna astronomska opazovanja ne bodo več možna že v začetku naslednjega desetletja. Nujno je spoznanje, da je tudi nočno nebo del naše naravne dediščine, ki je nimamo pravice uničevati, ampak jo moramo ohraniti bodočim generacijam. Vsako drugačno ravnanje bi bilo neodgovorno in škodljivo. Za to že obstaja potrebna tehnologija cut-off svetilk, ki je na trgu dostopna in ni bistveno dražja od starejše, ki povzroča še vrsto drugih okoljskih problemov. Njihova pomembna prednost pa je tudi učinkovitejša izraba energije. Vsekakor je na potezi Ministrstvo za okolje in prostor z napovedano uredbo o zmanjšanju svetlobnega onesnaženja.

4 Zahvala

Podjetju Infocona d.o.o. se iskreno zahvaljujemo za izposojlo digitalnega fotoaparata Canon 1Ds. Gospodu Matjažu Gostinčarju iz Urada RS za seizmologijo pa za pomoč pri izdelavi karte prostorske razporeditve širjenja umetne svetlobe pod majhnimi koti.

5 Literatura:

1. Askey, P., Canon EOS 1Ds review, 2002
<http://www.dpreview.com/reviews/canoneos1ds/>
2. Buil, C., Canon EOS 350D IR-cut filter removal operation performances and image samples (2005), <http://www.astrosurf.org/buil/350d/350d.htm>
3. Buil, C., Spectral calibration,
<http://www.astrosurf.org/buil/us/spe2/hresol4.htm>
4. Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge, C.D., The first world atlas of the artificial night sky brightness, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 328, 689-707 (2001).
5. Cinzano, P., Technical measures for an effective limitation of the effects of light pollution, Proceedings of a conference light pollution and the protection of the night environment, IDA regional meeting, Venice, 193-205 (2002).
<http://dipastro.pd.astro.it/cinzano/download/ProcVenice1200.pdf>
6. CIE technical report: Guidelines for minimizing sky glow, CIE TC 4-21, draft report, 97-02-21.
7. Mohar, A., Svetlobno onesnaženje, bleščanje in primerjalne meritve, Posvetovanje razsvetljava 2005, Postojna 13. - 14. oktober 2005 (v tisku).
8. UNI 10819, Luce e illuminazione, impianti di illuminazione esterna. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano (1999).

Naslov avtorjev:

Herman Mikuž, Tomaž Zwitter

Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerze v Ljubljani

Andrej Mohar

SVETLOBNO ONESNAŽENJE, BLEŠČANJE IN PRIMERJALNE MERITVE¹

Light Pollution, Glare And Comparative Measurements

Povzetek

Večino svetlobnega onesnaženja povzroča nezasenčena ali slabo zasenčena javna razsvetljava, ki je tudi poglavitni vzrok za bleščanje. Zato je smiselno, da ta dva problema obravnavamo skupaj. Prispevek obravnava problem slabo zasenčenih svetil in teoretični vpliv na svetlobno onesnaženje. Navedeni so konkretni primeri neustrezne, večinoma nove zunanje razsvetljave v Sloveniji z meritvami osvetljenosti. Zmanjševanje bleščanja z uporabo zasenčenih svetilk omogoča boljše vidno zaznavanje v prometu in povečuje varnost udeležencev v prometu. Zasenčene svetilke omogočajo enako ali boljše vidno zaznavanje z nižjimi nivoji osvetljevanja. Uporaba zasenčenih svetilk z manj bleščanja ni koristna samo za ljudi in okolje, ampak je tudi ekonomsko upravičena. Podani so predlogi za spremembo priporočil glede vsiljene svetlobe.

Abstract

Vast majority of light pollution is contributed by unshielded and badly shielded luminaries, which are also the main reason for glare. This makes sense to treat two problems as a bound one. This paper describes a problem of badly shielded luminaries and their theoretical effect on light pollution. Several examples of unproprieate outdoor illumination are described together with quantitative illumination measurements. Visibility and trafic safety can be increased by using high quality full cut-off luminaries which have no glare. Full cut-off luminaries provide better visibility at the same or even lower level of illumination. Using full cut-off luminaries has many benefits for people, environment and energy reduction. Several new recommendations are introduced.

¹ V prispevku so nekatere trditve in nekateri postopki pri meritvah v nasprotju s priporočili SDR in CIE. Programski odbor je prispevek zaradi aktualne tematike in dobro izbranih praktičnih primerov vseeno uvrstil na posvetovanje, vendar z določenimi zadržki (op.ur.)

1. Uvod

Svetlobno onesnaženje postaja vedno večji problem. Najprej so ga občutili poklicni in nepoklicni astronomi in ekologi, sedaj pa se v napore za zmanjšanje svetlobnega onesnaženja vedno bolj intenzivno vključujejo tako strokovnjaki za razsvetljavo, arhitekti, zdravniki, kot tudi širša javnost. V nekaterih državah, recimo v Belgiji ali Nizozemski, ki sta med najbolj svetlobno onesnaženimi državami na svetu, vlagajo velika sredstva v odpravljanje posledic svetlobnega onesnaženja. Samo Belgija temu namenja več milijonov evrov letno (Pas, 2005).

Poslovni broj: P-294/04-

Z A P I S N I K O O B J A V I
Sastavljen kod Općinskog suda u Malom Lošnju
Dana 24. lipnja 2005.g.

OD SUDA NAZOČNI:

S u d a c: Gordana Holer

Zapisničar: Vida Komin

TUŽITELJ: [REDACTED] Branka
TUŽENIK: Grad M.Lošinj
RADI: Smetanje posjeda

Početak u 09,00 sati

Za tužitelja: punomoćnik odvjetnik Branimir Kojić, odvjetnik iz M.Lošinja
Za tuženog: zamjenik punomoćnika odvjetnik Barbara Garić

Sudac donosi i javno objavljuje

**U IME REPUBLIKE HRVATSKE
RJEŠENJE**

Utvrdjuje se da je tuženik smetao tužiteljicu u posljednjem mirnom posjedu kuće u Ustrinama kbr. [REDACTED] na način što je dana 15.7.2004.g. na udaljenosti od cca 3 metra od označene kuće postavio rasvjetni stup visine 8 metara sa živinim reflektorom snage 250 W usmjeren prema kući, pa je time, usljed jačine svijetlosti u večernjim i noćnim satima, onemogućio tužiteljicu u spavanju u prostorijama za to predviđenim i boravku na terasi, te mu se nalaže uspostava ranije posjedovnog stanja na način da ukloni navedeno rasvjetno tijelo-reflektor, a zabranjuje mu se ubuduće svako takvo ili slično smetanje posjeda tužiteljice, sve u roku od 8 dana pod prijetnjom ovrhe.

Tuženik se obvezuje naknaditi tužiteljici trošak parničnog postupka u iznosu od 7.920,30 kuna u roku od 8 dana od pravomoćnosti rješenja pod prijetnjom ovrhe.

Dovršeno u 09,10 sati

Slika 1: Vsiljena svetloba je moteča. V kraju Ustrine na Malem Lošnju je oškodovanka dobila tožbo proti mestu Mali Lošinj in dosegla odstranitev moteče svetilke.

Osvetljevanje je koristno, o tem ni dvoma. Vendar je pomembno, da osvetljujemo tam, kjer svetlobo potrebujemo. Nepravilno usmerjena svetloba vdira v stanovanja, kar imenujemo **vsiljena svetloba**. Za marsikoga je to lahko zelo moteče in lahko postane **svetlobno nadlegovanje**. Britanski parlament je v letu 2005 sprejel zakonodajo, ki določa, da je pretirana svetloba, ki vdira iz javnih površin v stanovanja, svetlobno nadlegovanje. Ta odločitev parlamenta ima daljnosežne posledice na zmanjšanje svetlobnega onesnaževanja, saj bodo morali organi oblasti na lokalnem nivoju odstraniti ali zasenčiti vsako svetilko, za katero bodo stanovalci menili, da jim povzroča neposredno svetlobno nadlegovanje.

V tem prispevku se ne bomo ukvarjali s psihološkim bleščanjem, ki je posledica dožemanja posameznika in je prav gotovo moteče. Zanimalo nas bo fiziološko bleščanje in možni načini zmanjšanja fiziološkega bleščanja na najnižjo možno mero.

Uporaba slabih, nezasenčenih svetilk ali pretiravanje z osvetljevanjem je uničilo okolje do te mere, da več kot 80% prebivalcev Slovenije izpred svojega doma ne more videti Rimske ceste. Vojko Kogej, publicist na področju astronoavtike navaja, da je leta 1968 pred svojim domom pod Ljubljanskim gradom (danes Šaranovičeva ulica) s prostim očesom videl Rimsko cesto. To pomeni, da je bilo tedaj iz središča Ljubljane vidnih s prostim očesom najmanj 2000 zvezd. Danes jih v najboljših nočeh iz središča Ljubljane vidimo samo nekaj deset, čeprav se s prostim očesom lahko vidi 7000 zvezd. Na Gimnaziji Ljubljana Šentvid smo imeli astronomski krožek, kjer smo še leta 1980 z manjšim teleskopom videli večino najbolj svetlih astronomskih objektov. Današnja generacija tega ne vidi več. Ljubljana se ne more hvaliti, da je svetlobno onesnaženje dokaz velike prestolnice. Mesto Tucson v Arizoni ima 510.000 prebivalcev, dvakrat toliko kot Ljubljana. Mesto, izložbe, ceste in javne površine so v tem mestu osvetljene tako kot v vseh drugih velemestih, vendar se iz središča mesta vidi Rimska cesta. **Skrivnost je v uporabi zasenčenih svetilk in v zakonodaji, ki zmanjšuje svetlobno onesnaženje.**

Svetlobno onesnaževanje ruši človekov dnevni ritem. Za zdravo življenje je potrebna tako dnevna svetloba, kot tudi noč, počitek in tema. Motnje tega ritma povzročajo odtujenost od narave. Ta odtujenost od narave ima lahko pri državljanih ne samo estetske, ampak tudi psihološke posledice. Odtujenost od narave povečuje depresivnost, kar bi moralo skrbeti predvsem Slovence, saj smo prav na vrhu svetovne lestvice po številu samomorov. S samomori izgubimo 600 prebivalcev letno, dvakrat toliko kot je žrtev prometa.

2. Meritve osvetljenosti

Meritve osvetljenosti so bile napravljene v skladu s priporočili SDR za cestno razsvetljavo PR5/2 iz leta 2000. Uporabili smo digitalni merilnik osvetljenosti Minolta T-10. Merilnik sodi med bolj natančne prenosne merilnike. Svetlomer ima $V(\lambda)$ 8%, ločljivost je 0,01 lx. Naprava ima zelo linearen odziv, natančnost elektronike brez napake spektralne občutljivosti in korekcije kota je $\pm 2\%$ ± 1 znak. Ponovljivost je pri nizkih osvetljenostih v razredu 0,01 lx, pri višjih osvetljenostih je ta vrednost višja, vendar še vedno zelo majhna v primerjavi z drugimi napakami, vključno z napako vpliva odboja svetlobe od osebe, ki opravlja meritve. Zato lahko zaključimo, da so terenske meritve v tem prispevku napravljene z merilno negotovostjo $\pm 10\%$ ± 2 znaka. Vse meritve osvetljenosti niso podane z namenom, da bi diskutirali o relativno

majhnih napakah pri merjenju, temveč želimo podati globalno sliko problemov, ki so pogosto desetkratnik merilne negotovosti svetlomera. Svetlomer je bil kalibriran v letu 2005.

V zadnjem času slišimo, da je trend določanje kvalitete osvetljevanja javnih površin na osnovi meritev svetlosti. Merjenje svetlosti je veliko dražji način, ki je dostopen le redkim inštitucijam v Sloveniji. Če želimo urediti zunanje osvetljevanje glede na priporočila (žal novih v slovenščini še ni, stara so zastarela) je nujno, da ima čimveč projektantov kvaliteten, vendar še vedno cenovno dostopno merilno opremo. Merilnik osvetljenosti je enostavna in cenovno najbolj ugodna rešitev, zato priporočam, da se ga uporablja kjerkoli je to mogoče.²

3. Bleščanje

Bleščanje je smrtno nevarno. S tem bi se najbolj strinjali npr. vojaški piloti, saj je napad na sovražna letala ali druge objekte z soncem za seboj, zmagovita taktika. Na desetine tisočev ljudi je v drugi svetovni vojni izgubilo življenja, ker niso opazili ali videli napadalcev, ker jih je zaslepila svetloba Sonca.

V miru bleščanje povzroča manj žrtev, saj veljajo zelo stroga pravila glede kvalitete in zasenčenosti žarometov na vozilih. Razvoj avtomobilskih žarometov je že pred desetletji dosegel visoko stopnjo razvoja, ko izboljšave niso več možne, ali pa so samo malenkostne.

Pri zunanji razsvetljavi je drugače. Stroka se že dolgo zaveda problema bleščanja, vendar proizvajalci svetilk v preteklosti niso imeli tehnično in cenovno ugodnih rešitev. Zgodovinska posledica nekdanjega stanja tehnologije je, da ni bilo (in marsikje še vedno ni) na tem področju nobene zakonodaje. V zadnjem obdobju se bleščanju posveča več pozornosti. Svetilke, ki zmanjšajo bleščanje na minimum so popolnoma zasenčene svetilke (full cut-off ali FCO). Dandanes nudi industrija kakovostne, popolnoma zasenčene svetilke, ki zmanjšajo bleščanje in svetlobno onesnaževanje. Žal je le-teh v Sloveniji od vseh inštaliranih svetilk manj kot 3% (ocena na osnovi strukture prodaje največjega dobavitelja v Sloveniji, Siteca, 2005). Večina svetilk v Sloveniji je torej nezasenčenih in to je pglavitni razlog za bleščanje in svetlobno onesnaževanje.

² Merilnika svetlosti ne moremo nadomestiti z merilnikom osvetljenosti. Na področju cestne razsvetljave moramo po priporočilih CIE in tudi po evropskih standardih povsod kjer je znan položaj opazovalca, razsvetljavo načrtovati in preverjati na osnovi svetlosti (op. ur.)



Slika 2: Kroglasta svetilka v Kosezah v Ljubljani je bleščala v stanovanje, zato je stanovalec motečo polovico svetilke pobarval. Kroglaste svetilke večino energije pošljejo v nebo in s tem močno onesnažujejo okolje. V Sloveniji so vasi, občine, celo pokrajine samih nezasenčenih kroglastih svetilk. Takšne svetilke so ekološko potratne, saj svetijo v nebo namesto v tla, zato jih je potrebno z zakonom prepovedati.

3.1 Nova tehnologija omogoča izdelavo kakovostnih, popolnoma zasenčenih svetilk

Nekdaj je bila tehnično dobra rešitev nizkotlačna natrijeva sijalka (LPS). Problem te sijalke so njene velike fizične dimenzije. Ker je izvor svetlobe velik, zahteva veliko optiko in s tem postaja celotna svetilka prevelika. **Velik vir ni mogoče dobro usmeriti, zato svetilke z nizkotlačno natrijevo sijalko ne omogočajo dobro usmerjene svetlobe.** Visokotlačne natrijeve sijalke (HPS) so majhne, zato je lažje usmerjati njihovo svetlobo. Sodobni računalniški programi omogočajo računalniško generiranje optičnega sistema svetilke s čimer zagotovimo, da je svetloba iz takšne sijalke kar najbolj enakomerno usmerjena na površino cestišča. Majhen izvor svetlobe poceni svetilko. Pri svetilkah z manjšo sijalko je tehnično lažje izvedljivo popolno zasenčenje. Pri popolnoma zasenčeni svetilki gre vsa svetloba pod vodoravnico.

3.2 Zastarela priporočila CIE za razmerje navzgor oddane svetlobe

Razmerje navzgor oddane svetlobe ULR (Upward Light Output Ratio) določa, koliko odstotkov celotnega svetlobnega toka lahko svetilka odda nad vodoravnico. CIE iz leta 1997 priporoča (Schreuder, 2005), da je ta vrednost v mestih med 0 % in 25 % (cona E4), v predmestjih pa od 0 % do 15 % (cona E3). To priporočilo je zastarelo, saj temelji na nekdanji tehnologiji izdelave svetilk. Danes ni prav nobenega tehničnega, ekonomskega ali drugečnega

razloga, da bi svetlobo pošiljali nad vodoravnico v nebo. Industrija nudi dovolj široko izbiro svetilk, ki ne bleščijo, ne svetijo neposredno v vesolje in imajo ULR 0 %. Svetlobo potrebujemo na zemlji, zakaj bi jo nekoristno pošiljali v vesolje? Nenazadnje je zastarelo priporočilo CIE v nasprotju s Kjotskim protokolom, ki predvideva zmanjšanje emisij CO₂. Električni tok oz. svetlobna energija je pogosto iz fosilnih goriv, zato je pošiljanje svetlobe v vesolje ekološko škodljivo tudi s stališča emisij CO₂.

3.3 Priporočilo Dark Sky Association je 0 % emisija nad kotom 85°

Strokovna javnost in ekologi so v večini držav enotni, da ne potrebujemo svetlobe nad vodoravnico in da le-ta povzroča svetlobno onesnaženje. Zadnje raziskave so pokazale, da je problematična vsa svetloba nad kotom 85°, ker tudi ta povzroča bleščanje in svetlobno onesnaženje. Zato je priporočilo Dark Sky Association emisija 0% ULR nad 85°.

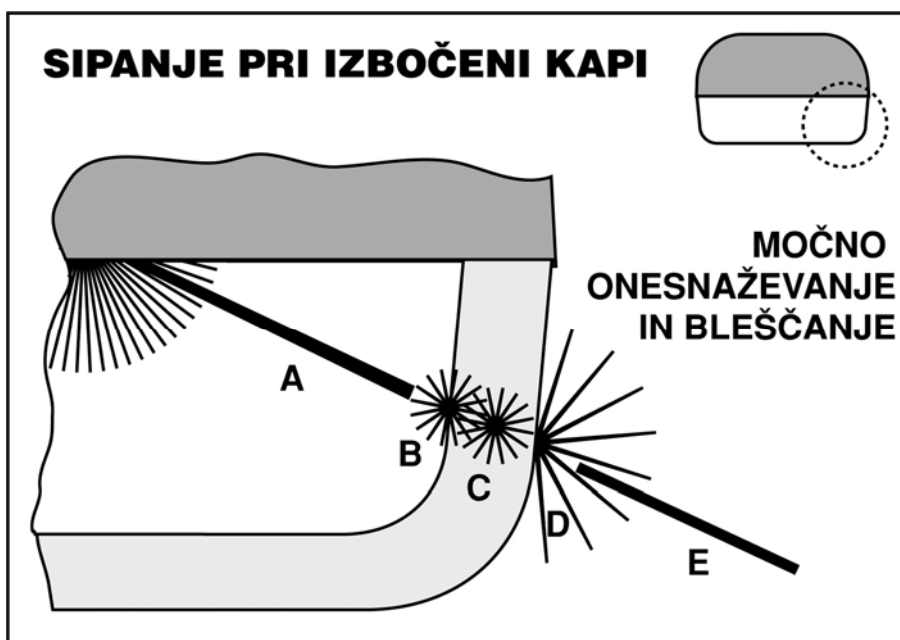
3.4 Svetilke z izbočeno kapo so vzrok za bleščanje in svetlobno onesnaževanje

Izbočene kape na slabih svetilkah so pogosto iz polimernih materialov (PMMA ali PC). Kape so močno izbočene, saj bi sicer močna sijalka stopila kapo.

Ko svetloba iz sijalke pade na notranjo površino kape, se del svetlobe razprši (del nazaj v svetilko, del pa ven v vse smeri, oznaka na sliki B), nekaj svetlobe se razprši v plastiki in temu pravimo volumsko sipanje (C). Pri izhodu žarka iz plastike prihaja do ponovne razpršitev na površini (D). Vsa sipana svetloba se sešteva, zato vsaka točka na kapi sveti sipano svetlobo v vse smeri. Rezultat tega je, da nove, zasenčene svetilke z izbočeno kapo (npr. Siteco CX) pošiljajo okoli 5 % energije nad vodoravnico. Sipana svetloba je razporejena na veliko večjem prostorskem kotu kot usmerjena svetloba svetilke, zato jo je v fotometričnem laboratoriju težko izmeriti (odboji od ne povsem črnih sten ovirajo merjenja).

Gostota svetlobnega toka sipane svetlobe je relativno majhna v primerjavi z usmerjeno svetlobo svetilke. Ker pa je prostorski kot sipane svetlobe zelo velik, predstavlja integrirana vrednost sipane svetlobe nad vodoravnico znaten delež izseva svetilke.

Svetilka z izbočeno kapo močno blešči in povzroča svetlobno onesnaženje. Pri starih svetilkah s plastično kapo le-ta zaradi UV žarkov porumeni, izpostavljenost vremenskim vplivom pa povzroči kemično in fotokemično degradacijo, razpoke in mikrorazpoke, površinsko razjedanje, izločevanje sestavin polimera, skratka, stara plastična kapa postane slabo prosojna in močno razpršuje svetlobo v vse smeri. Dodatni problem je umazanija na kapi, ki še intenzivneje razpršuje svetlobo v vse smeri. Takšna svetilka lahko razprši tudi 20% svetlobne energije nad vodoravnico.



Slika 3: Skica svetilke z izbočeno kapo (velja za Siteco CX 100 ali CX 200, ki so najbolj razširjene nove cestne svetilke v Sloveniji). Razpršitev svetlobe na zaščitni kapi povzroča bleščanja in svetlobno onesnaženje, saj seva nad vodoravnico.

Tabela 1: Oznake na skicah svetilk

	oznaka na skici
Vstopni svetlobni tok	A
Sipanje svetlobe ob vstopu v kapo	B
Prostorsko sipanje v materialu	C
Sipanje svetlobe ob izhodu iz kape	D
Izstopni svetlobni tok	E

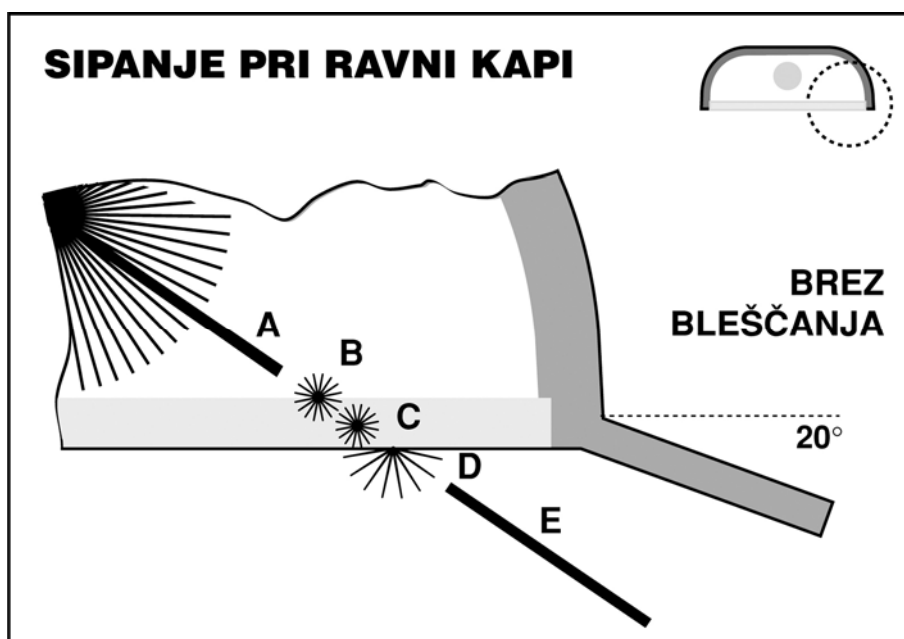
Predlog za priporočila CIE:

International Dark-Sky Association zahteva 0% emisijo svetilk nad kotom 85°. Ta zahteva je že bila podana organizaciji CIE. To ne velja za dekorativno razsvetljavo, za katero se predlaga majhno svetilnost.

3.5 Popolnoma zasenčena svetilka z ravnim steklom je PRAVA IZBIRA

Ravno steklo pod svetilko preprečuje sevanje svetilke nad vodoravnico, kar pomeni manj bleščanja. Manj bleščanja zagotavlja, da je vidno zaznavanje enako dobro tudi pri nižji osvetljenosti.

Svetilka ne sme imeti stekla najslabše svetlobne prepustnosti, steklo naj ima antirefleksijsko prevleko, kar zmanjša sipanje svetlobe pod 1%. Vsa sipana svetloba se na ravnem steklu odbije v različne smeri proti cestišču in ne razpršuje nad vodoravnico. Prednost svetilke z ravnim steklom je njena trajnost, saj je steklo bolj trajno kot plastični materiali, če pa se nabere umazanija, se vsa svetloba reflektira pod vodoravnico, torej vsaj približno tja, kjer svetlobo potrebujemo. Ko seštejemo vse trenutne prednosti stekla in dodamo prednost glede staranja svetilke, ugotovimo, da stara svetilka z ravnim steklom bolje osvetljuje cestišče in je nesporno boljša, kot stara svetilka s plastično kapo. Ob teh tehničnih pogojih lahko uporabimo enako število zasenčenih svetilk ali svetilk z izbočeno kapo za isto osvetljenost cestišča in udeležencev v prometu.



Slika 4: Svetilka z ravnim steklom pošilja vso sipano svetlobo pod vodoravnico, torej vsaj približno tja, kjer svetlobo potrebujemo. Takšna svetilka je ekološko neoporečna.



Slika 5: Če uporabimo popolnoma zasenčene svetilke, se nam blešči samo prva, morda še druga svetilka, vse naslednje svetilke se nam ne bleščijo. Brez bleščanja imamo lahko nižji nivo osvetljenosti, vendar kljub temu vidimo bolje. Primer dobre zasenčene razsvetljave v Stanežičah pri Ljubljani.

3.6 Zasenčena svetilka z rahlo izbočenim steklom potrebuje DODATNI ŠČITNIK

Proizvajalci svetilk so razvili zasenčene svetilke z rahlo izbočeno stekleno kapo. Prednost te svetilke je boljša prosojnost stekla, saj žarki padajo bolj pravokotno na površino stekla. Nesprejemljivost pa je njeno sevanje nad vodoravnico. Takšna svetilka potrebuje še dodatni zunanji ščitnik, da se zmanjša bleščanje in prepreči širjenje svetlobe nad vodoravnico. Takšna svetilka brez dodatnega ščitnika je še vedno sporna glede bleščanja in ekologije, saj sveti nad vodoravnico. Mehanska konstrukcija povsem zasenčene svetilke z rahlo izbočenim steklom in s ščitnikom (steklo je lahko nekoliko ugreznjeno v ohišje svetilke) ni posebno zahteven tehnološki podvig, zato je potrebno od proizvajalcev zahtevati, da nam ne poskušajo vsiliti kompromisov z svetilko, katere rahlo izbočena steklena kapa štrli iz ohišja, blešči in onesnažuje okolje.

3.7 Nagib sodobne, ekološko neoporečne svetilke mora biti 0°

Nagib svetilke povečuje bleščanje in svetlobno onesnaževanje. Stare, tehnološko zaostale svetilke so zahtevale določen nagib nad vodoravnico za pravilno osvetlitev površin. Nove svetilke nagiba ne potrebujejo, celo več, s pomikom optičnega sistema lahko ob inštalaciji usmerimo svetlobo in nekoliko »popravimo« delo projektanta razsvetljave.

Problem je, da je v Sloveniji večina novih cestnih svetilk tipa CX (Siteco), ki imajo fiksni nagib 7°. Če se montirajo na zid z standardnim nosilcem je ta nagib celo 10°. Siteco je sicer razvil novo optiko, ki omogoča nagib 0°, vendar to ne prispeva k zmanjšanju svetlobnega

onesnaževanja, saj je svetilka na vertikalnem kandelabru vedna nagnjena nad vodoravnico. Zato je potrebno od proizvajalca zahtevati, da spremeni tudi ohišje svetilke tako, da bo nagib svetilke 0° . Samo svetilke brez nagiba so ekološko neoporečne, ker je to pogoj, da svetilka ne sveti nad vodoravnico.



Slika 6: Svetilke Siteco CX z izbočeno kapo so ekološko sporne. V Sloveniji je večina starih kandelabrov s previsom in nagibom. Montaža novih, ne povsem zasenčenih svetilk (ali pa celo povsem zasenčenih), ki ne potrebujejo nagiba, na kandelabre z nagibom še dodatno povečuje bleščanje in svetlobno onesnaževanje. Te rešitve so najslabše in povsem nesprejemljive za okolje. Primer je z Dimičeve ulice v Ljubljani, žal pa tako na stare kandelabre montirajo vse svetilke po Sloveniji..



Slika 7: Slabo zasenčene svetilke CX z izbočeno kapo na Jamovi cesti v Ljubljani. Svetilke bleščijo, kar zmanjšuje vidno zaznavanje. Jamova cesta je primer nove, pretirane razsvetljave, saj je osvetljenost $E_v = 90 \text{ lx}$, $E_h = 30 \text{ lx} - 60 \text{ lx}$. Svetilka na kandelabru s previsom bi bila boljša rešitev, saj bi preprečili senco pod drevesi na kolesarski stezi, kjer je $E_h 2 \text{ lx}$. Jamova cesta je preosvetljena, razsvetljava je tako močna, da ni razlike, če imamo na avtomobilu prižgane ali ugasnjene luči.

4. Bleščanje reklamnih panojev

Osvetljeni reklamni panoji se po Sloveniji pojavljajo kot gobe po dežju. Odsotnost kakršnekoli regulative na tem področju in relativno nizka cena električne energije omogočajo podjetjem, da nenadzorovano osvetlujejo panoje tudi z 10 krat večjo osvetljenostjo, kot bi bilo potrebno za vidnost reklamnih sporočil. V Kosezah v Ljubljani so panoji z osvetljenostjo nad 700 lx oddaljeni samo 5 m od prehoda za pešce. Prehod za pešce je dobro osvetljen, kar bi zadostovalo za varnost pešcev. Preosvetljen pano pritegne poglede voznikov in zmanjša pozornost na dogajanje na cestišču. Bleščijo tako reflektorji, kot tudi več deset kvadratnih metrov velika osvetljena površina. To je absurd, ki kliče po takojšnjem sprejemu Uredbe proti svetlobnem onesnaževanju. Varnost udeležencev v prometu mora imeti prednost pred reklamiranjem!



Slika 8: Koseze v Ljubljani. Preosvetljeni panoji zaslepijo voznike, preusmerjajo pozornost in ogrožajo varnost pešcev in kolesarjev.



Slika 9: To ni več »jumbo« pano, to je svetlobno strašilo ob avtocesti. Več ton težka kovinska konstrukcija, velikosti 15 m x 6 m, dvignjena 3 m nad zemljo. Pano na posnetku je ob prometni tabli na avtocesti Trojane-Ljubljana blizu izvoza Krtina. Prometne table vozniki ne opazijo, saj svetlobno strašilo tako blešči, da zaslepi voznike. Osvetljenost panojev je 800 lx. Reflektorji onesnažujejo okolje več kilometrov daleč. To je nazoren primer izigravanja prepovedi reklamiranja ob avtocesti. Če ni dovoljen majhen napis ob avtocesti, se napravi desetkrat večjega, ki ji nekoliko bolj stran! Bo naslednji korak ta, da posekamo gozd ob avtocesti in pobočje prebarvamo v reklamne napise ter vse osvetlimo? Ali želimo živeti v takem okolju? Čemu čakamo z Uredbo o zmanjšanju svetlobnega onesnaževanja?

5. Bleščanje v stanovanjih

V stanovanjih v središčih mest in v predmestjih iz povsem tehničnih razlogov ni mogoče zahtevati, da se zagotovi popolna tema.

Tabela 1: Priporočila za omejevanje vsiljenje svetlobe zaradi razsvetljevanja športnih objektov in splošna zunanja razsvetljava vključno z razsvetljavo površin (Schreuder, 2002).

Cona-okolje	E1-naravno	E2-podeželsko	E3-primestno	E4-mestno
Osvetljenost (lx)				
zvečer	2	5	10	25
ponoči	1	1	2	4

Navedena priporočila so pretirana. Na Astronomskem observatoriju Črni Vrh se lahko obiskovalec po nekaj minutni prilagoditvi očesa brez težav giblje po observatoriju v »popolni temi«, ko je osvetljenost sivih tal na observatoriju manjša od 0,01 lx (ni merljivo z našim merilnikom osvetljenosti). V stanovanju je dovolj 0,1 lx vsiljene svetlobe, da lahko ponoči hodimo in vidimo vse ovire brez prižgane dodatne notranje razsvetljave. Pri 0,2 lx človek srednjih let brez težav prepozna barve. Na zunanjih površinah v mestih brez bleščanja zadostuje 1 lx za udobno hojo v stanovanjskih soseskah. Na prehodih za pešce v stanovanjskih področjih je po priporočilih CIE minimalna osvetljenost E_h 3 lx. V gosto naseljeni stanovanjski soseski, kjer so stanovanja podobna (enako velike steklene površine) smo statistično ocenili, da stanovalci izklopijo notranjo razsvetljavo, ko zjutraj v stanovanju naraste osvetljenost na E_h 5 lx (test z referenčnim stanovanjem in istočasnim opazovanjem stanovanj iz zunanosti). Zanimivo je, da se navzlic priporočilom o visoki osvetljenosti mestnih središč občani najraje zadržujejo na področjih, kjer je osvetljenost E_h pod 3 lx, nočejo pa se zadrževati na bolj osvetljenih področjih (merjeno v središču Ljubljane ob Ljubljani).

V skladu s temi praktičnimi izkušnjami je priporočilo za najvišjo osvetljenost 25 lx na steni stanovanja hudo pretirano. Pri dovolj velikih oknih v takšnem primeru ne bi bilo potrebno prižgati luči v stanovanju. Ni prav nobene potrebe, da bi za vsiljeno svetlobo v stanovanjih dovolili 1000 krat višjo osvetljenost, kot je minimum za razpoznavanje barv. Poleg tega lahko dosežemo osvetljenost 25 lx na steni samo ob osvetljevanju z reflektorji neposredno v stanovanje ali z zelo napačno nameščeno svetilko (tik ob stanovanju). To je seveda absurd. Predlagatelji tega priporočila niso upoštevali, da največja motnja ne prihaja zaradi povprečne osvetljenosti, ampak zaradi bleščanja svetilk, kar potrjuje moja lastna izkušnja:

V Kosezah na ulici Bratov Učakar smo do nedavnega imeli ekološko sporne kroglaste svetilke, ki so brez potrebe osvetljevale vse stene blokov in seveda svetile navzgor. Letos so jih delno nadomestili z energijsko učinkovitimi slabo zasenčenimi svetilkami tipa Altra (36W), ki so premočne za mirno stanovanjsko sosesko v kateri zaradi velike gostote stanovalcev ni bilo nikoli nevarnosti kriminala med bloki.



Slika 10: Nove, slabo zasenčene svetilke v Kosezah povzročajo na steni našega stanovanja osvetljenost 1 lx. To bi bilo po mednarodnih priporočilih veliko pod mejno vrednostjo 25 lx oz. 4 lx ponoči. Vendar je motnja zaradi vsiljene svetlobe neznosna. Svetilka, oddaljena 15 m ni zasenčena. Zato v spalnici nikakor ni mogoče obrniti glave proti oknu. Bleščanje ni moteče samo psihološko, ampak je prav fizična motnja, saj se ponoči ob pogledu na svetilko pojavijo žarki svetlobe preko vsega vidnega polja. Imamo odličen vid in nobenih problemov, zato se sprašujem, kako mora biti bleščeča, vsiljena svetloba problematična za starejše ljudi, ki slabo vidijo



Slika 11: V letu 2005 nameščene svetilke v Kosezah bleščijo in so premočne ($E_v = 7 \text{ lx} - 25 \text{ lx}$). Svetilke bleščijo, saj so le delno zasenčene. Pešec je zaslepljen, ker je ob hoji pod svetilko v višini oči osvetljenost 40 lx. V večini manjših ulic po Sloveniji so samo nezasenčene ali delno zasenčene svetilke. Ljudje verjetno sploh ne vedo, da obstajajo boljše rešitve.

Predlog za priporočila CIE:

Iz stanovanja ne sme biti viden izvor svetila. Zahteva se zasenčena svetloba, ki ne povzroča bleščanja. Zmanjšati je potrebno najvišje nivoje osvetljenosti, ki padajo na steno fasade v višini stanovanja.

6. Z bleščanjem imajo še posebej velike probleme stari ljudje – nanje pozabljamo

Prebivalstvo v Sloveniji se stara, že sedaj je več kot 25% ljudi starih nad 55 let. Delež starejših se bo še povečeval. Starejši ljudje imajo težave z vidom, saj postaja njihova očesna leča motna in slabo prosojna. Tipični starostni problem je katarakta ali siva mrena, seveda pa starejše pestijo tudi druge težave z vidom. Težko si predstavljamo, kako vidijo starejši ljudje. Motna leča razprši žarke, zato je bleščanje za stare ljudi zelo moteče. Svetloba se iz enega ali več točkastih objektov (slabo zasenčene svetilke) razprši v očesni leči. Sipanje svetlobe v očesu je bolj intenzivno kot pri mladi osebi, zato imajo starejši ljudje neznosne težave z bleščanjem.

Po Holladayu je stopnja zaslepitve označena z vrednostjo zaslepljujoče ekvivalentne svetlosti (L_v). Ta je odvisna od naslednjih parametrov:

$$L_v = f(E_B, \Theta, k_S)$$

E_B	osvetljenost na očesu voznika, ki jo bleščeči svetlobni vir povzroči v ravnini, pravokotni na smer gledanja:
Θ	kot med smerjo gledanja in središčem bleščečega svetlobnega objekta (optičnim centrom svetilke)
k_S	konstanta starosti voznika

Tabela 2: Starost in konstanta starosti voznika

Starost voznika	20	30	40	50	60
k_S	6,3	9,2	12,1	15,0	17,8

Pri vrednotenju ekvivalentne zaslepljujoče vrednosti v praksi računamo z vrednostjo $k_S = 10$ (Elektrokovina, Svetlobnotehnični priročnik, 1978). Iz konstante starosti voznika 10 lahko sklepamo, da je bila v letu 1978 privzeta povprečna starost voznika 33 let. To je bila verjetno ustrezna ocena za obdobje 70. let, ko so bili vozniki predvsem mlajši ljudje, starejši voznikov je bilo dosti manj, zelo starih pa skoraj nič. Z staranjem prebivalstva bi morali sedaj korenito povečati povprečno starost voznikov oz. stopnjo bleščanja prilagoditi voznikom, ki so stari 60 let ali več. Konstanto starosti voznika bi bilo potrebno skoraj podvojiti (iz 10 na 17,8), kar pomeni, da se podvoji pomembnost bleščanja. **Skrb za dobro vidno zaznavanje pri starejših ljudeh je še dodatni razlog za zmanjšanje bleščanja in uzakonitev uporabe zasenčenih svetilk.**

7. Pretiravanje z razsvetljavo

V Sloveniji srečamo tudi področja in vasi, kjer je javna razsvetljava močno predimenzionirana. Primer je vas Zbure blizu Šmarjeških toplic. V vasi Zbure je 48

najmočnejših svetilk Siteco CX 200, čeprav so Zbure zelo majhna vas, ki ima samo 36 hišnih števil in 86 prebivalcev (Dolenjšek, 2005). Meritve osvetljenosti kažejo, da uporabljajo sijalke z svetlobnim tokom 50.000 lumnov. Napravimo približen izračun in dobimo svetlobni tok 28.000 lumnov na prebivalca. Svetovno povprečje je 850 lumnov na prebivalca (Schreuder, Svetlobna tehnika 2002). V vasi Zbure imajo 3300 % večji svetlobni tok v primerjavi z svetovnim povprečjem. Na prebivalca porabijo skoraj 100 evrov električnega toka za razsvetljavo (če računamo z evropsko ceno 0,1 evra / kWh). Na vsako hišo v Zburah je poraba energije za razsvetljavo preko 230 evrov. Če bi vsi prebivalci Slovenije imeli enako razsvetljavo, bi Slovenija za električno energijo za javno razsvetljavo porabila ogromno vsoto – približno 200 milijonov evrov letno.



Slika 12: Vas Zbure je ena najbolj svetlobno onesnaženih vasi v Sloveniji. Vertikalna osvetljenost je na cesti do 100 lx, v križišču celo 150 lx.



Slika 13: V vasi Zbure je svetlobno onesnaženje tako veliko, da je mogoče sredi travnika, ki je 150 m oddaljen od osvetljene ceste, brati časopis in razpoznavati barve (osvetljenost E_h 0,2 lx).³



Slika 14: Nova tovarna v vasi Prečna pri Novem Mestu. Asimetrični reflektorji so uporabljeni napačno, nagnjeni so nad vodoravnico in svetijo v vse smeri neba ter močno onesnažujejo celotno Dolenjsko in velik del Slovenije. Na parkirišču je $E_h = 80 \text{ lx} - 100 \text{ lx}$, kar je močno pretirano. Svetloba s parkirišča se vidi 10 km daleč in omogoča iskanje tovarne na osnovi svetlobnega sija nad tovarno. Na posnetku je prikazan samo majhen del ogromnega, izjemno bleščečega kompleksa razsvetljave. Česa podobnega nisem videl nikjer v Evropi.

³ Avtor bi moral v tem primeru izmeriti vertikalno osvetljenost (op. ur.)

8. Zaključek

Bleščanje v javni razsvetljavi je problem, ki zahteva več pozornosti, še posebej v času staranja prebivalstva. Bleščanje je mogoče skoraj v celoti odpraviti z uporabo kakovostnih, popolnoma zasenčenih svetilk. Zmanjšanje bleščanja nam omogoča, da izboljšamo vidno zaznavanje tudi pri nižjih nivojih osvetljenosti. Pri projektiranju razsvetljave je potrebno uporabiti popolnoma zasenčene svetilke z ravnim steklom ali z rahlo izbočenim steklom z dodatnim ščitnikom. Svetila ne smejo imeti nagiba nad vodoravnico. Mednarodna skupnost pričakuje, da se določi najvišje stopnje osvetljenosti za posamezna področja. Od vlade, strokovnjakov za razsvetljavo in naravovarstvenikov se pričakuje intenzivno sodelovanje pri zmanjšanju svetlobnega onesnaževanja. V zadnjih letih se je v Slovenije pojavilo ogromno problemov glede svetlobnega onesnaževanja, ki bodejo v oči ne samo ekološke, ampak tudi strokovnjake za razsvetljavo, zato je nujno sprejetje ustrezne zakonodaje za zmanjšanje svetlobnega onesnaževanja.

LITERATURA in VIRI:

1. Elektrokovina, (1978). Svetlobnotehnični priročnik.
2. Slovensko društvo za razsvetljavo, (2000). Priporočila SDR – Cestna razsvetljava PR 5/2.
3. Siteco, (2005), Katalog 2005.
4. Državni zbor RS, (marec 2003). Svetlobno onesnaženje, Javna predstavitev mnenj – ponatis.
5. International Dark-Sky Association, (2005), spletna stran: www.darksky.org.
6. Naumann, Schroeder, (1987), Bauelemente der Optik.
7. Schreuder, D.A., (2002), Svetlobna tehnika, december 2002.
8. Dolenjšek Jožica, (2005), Zbure, osebna komunikacija.
9. Kohei Narisada, Schreuder Duco, Light Pollution Handbook.
10. Mizon Bob, (2002), Light Pollution: Responses and Remedies.
11. Pas Friedel, (2005), The 5th European Symposium for Protection of The Night Sky, Genk, Belgija.
12. Mikuž Herman, Zwitter Tomaž, (2005), Širjenje umetne svetlobe v atmosferi in vpliv na svetlobno onesnaženje nočnega neba s primeri iz Slovenije.

Avtorjev naslov:

Andrej Mohar

Euromix d.o.o.

Tehnološki park Ljubljana

Teslova 30, SI-1000 Ljubljana

Tel: 01 / 477 66 43

Fax: 01 / 426 45 86

Elektronski naslov: andrej.mohar@tp-lj.si

Marko Bizjak

CESTNA RAZSVETLJAVA – PREGLED NEKATERIH POMEMBNEJŠIH RAZISKAV IN SPOZNANJ TER IZZIVI ZA PRIHODNOST

Povzetek

Razvoj javne razsvetljave je sorazmerno novejšega datuma. V prispevku je kratek zgodovinski pregled v katerem želimo še enkrat povzeti vzroke za nastanek javne razsvetljave in pregled pomembnejših raziskav s področja cestne razsvetljave. Omenjene raziskave imajo velik vpliv na zasnovo naprav za javno razsvetljavo teko v zgodovinskem smislu kot glede usmeritev za prihodnost.

Abstract

Research and development in the field of public lighting is from historical point of view relatively young. In the paper some historical facts are given, mainly to stress again the reason for the beginning of public lighting. Further on, some basic research work and gained experience from the past is described to explain reasons for particular solutions.

1. UVOD

Prispevek je namenjen predstavitvi nekaterih osnovnih spoznanj in raziskav na področju cestne oz. zunanje razsvetljave. Nekatere zakonitosti veljajo še danes, nekaj pa jih upoštevamo le delno, saj se v času hitrega in stalnega spreminjanja spoznanja nenehno dopolnjujejo.

Kratek zgodovinski pregled je namenjen spoznanju, da je nastanku zunanje razsvetljave botrovala potreba, predvsem potreba po osebni varnosti in varnosti premoženja. Zgodovinsko je bila razsvetljava tudi povsod povezana z radostjo, praznovanjem in velikimi dogodki.

2. KRATEK ZGODOVINSKI PREGLED RAZVOJA CESTNE RAZSVETLJAVE

V primerjavi z zgodovino človeštva je zgodovina razvoja zunanje razsvetljave zelo kratka.

V starodavne kulture kot sta grška in rimska se lahko pohvalijo z izjemnimi dosežki na področju gradbeništva, arhitekture in drugih znanosti.

A starodavni Rim se je vsak večer ovil v temo in le redki so bili, ki so si ponoči upali iz domovanj.

Iz ohranjenih zapiskov (npr. Juvenalk) je razvidno, da je bil tedanji Rim v nočnem času nevarnejši od živalskega pragozda.

Nočne straže so sicer patrolirale po mestu in sužnji so spremljali premožneže, ki so potovali ponoči, a velika večina ljudi je v času mraka in noči ostajala za varnimi zapahi.

Presenetljivo je, od rimskih časov do srednjega veka na področju zunanje razsvetljave ni bilo večjega napredka.

V zapiskih iz 4. stoletja je omenjena razsvetljava križišč v Jeruzalemu z velikimi grmadami, vendar le za časa praznovanja.

Prvi natančnejši podatki o uvedbi cestna razsvetljave razpoložljivi iz 15. stoletja, ko sta razsvetljavo uvedli mesti Pariz in London.

Zanimivo je, da sta vzroka za uvedbo razsvetljave med seboj popolnoma različna.

V Parizu je bil vzrok za uvedbo cestne razsvetljave, da je absolutistični vladar želel nadzor nad množicami tudi v nočnem času. Leta 1461 je kralj Luis XI izdal odredbo, ki nalaga meščanom dolžnost, da v oknih hiš obesijo laterne. V naslednjem stoletju je mestna oblast uzakonila obvezo, da so v mesecih november, december in januar na vsaki hiši po 6. uri zvečer obesili laterno, ki je zagotavljala vsaj minimalno cestno razsvetljavo.

Kljub tej razsvetljavi so bile tedanje ulice Pariza izredno nevarne. Satirik Boileau je npr. zapisal, da je najtemnejši in najbolj odmaknjen gozd v primerjavi s Parizom v nočnem času najbolj varno mesto na svetu.

Oblasti so razsvetljavo uporabljale kot sredstvo za zagotavljanje reda in miru in 1667 je zabeležena prva centralno organizirana javna razsvetljava. Laterne so bile postavljene na cestah in ne na oknih hiš, za delovaje so morali skrbeti meščani pod nadzorom policije, kar malo šaljivo omenjajo kot prvo javno službo.

Množico privatnih latern je zamenjal tipiziran izdelek in leta 1700 je bilo v Parizu že več kot 5000 latern.

V Parizu 19. stoletja se je razsvetljava, čeprav skromna, pokazala kot izredno sredstvo za nadzor in je bila financirana iz policijskih sredstev, predstavljala pa je kar 15 % stroškov namenjenih za delovanje policije.

Ker je bila razsvetljava namenjena za nadzor prebivalstva, je ljudstvo laterne in cestno razsvetljavo miselno povezovalo z osovraženim režimom in po revoluciji 1789 je bilo uničevanje latern zelo priljubljeno kot način dokazovanja odpora proti režimu.

V Londonu se je cestna razsvetljava razvijala v enakem časovnem obdobju kot v Parizu, vendar iz razlogov zagotavljanja varnosti. Cestna razsvetljava ni bila sredstvo vladajočih za nadzor prebivalstva, pač pa sredstvo za zagotavljanje varnosti, zato je bila med ljudstvom tudi znatno bolj sprejeta.

Odlok je nalagal gospodinjstvom izobešanje latern sprva ob božiču in zimskih praznikih, od leta 1415 pa je bilo izobešanje obvezno za vsa premožnejša gospodinjstva v zimskem času.

Izjema so bile svetle noči z mesečino, ko izobešaje latern ni bilo potrebno. Do neke mere nam to tudi priča o kvaliteti tedanje razsvetljave.

Ker je bilo merilo premožnosti postavljeno precej visoko, so zakon hitro začeli izigravati,, kar je z izjemami trajalo naslednjih 300 let. V 17. stoletju je obveznost prižiganja luči prevzelo mesto.

Leta 1680 so bile uvedene nove oljne svetilke s konveksnimi lečami, ki so glede na predhodne rešitve predstavljale izreden napredek. Družba , ki je svetilke izdelovala je prevzela tudi vzdrževanje in to so bili prvi zametki javne razsvetljave.

V Ljubljani so osamljene oljne luči zasvetile leta 1751, leta 1797 pa so naročili okoli 200 zvončastih latern in prižiganje oddali v zakup.

Ljubljana je do leta 1861 poznala le oljne svetilke, ki so jih 1864 zamenjali z zanesljivejšim petrolejem, vzporedno pa so jih že dopolnjevale in zamenjevale plinske svetilke.

Kakovost razsvetljave oljnih svetilk:

V poletnem času in v času polne lune tako v Londonu kot v Parizu cestna razsvetljava ni bila zahtevana, kar lahko priča o nivojih in kvaliteti razsvetljave, ki so jo tedanje laterne zagotavljale. Funkcija razsvetljave je bila bolj orientacijska, in je le do neke mere zagotavljala osebno varnost.

Za lokalno razsvetljavo so v obeh mestih še vedno uporabljali tekače z baklami, In tudi tu je bila razlika. Medtem ko so bili tekači v Parizu več ali manj povezani s policijo, so bili v Londonu del kriminalne združbe.

Plinska razsvetljava

Uvedba plinskih svetilk je povsod v Evropi pomenila velik napredek na področju cestne razsvetljave.

V Londonu je plinsko razsvetljavo uvedel Winsor leta 1805, leta 1823 pa je bilo v Londonu že 39 000 plinskih svetilk, ki so razsvetljevale 345km cest.

Glede na tedanje zapiske je bilo pred uvedbo razsvetljave komaj mogoče razlikovati čuvaja od tatu.

V Parizu je uvedba plinske razsvetljave nekoliko kasnila (večina svetilk je bila instalirana med leti 1830 in 1848.

Ljubljana je do leta 1861 poznala le oljne svetilke, ki so jih 1864 zamenjali z zanesljivejšim petrolejem, leta 1860 pa je podjetnik August Riedinger iz Augsburga ponudil mestu dobavo svetilnega plina.

Plinarna je bila na Resljevi, blizu železniške postaje, plinske svetilke pa so omogočile prvo centralno krmiljeno cestno razsvetljavo.

Novembra 1892 je bilo v mestu 375 plinskih luči, ob mestnih poslopih še 116 in v predmestjih 176 svetilk.

Prebivalstvo je razsvetljavo v mestu sprejelo z velikim odobravanjem, saj so prošnje za novo razsvetljavo kar deževale.

Mestne oblasti so se instalaciji razsvetljave in posledično visokim računom plinarne (svetilka je porabila 120l plina/uro) deloma upirale s pojačanimi policijskimi patrolami.

Električna razsvetljava

Električna razsvetljava se je sprva pojavila v obliki obločnic, ki so s stališča svetlobe predstavljale v primerjavi s plinskimi svetilkami znaten napredek.

Zaradi bleščanja so svetilke z obločnicami pomikali vse višje in logična posledica je bila, da so prišli na idejo razsvetliti celo mesto z nekaj stolpi, na katerih bi bile nameščene obločnice.

Edino mesto s tako vrsto razsvetljave je bil Detroit, kjer so l. 1880 namestili 122 stolpov višine 50m z nameščenimi obločnicami.

To razsvetljavo so imenovali tudi »razsvetljava za reveže«, saj ni bilo mogoče omejiti razsvetljave le na del, kjer so prebivali bogati.

Razsvetljavo na stolpu bi skoraj dobil tudi Pariz, saj so pred svetovno razstavo 1889 obstajali resni predlogi, naj bi namesto Eifflovega stolpa zgradili 360m visok stolp – svetilnik, ki naj bi razsvetljeval celo mesto.

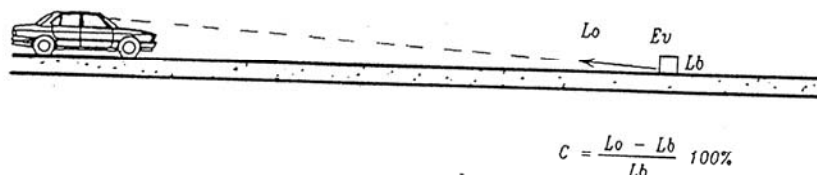
3. POMEMBNEJŠE RAZISKAVE V ZUNANJI RAZSVETLJAVI V 20. STOLETJU: IN DEJAVNIKI, KI LAHKO VPLIVAJO NA ZASNOVO RAZSVETLJAVE

Za 20. stoletje je značilen hiter razvoj motornega prometa, zato je bila večina raziskav usmerjena v zagotavljanje ustreznih vidnih pogojev za varno vožnjo.

3.1 Raziskave o vplivu kvalitete razsvetljave na vidnost ovir (waldram, 1920 -)

V tem času je bil razvoj motornega prometa še v povojih, cestna razsvetljava je bila v veliki meri izvedena še s plinskimi svetilkami. Na osnovi raziskav je Waldram definiral »koncept silhuete« v cestni razsvetljavi, to pa pomeni, da je večina ovir vidna na cestni

površini na principu silhuete kot temen predmet na svetli podlagi. Rezultati teh raziskav so še danes podlaga za t.i. koncept svetlosti, ki je osnova za zasnovo cestne razsvetljave.

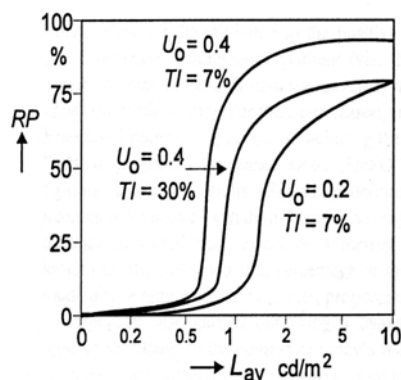


Slika 1: Koncept zaznavanja ovire

Te raziskave so bile tudi osnova za prva CIE priporočila za cestno razsvetljava (1965). S problemom vidnosti ovire so se ukvarjali tudi de Beur (statično), Economopulos in drugi.

1979 je van Bommel uporabil originalni Waldramov koncept za nadaljnje raziskave v smislu kako različni svetlobnotehnični parametri vplivajo na sposobnost vidnega zaznavanja.

Rezultati obširnih raziskav so deloma razvidni iz slike 2.



Slika 2: Sposobnost zaznavanja (Revealing Power - RP) v odvisnosti od svetlobnotehničnih parametrov

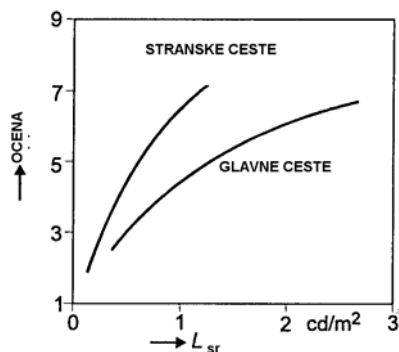
Iz diagrama lepo vidimo, da je za zaznavanje malih predmetov pomembno področje svetlosti med 1 do 2 cd/m^2 , splošna enakomernost 0,4 in TI med 10 in 15%.

V šestdesetih letih je bil promet redek in sposobnost zaznavanja male ovire je bila ključnega pomena za vožnjo. Danes je promet znatno bolj gost in zaradi predhodnega vozila ovire na cesti ni mogoče videti, zato imajo rezultati te raziskave manjši pomen.

3.2 Raziskovanje dejavnikov, ki vplivajo na vidno udobje

V petdesetih in šestdesetih letih je de Boer koncept vidnosti še dodatno raziskoval glede na vidno udobje. Velika večina poskusov je bila izvedena v realnosti na dejanskih cestah.

Del rezultatov je prikazan v diagramu:



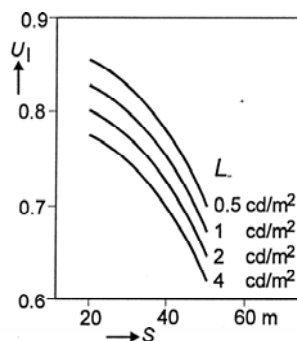
Slika 3: Ocena ustreznosti povprečne svetlosti za posamezne kategorije cest (1-slabo, 5 – dobro)

Leta 1977 so bili rezultati teh raziskav uporabljeni pri pripravi CIE publikacije CIE 12.2. Recommendations for road lighting

V zgodnjih 70. letih je Walthert raziskoval vpliv razmika in višine svetlobnih mest na vidno udobje. Rezultati njegovih raziskav niso bili upoštevani v nobenem standardu oz. priporočilih, ker je bila v tedanjem času višina drogov več ali manj enaka in standardizirana.

Danes se iz raznih razlogov višine drogov na različnih cestah med seboj zelo razlikujejo in bi morda kazalo izsledke tedanjih raziskav spet potegniti iz predala.

Rezultati Walthertove raziskave so deloma razvidni iz diagrama.



Slika 4: Potrebna vzdolžna enakomernost svetlosti glede na medsebojno razdaljo drogov

- z naraščajočo razdaljo med svetlobnimi mesti je za doseganje enakega vidnega učinka dopustna nižja vrednost vzdolžne enakomernosti svetlosti
- nižje povprečne svetlosti vozišča zahtevajo boljšo vzdolžno enakomernost svetlosti.

3.3 Analiza prometnih nezgod

Analiza prometnih nezgod v povezavi z razsvetljavo je bila vedno predmet zanimanja raziskovalcev, vendar nikoli ni igrala pomembna vloge pri določanju standardov za razsvetljava, ampak bolj kot merilo ali osvetliti določene cestne površine ali ne.

Podrobna raziskovalna prizadevanja na vodenih znanstvenih ustanovah, ki se raztezajo čez več desetletij, so brez dvoma ugotovila, da cestna razsvetljava pozitivno vpliva na zmanjšanje števila prometnih nesreč na cestah. Rezultate raziskav so zbrale tako mednarodne organizacije, kot npr. CIE (1968; 1992) in OECD (1972, 1980), kot tudi nacionalne ustanove v Avstraliji (Fisher, 1973); Belgiji (De Clercq, 1985, 1985a), Nemčiji (Lamm et al., 1985; Pfundt, 1986), na Nizozemskem (Schreuder, 1983; 1985; 1988; 1990; 1992; 1993; 1998; Schreuder et al., 1991; Vis, 1994), Veliki Britaniji (Scott, 1980) in tudi večih drugih državah. V novejšem času je bilo vse razpoložljivo gradivo ponovno ovrednoteno ob uporabi pristopa z omrežno analizo, ki je dala enake rezultate (Elvik, 1995).

Rezultate lahko povzamemo, kot sledi:

- Na večjih mestnih tranzitnih cestah se je število žrtev v nočnem času zaradi dobre cestne razsvetljave zmanjšalo za približno 30 %. Podobni učinki so bili ugotovljeni tudi na glavnih cestah in avtocestah na podeželju.
- Zviševanje nivoja razsvetljave zmanjšuje tveganje nesreč. V območju ustrezne cestne razsvetljave vodi podvojitve svetlosti cestne površine k zmanjšanju tveganja v nočnem času (razmerje nesreč ponoči / podnevi) za približno 13 %.

Analize prometnih nezgod na zahteve za razsvetljava navadno ne vplivajo, igrajo pa pomembno vlogo pri odločitvah ali določeno prometnico osvetliti ali ne.

3.4 Analiza nalog pri nočni vožnji povezanih z vidnim zaznavanjem (1970-dalje)

Z naraščajočo gostoto prometa so naloge voznika povezane z vidnim zaznavanjem postale znatno bolj kompleksne. Odločitve voznika so odvisne od interpretacije vidnih informacij, ki vključujejo informacije o poteku ceste, dogajanjih v okolici, povezavi s prometno signalizacijo, gibanju ostalih vozil v prometu ipd.

Povzetek poskusov in raziskav je zbran v CIE publikaciji CIE 100 Fundamentals of the visual task of night driving (1992).

3.5 Vidnost malih ovir – indeks vidnosti

Posledično oz vzporedno z analizo vidnih nalog pri nočni vožnji je povezana tudi sposobnost zaznavanja malih ovir, oziroma določitev najvišjega praga vidnosti ovire.

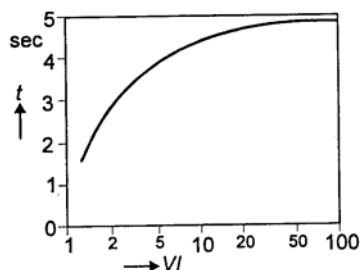
Gallagher je leta 1975 definiral indeks vidnosti (VI – Visibility Index), ki ga lahko izračunamo s pomočjo fotometričnih podatkov razsvetljave.

Koncept upošteva:

- nivo adaptacije voznikovega očesa
- velikost in obliko predmeta (ovire)
- čas opazovanja
- kontrast med objektom in ozadjem
- kontrast med deli objekta

Glede vidnih sposobnosti je upoštevan voznik starosti 60let, kar odraža splošno staranje vozniške populacije in potrebo po mobilnosti.

Gallagher je meril čas do ovire (time to target) v trenutku voznikove reakcije.



Slika 5: »čas do ovire« v odvisnosti od indeksa vidnosti

Na področju koncepta STV (Small Target Visibility) je bilo predvsem v severni Ameriki veliko raziskav.

Merilo *VL* – Visibility Level je danes dodatni koncept upoštevan v priporočilih za cestno razsvetljavo IESNA. *VL* je razmerje med pragom vidnosti za določeno oviro in dejansko vidnostjo ovire.

Pomanjkljivost tega pristopa je, da je določen predmet pri obravnavani konfiguraciji naprav za razsvetljavo lahko dobro viden, predmet z drugačnimi lastnostmi pa ne.

Koncept tudi povsem zanemara vidno udobje

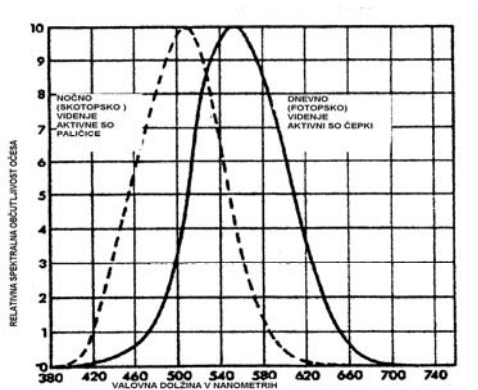
3.6 Vpliv spektra sijalk na vidno zaznavanje

Najpomembnejše odkritje na področju zunanje razsvetljave v prejšnjem desetletju je spoznanje kako svetlobni spekter sijalk vpliva na sposobnost vidnega zaznavanja v področju mezopskega videnja.

Premik spektralne občutljivosti očesa v področju skotopskega in mezopskega videnja je poznan že dolgo časa (CIE krivulja $V'(\lambda)$ datira v leto 1951), na področje cestne razsvetljave pa se spoznanja intenzivneje prenašajo šele od konca devetdesetih let.

Problem oz. bolje rečeno priložnost je v neustrezni mednarodni definiciji lumna.

CIE krivulja spektralne občutljivosti $V(\lambda)$ temelji na vidnem kotu 2 stopinji, ki zajema manjši del našega vidnega področja.



Slika 6: Spektralna občutljivost očesa v dnevnem času in v nočnem času

Ponoči, torej v področju nizke osvetljenosti (področju skotopskega videnja) se krivulja premakne v levo z največjo občutljivostjo v področju modre svetlobe

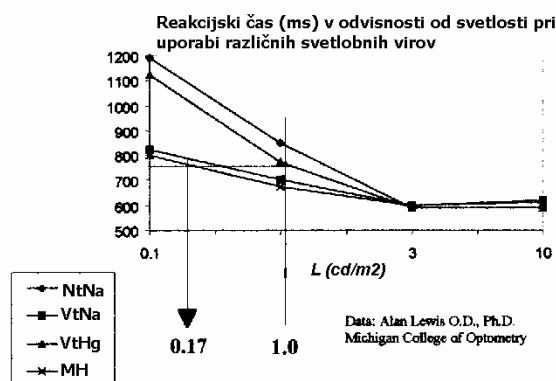
Svetlobna moč sijalke v lumnih je:

$$\text{Lumni(sijalke)} = k \cdot \sum P(\lambda) \cdot V(\lambda) \, d\lambda$$

Če $V(\lambda)$ ni uporaben v določenih svetlobnih pogojih, tudi svetlobna moč sijalke v lumnih ni ustrezno določena.

Uveden je pojem *Efektivni lumen*, ki opisuje dejanski efektivni svetlobni tok sijalke v danih svetlobnih pogojih.

Diagram prikazuje reakcijski čas izogibanja oviri pri različnih barvah svetlobe.



Slika 7: Relativna učinkovitost sijalk pri različnih svetlobnih pogojih

Pri svetlosti nad 3 cd/m^2 so reakcijski časi pri vseh barvah svetlobe praktično enaki.

Iz diagrama je razvidno, da v primeru, ko ob svetlosti 1 cd/m^2 in uporabi visokotlačnih natrijevih sijalk dosežemo reakcijski čas med 700 in 800 ms, za enak reakcijski čas potrebujemo ob uporabi metalhalogenidnih sijalk svetlost $0,17 \text{ cd/m}^2$.

To so seveda podatki eksperimentalnih raziskav.

V realnosti lahko dokažemo velike prednosti bele svetlobe za razsvetljavo področij za pešce, mestnih središč in stanovanjskih območij. Na vseh teh območjih je priporočljiva visoka stopnja barvnega vračanja in višji nivo vertikalne in polcilindrične osvetljenosti.

V Veliki Britaniji so zaradi vseh naštetih prednosti dopolnili standard za cestno razsvetljavo tako, da je ob uporabi svetlobnih virov z belo svetlobo dovoljena izbira oz. uporaba za razred nižjega svetlobnotehničnega razreda za razsvetljavo.

Pri razsvetljavi prometnic prednosti bele svetlobe niso tako očitne. Nivoji cestne razsvetljave se običajno gibljejo v območju 1 do 2 cd/m^2 . V tem območju je razlika v efektivnih luminih različnih sijalk že manjša. Največje razlike večinoma veljajo za kombinacijo periferne in centralnega videnja, medtem ko pri vožnji pride bolj do izraza centralno (fovealno videnje).

Za razsvetljavo prometnic fluorescentne sijalke niso najbolj primerne, potrebno je uporabiti metalhalogenidne sijalke, ki pa so znatno dražje.

Slaba stran bele razsvetljave za razsvetljavo prometnic je tudi večje bleščanje (oko zaznava svetlobne vire kot relativno svetlejše), hladnejši videz, krajša življenjska doba metalhalogenidnih sijalk, večje staranje sijalk, metalhalogenidne sijalke niso primerne za regulacijo svetlobnega toka.

Že danes so na tržišču novi svetlobni viri, ki imajo v veliki meri odpravljene zgoraj navedene pomanjkljivosti, zato lahko v prihodnosti pričakujemo, da se bo delež bele svetlobe v javni razsvetljavi še povečal.

3.7 Razsvetljava za pešce

V 20. stoletju je bila zaradi hitrega razvoja motornega prometa večina raziskav s področja zunanje razsvetljave usmerjena v razsvetljavo za motorni promet, razsvetljava za pešce pa je bila zanemarljiva. Pešec je bil večinoma obravnavan kot ovira v prometu oz. predmet vidnega zaznavanja. Posledično je veljalo, da razsvetljava ki ustreza zahtevam za motorni promet, ustreza tudi zahtevam za pešce.

Izkušnje iz 2. svetovne vojne –

Zgodovinsko gledano je bila do druge svetovne vojne cestna razsvetljava zmes razsvetljave za pešce in za motorni promet. Razsvetljava v mestih je večinoma omogočala varno gibanje pešcev ter na glavnih cestah vsaj osnovno razsvetljavo za promet.

Leta 1939 se je Velika Britanija pripravljala na vojno. Zunanja razsvetljava bi lahko služila kot pomoč za orientacijo sovražnikovim bombnikom zato jo je bil potrebno ali ugasniti ali pa zasenčiti (zatemniti).

Popolna zatemnitev je nastopila dva dni pred uradnim začetkom vojne, 1. septembra 1939. Skupaj je v vojni zaradi bombardiranja zgubilo življenje približno 62 000 civilistov. Analiza podatkov prvega vojnega leta pa kaže, da so bile poškodbe kot posledica zatemnitve vzrok večjemu številu smrtnih žrtev kot nemško bombardiranje.

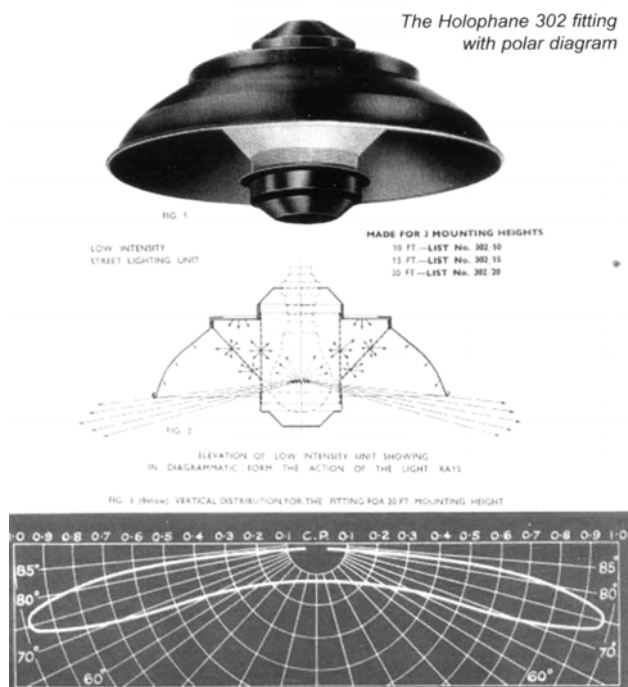
V članku objavljenem v British Medical Journal je dr. W. Trotter opozoril, da je s tem, ko je Britanijo prisilila v zatemnitev, Luftwaffe **povzročila smrt vsaj 600 civilistov mesečno**, brez da bi letala sploh vzletela. Stanje je bilo dokaj nevzdržno, zato je nova vlada pod vodstvom Churchila omilila popolno zatemnitev, na cestah pa so začeli uporabljati t.i. Ferantijeve svetilke ter delno svetilke tipa Holophane 302.

Tedanji vojni standard za razsvetljavo je predpisoval osvetljenost približno 0,002 lx, ki naj v nobeni točki vozišča ne presega 0,004lx. Torej je bila zahteva po sorazmerno enakomerni razsvetljavi z izredno nizko intenzivnostjo.. Konstrukcija in svetlobni diagram tedanjih svetilk sta razvidna iz slike.

Svetilka je imela popolnoma zasenčen spodnji del zaradi zmanjšanja direktne komponente (direktna odbita svetloba) ter močno horizontalno komponento svetlobe, ki je omogočala relativno višje vertikalne osvetljenosti.

Vgrajena je bila 15w žarnica na žarilno nitko, svetlobni tok pa je bil popolnoma omejen nad kotom 85 stopinj.

Če uporabimo dejstvo, da, takšna razporeditev svetilnosti omogoča dobro vidno zaznavanje za počasni promet in pešce ter za svetlobni vir uporabimo kompaktno fluorescentno sijalko s svetlobnim spektrom, ki omogoča dobro vidno zaznavanje pri nizkih nivojih osvetljenosti, je zasnova tedanje svetilke že zelo blizu sodobnim refraktorskim svetilkam.



Slika 8: Izgled in svetlobni diagram »vojne« svetilke

Razpoznavanje obrazov (van Bommel in Caminada, 1977 -)

Kot rečeno, je bila glavna pozornost v 20 stoletju namenjena razsvetljavi za promet, ena prvih študij, ki je obravnavala razsvetljavo za pešce je bila objavljena šele leta 1980, (Caminada in van Bommel).

Utemeljila sta koncept področij približevanja, ki ga je v osnovi razvil E.T. Hall. Hall je ugotovil, da se ljudje približajo drugim ljudem samo v primeru, da jih razpoznajo. Njegov koncept področij temelji na raziskavah možnih medosebnih reakcij. Kot nadaljevanje dela so Van Bommel in sodelavci dokazali kako pomembna je sposobnost za razpoznavanje obrazov pri ulični razsvetljavi. Van Bommel je dokazal, da je za razpoznavanje obrazov potrebna polcilindrična osvetljenost najmanj 0,8lx. Pri pripravi britanskega standarda so nivo polcilindrične osvetljenosti povezali z nivoem horizontalne osvetljenosti in ugotovili, da zahtevam ustreza horizontalna osvetljenost 5lx.

Glede na sodobne izkušnje se z enostavno povezavo horizontalne in polcilindrične osvetljenosti ne moremo strinjati. Pri razsvetljavi ulic in površin za pešce je potrebno analizirati več dejavnikov, predvsem možna zasenčenja. Bolj smiselna kot z nivojem horizontalne osvetljenosti je povezava polcilindrične osvetljenosti z nivojem vertikalne osvetljenosti. Za dobro razpoznavanje oseb je bistveno, da je zadostna polcilindrična/vertikalna osvetljenost zagotovljena v vsaki točki (slika).

Podobne raziskave so ponovili sodelavci Bartlett School of Architecture, le da so izvedli še primerjavo med svetlobnimi viri različnih barv.

Skladno z rezultati te študije tudi dokazano, da je pri svetlobi visokotlačnih natrijevih svetilk za zagotavljanje razpoznavanja obrazov potreben dvojni nivo polcilindrične osvetljenosti v primerjavi z belimi svetlobnimi viri.

Rezultati poskusov so bili za sijalke z belo svetlobo dokaj skladni z rezultati poskusov, ki sta jih izvedla Van Bommel in Caminada. (Avtorja sta izvajala poskuse pri svetlobi visokotlačnih živosrebrnih sijalk).

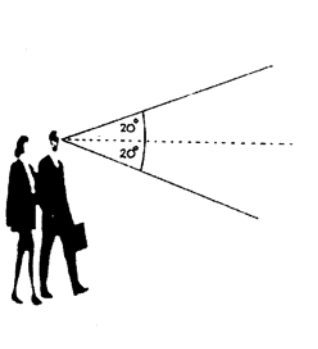
Sodelavci Bartlett School of Architecture so raziskovali tudi razlike med vidnimi potrebami za pešce in motorni promet in prišli do naslednjih osnovnih spoznanj:

Značilnosti razsvetljave urbanih področij (koncept razsvetljave za promet) v današnjem času:

- *Zagotavljanje visoke horizontalne osvetljenosti.* Vozila, pešci in ostali predmeti, ki lahko predstavljajo ovire so večinoma vidni na podlagi svetlobnega kontrasta (efekt silhuete). Posledično je nivo vertikalne osvetljenosti dokaj nizek.
- *Dobra splošna in vzdolžna enakomernost osvetljenosti in svetlosti*
- *Omejitev motečega bleščanja svetilk* (neposredno oz. posredno zaradi zasenčenja strehe vozila)
- *Velike višine montaže svetilk (8 –12 m).* Višina montaže je posledica svetlobnih karakteristik svetilk, zmanjšanja bleščanja za voznike, zaradi večje višine se povečajo medsebojne razdalje in s tem zmanjša število svetlobnih mest – manjši stroški za izgradnjo, vzdrževanje in energijo.
- *Razmeroma nizke zahteve glede barvnega videza (uporaba hibridnih sijalk, ki omogočajo nizko stopnjo barvnega videza in visokotlačnih natrijevih sijalk, ki omogočajo srednjo stopnjo barvnega videza).*

Potrebe pešcev v povezavi z videnjem :

- *Vertikalna osvetljenost:* Loe, Mansfeld in Rowland so dokazali ključno vlogo 40 stopinjskega kota videnja (20 stopinj nad in pod horizontalno črto). To pomeni , da vidno polje zajema večinoma navpične površine pred opazovalcem več drevesa, stene, dele vozil , osebe, itd.).



Slika 9: Vidno področje pešca
Za pešca je torej izredno pomemben nivo vertikalne (navpične osvetljenosti).

- Enakomernost svetlosti v področju opazovanja:
Na osnovi poskusov so ugotovili, da ljudje kot zanimiva ocenjujejo opazovana področja z razmerjem svetlosti 13:1 in večje. To pomeni, da zahteva glede enakomernosti svetlosti, ki velja v cestni razsvetljavi (hitrost vožnje (50km/h in več) za pešca, ki se giblje največ 5km/h, ni enako pomembna.
- Nižje višine montaže za razsvetljavo za promet so iz že navedenih vzrokov uporabljene višje višine montaže svetilk, medtem ko so je za pešce primerneje, da so svetilke nameščene nižje.
- Barvni videz: V odvisnosti od področja so zahtevane visoke stopnje barvnega videza. Npr. mestna nakupovalna in kulturna središča zahtevajo razsvetljavo, ki omogoča visoko stopnjo barvnega videza. Prav tako ljudje cenijo boljši barvni videz, ki ga omogoča bela svetloba, pri ulični razsvetljavi.

Seveda se ob navedenem poraja dvom v ustreznost zahtev v standardih. Zahteve za razsvetljavo za pešce temeljijo predvsem na horizontalni osvetljenosti, dokazano pa je, da na stanovanjskih ulicah namenjenih pešcem in umirjenemu prometu lahko z zagotavljanjem ustreznega nivoja vertikalne osvetljenosti z manjšim vložkom energije omogočimo boljše vidne pogoje, torej da nivo horizontalne osvetljenosti ni odločujočega pomena. V prihodnosti pričakujemo še dodatne raziskave na tem področju.

3.8 Zahteve v zvezi s svetlobnim onesnaženjem in varčevanje z električno energijo

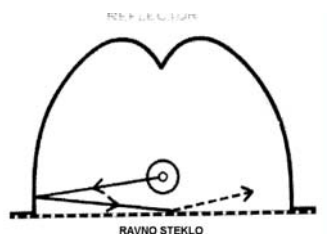
Zahteve v zvezi z omejitvijo svetlobnega onesnaževanja so se pojavile v prejšnjem desetletju, imajo pa na zasnovi cestne in ulične razsvetljave velik vpliv.

V raznih priporočilih za zmanjšanje vpliva svetlobnega onesnaženja je predlagana vrsta rešitev. V okviru CIE je bila leta 1996 izdana publikacija CIE 126, v kateri so predlagana

merila za omejevanje vsiljene svetlobe. Pomanjkljivost publikacije je, da v tehničnem in ekonomskem smislu ni prikazana povezava predlaganih ukrepov z zmanjšanjem svetlosti neba in vplivom na stroške za postavitev ter vzdrževanje naprav za razsvetljavo.

Kot univerzalna rešitev so predlagane svetilke, ki v zgornji polprostor ne sevajo svetlobnega toka, torej svetilke z $ULOR = 0$ ($ULOR = \text{Upward Flux Output Ratio}$, torej razmerje med celotnim svetlobnim tokom sijalke in delom, ki seva v zgornji polprostor).

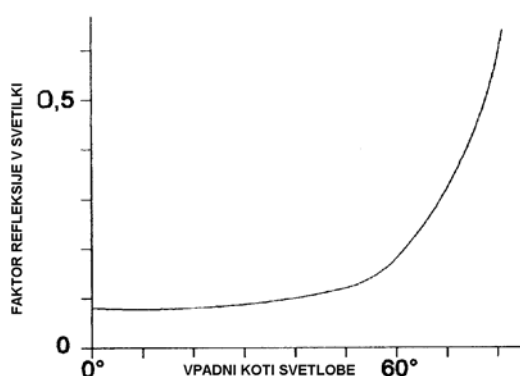
Teoretično tej zahtevi ustrezajo svetilke z ravnim steklom, ki so nameščene vzporedno s cestno površino. (Odličen primer so svetilke tipa CT, kakršne so bile v Ljubljani nameščene že v devetdesetih letih, npr. na Zaloški cesti).



Slika 10: Odboj svetlobe v svetilki z ravnim steklom

Velik faktor v cestni razsvetljavi predstavlja poraba električne energije (neposredni finančni stroški, zahteve Kjotskega sporazuma glede zmanjševanja emisij toplogrednih plinov)

- Zaradi optimizacije porabe električne energije v cestni razsvetljavi so v preteklosti razvili svetilke, ki največji del svetlobe sevajo v kotu med 70 do 75 stopinj glede na vertikalo (pri omenjenih vpadnih kotih lahko v največji meri izkoristimo odsevne lastnosti vozišča).
- Pri navedenih vpadnih kotih svetlobe se pri svetilkah z ravnim steklom zaradi pojava večkratne refleksije več kot 45% svetlobe odbije nazaj v svetilko, kar posledično dviguje temperaturo sijalke in skrajšuje življenjsko dobo sijalke (višji stroški vzdrževanja). Da omilijo ta pojav, proizvajalci omejujejo sevalne kote svetilk z ravnim steklom. Posledica je, da za razsvetljavo določenega odseka ceste potrebujemo več svetilk, druga posledica pa je, da je v svetilke potrebno vgraditi močnejše svetlobne vire, saj je z navpičnimi vpadnimi koti zagotovljena osvetljenost, ne pa nujno svetlost vozišča.

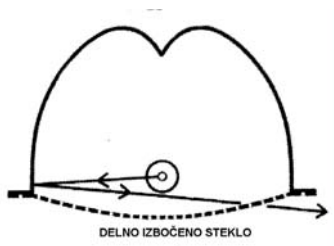


Slika 11: Odboj v svetilki z ravnim steklom v odvisnosti od vpadnega kota svetlobe

Navedeno potrjujejo rezultati raziskav, ki sta jih izvedla Soardo in Rossi s sodelavci. Ugotavljata, da je pri optimiziranih napeljavah poraba električne energije manjša pri napeljavah, kjer so uporabljene svetilke z minimalnim ULOR. Rezultati za svetilke z ULOR med 0% in 3% so razvidni iz diagrama.

Svetilke z ravnim steklom in odbita svetloba v zgornji polprostor:

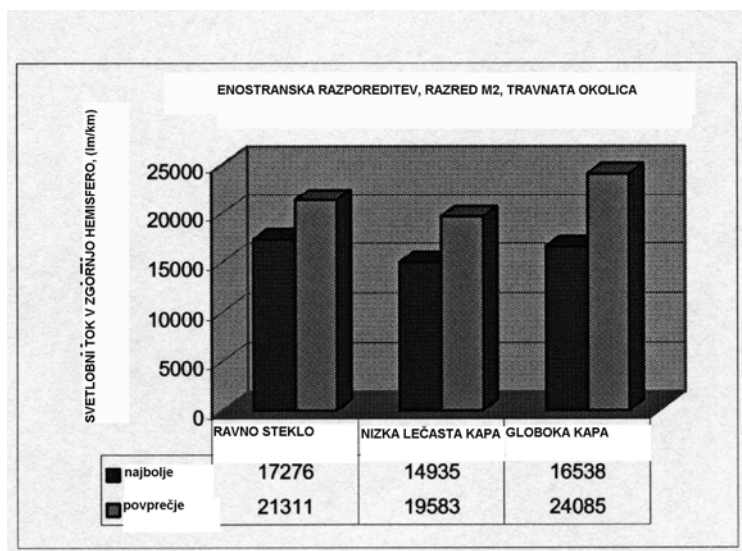
Lapporte in Gillete sta na prelomu tisočletja izvedla obsežne raziskave o deležu svetlobe, ki seva v nebo zaradi cestne razsvetljave. Kot zaključno ugotovitev navajata, da se delež odbite svetlobe v primeru svetilk z ravnim steklom poveča v primerjavi s svetilkami z nizko lečasto kapo ali pa z globoko kapo.



Slika 12: Svetilka z nizko lečasto kapo

V raziskavi sta upoštevala:

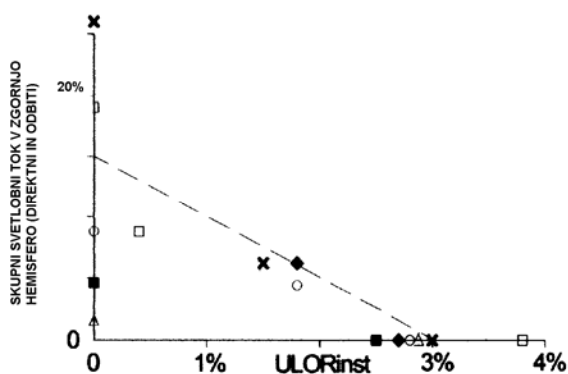
- konfiguracijo naprav za razsvetljavo (enostranska, dvostranska zamaknjena, dvostranska nasprotna razporeditev)
- površine v okolici ceste (trava, beton)



Slika 13: Svetlobni tok – odbita svetloba v nebo v odvisnosti od oblike zaščitnega stekla

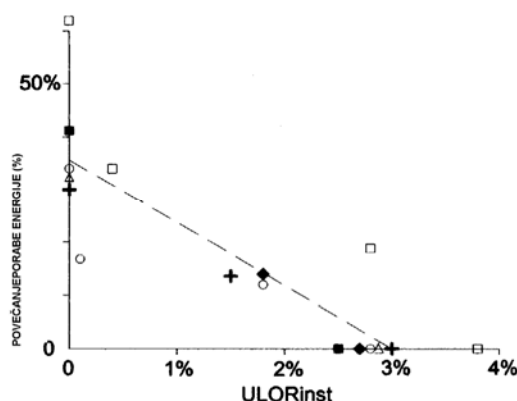
Delo so delno dopolnili tudi Soardo Rossi in sodelavci. Analizirali so skupni delež odbite svetlobe v nebo, ki jo povzročajo svetilke z $ULOR=0$ v primerjavi s svetilkami z $ULOR$ med 0 in 3%.

Rezultati so v diagramu in lepo vidimo, da se pri svetilkah z ravnim steklom povečuje delež neposredno odbite svetlobe in s tem skupni delež svetlobe, ki seva v nebo.



Slika 14: Delež odbite svetlobe v odvisnosti od $ULOR_{inst}$

Svetilke z ravnim steklom so neugodne tudi s stališča porabe električne energije, kar lepo prikazuje diagram:



Slika 15: Poraba energije v odvisnosti od $ULOR_{inst}$

Kot povzetek raziskav velja, da je delež odbite svetlobe v nebo najmanjši pri napeljavah, kjer je najmanjši instalirani svetlobni tok (lm/km), torej pri napravah, ki so tudi energetske najbolj učinkovite.

3.9 Raziskave o vplivu razsvetljave na kriminal

Že iz zgodovinskega pregleda je razvidno, da je bil primarni vzrok za nastanek javne razsvetljave povečanje osebne varnosti in varnosti premoženja.

Načrtno so povezavo med kriminalom in razsvetljavo preučevali v zadnjih dveh desetletjih predvsem v veliki Britaniji (Painter), na Nizozemskem (Schreuder) in v ZDA .

- Rezultati se glede na področja razlikujejo, splošen povzetek pa je, da razsvetljava pripomore k zmanjšanju nevarnosti kriminala, pri tem pa se odstotek zmanjšanja kriminalnih dejanj glede na obravnavana področja razlikuje (od 8% do 63%).
- Naslednji zaključek je, da razsvetljava sama po sebi kot ni ukrep za zmanjšanje kriminala, pač pa je pomembna kombinacija z ostalimi ukrepi
- Pogosto se navajata še dve drugi britanski študiji, in to tako, da naj bi dokazovali, da razsvetljava ne preprečuje kriminala (Ramsey et al., 1991; Atkins et al., 1991). S pazljivim ponovnim ovrednotenjem lahko dokažemo, da ti študiji sklepata, da se strah pred zločinom z izboljšano razsvetljavo znatno zmanjša, pa tudi, da ljudje verjamejo, da boljša razsvetljava pomaga zbijati kriminaliteto. Obe študiji trdita, da dejansko znižanje stopnje kriminalitete ni veliko: poroča se o splošnem znižanju v višini 6,3 % (prim. Atkins in sodelavci., 1991)

Na Nizozemskem je bila narejena raziskava, zasnovana na enakih metodoloških principih, ki so skupni študijam o nesrečah na cestah (Schreuder, 1992). Uporabljena je metoda "preučevanje razmerij", kjer je število prijavljenih kriminalnih deliktov (različnih vrst) neposredno povezano z javno razsvetljavo. Rezultati študije kažejo na znatno zmanjšanje

kriminala ob boljši razsvetljavi, zanimiv stranski rezultat pa je (v glavnem na osnovi kraj iz avtomobilov), da bi se lahko število kriminalnih deliktov pri nivojih cestne razsvetljave, ki so v primerjavi z običajnimi standardi za cestno razsvetlavo visoki, spet začelo povečevati.

Zanimivi so podatki iz Velike Britanije kjer je potekala 12 mesečna obširna raziskava na področjih s srednjo in nižjo stopnjo kriminala, zajemala pa je več mest med njimi London, Manchester, Glasgow in Leeds. raziskave so potekale na osnovi anketiranja prebivalcev, povzetek anket pa je:

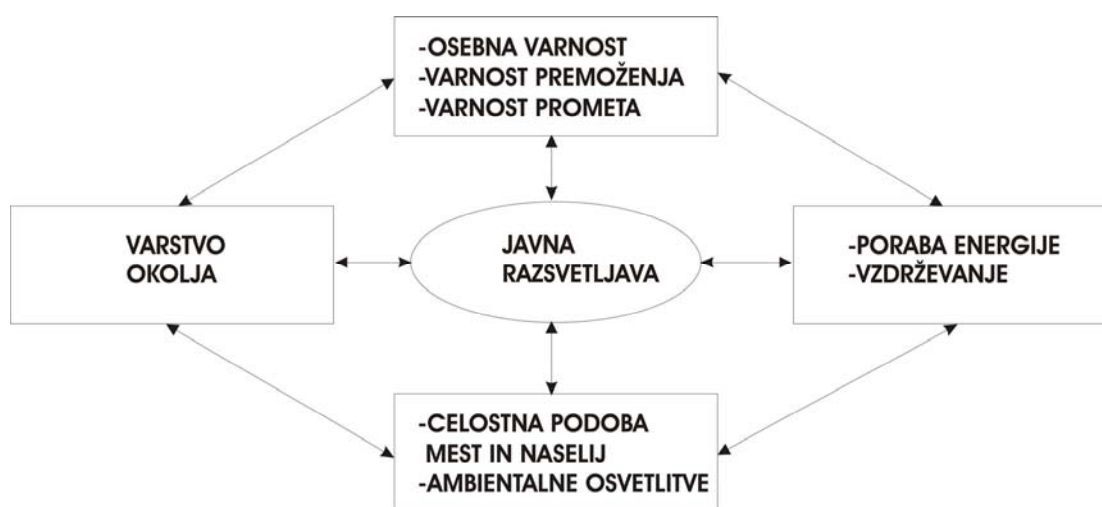
- 60% prebivalcev meni, da razsvetljava zmanjšuje kriminal
- 83% zmanjšanje števila žrtev
- 60% zmanjšanje števila ljudi, ki poznajo žrtve napadov
- 65% zmanjšanje števila ljudi, ki so bili priča napadu

Razsvetljava je zanesljiv ukrep za povečanje varnosti ker:

- s povečano uporabo cest in ulic se povečuje število možnih prič napadov
- povečuje tudi občutek varnosti
- ceste uporabljajo tudi ljudje, ki bi drugače ostali doma

4. ZAKLJUČEK

V prispevku je omenjen le del raziskav in spoznanj s področja javne razsvetljave. Za javno razsvetlavo je pomembna vrsta zahtev s tehničnega, sociološkega, ekonomskega in okoljevarstvenega področja (sl. 16).



Slika 16: Prikaz zahtev in medsebojnih vplivov

Vse boljše rešitve omogočajo tudi nove tehnologije, ki prinašajo manjše in bolj učinkovite svetlobne vire, boljše optike svetilk ter možnosti daljinskega vodenja.

V uvodnem delu smo pokazali kako je javna razsvetljava nastala iz potrebe in tudi v današnjem času ostaja osnovna funkcija javne razsvetljave – zadostiti potrebam in zahtevam.

5. Seznam literature:

- 3 Kate Painter, The Social History of Street Lighting, The Lighting Journal, Vol.64, No 6.
- 4 Gojko Zupan, Javna razsvetljava v Ljubljani, Javna razsvetljava d.d. 2002
- 5 Ian Lewin, Visibility Factors in Outdoor Lighting Design, The Lighting Journal Vol. 64, No 6.
- 6 Wout van Bommel, Road Lighting Research Over the Past 80 Years ; What Lessons can We Take Into the Next Millenium? CIE 24th Session, Warsaw 1999.
- 7 Peter Raynham, Torunn Saksvirkronning, White Light and Facial Recognition, The Lighting Journal, Vol. 68; No 1.
- 8 J.F. Lapporte, M. Gillette, A Meta Analysis of Upward Flux from Functional Roadway Lighting Installations, CIE session San Diego, June 2003.
- 9 P. Soardo, L. Fellin, P. Iacomussi, G. Rossi, Energy Consevation and Light Pollution, CIE 2004.
- 10 Carl Gardner, Re-Valuing the Pedestrian, Light Newsletter, Vol II, No1.
- 11 Steve Ellis, Light pollution – Lessons from the Past, Lessons for the Future? The Lighting Journal Vol. 69, No 6.
- 12 Schreuder D.A., Road Lighting as a Crime Countermeasure, Technical paper, Osaka 1994;
- 13 Ken Pease, Lighting and Crime, ILE 1999.

Avtorjev Naslov:

Marko Bizjak

Javna razsvetljava d.d.

Litijska 263

1261 Ljubljana Dobrunje

Miran Jamšek

[LOGICA] SVETILKE IN SISTEM ROKOVANJA IN NADZORA VARNOSTNE IN SPLOŠNE RAZSVETLJAVE

Povzetek

Sistem LOGICA omogoča združitev sistemov zasilne in splošne razsvetljave. S standardno opremo, svetilke omogočajo uporabo 24 programskih funkcij.

Prednosti njihove uporabe so v:

- *hitri namestitvi in vsestranski uporabnosti*
- *večjih svetlobnih učinkih*
- *možnost centraliziranega upravljanja zasilne in splošne razsvetljave*
- *prek nepolarizirane dvožične povezave*
- *uporabi protokola DALI za komunikacijo znotraj sistema razsvetljave*
- *možnosti hišne avtomatizacije s povezavo neomejenega števila svetilk*
- *v EIB ali LonWorks povezavah.*

Abstract

System LOGICA is a new concept of control for lighting systems which allows for unified control over systems emergency and general lighting. Standard luminaries are equipped with 24 different programmable functions, which offer a number of advantages.

The advantages of its use is

- *quick installation and a wide range of application*
- *better lighting effects*
- *centralized control of emergency and general lighting via a non-polarized two-way connection*
- *DALI protocol for communications in the lighting system*
- *control over an unlimited number of luminaries in EIB and LonWorks*
- *automation systems*

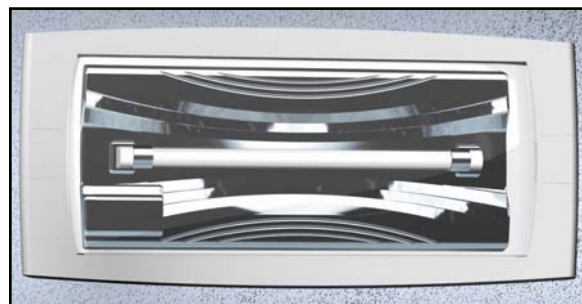
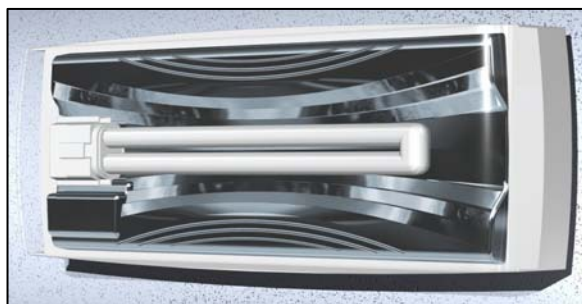
1. Uvod

Z željo po celovitem nadzoru sistemov zasilne in splošne razsvetljave, vodilno podjetje na področju varnostne razsvetljave Beghelli predstavlja sistem Logica. Sistem Logica je nov koncept nadzora kombiniranih sistemov razsvetljave in predstavlja sinergično združitev zasilne in splošne razsvetljave.

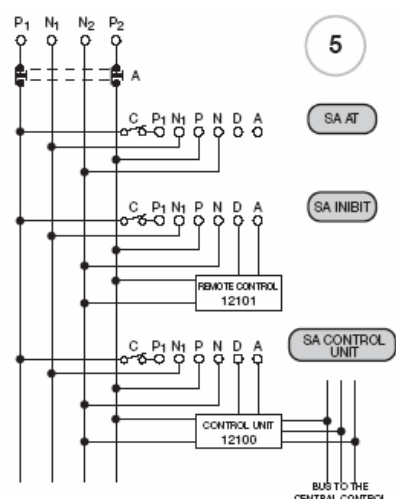
Komunikacijo, upravljanje in nadzor kombiniranih razsvetljav v sistemih Logica poteka s standardiziranim protokolom DALI.

Posamezni sistemi razsvetljave so povezani s povezavo RS485, program ELSyS pa hkrati omogoča centralni nadzor nad celotnim sistemom, njegovo vizualizacijo ter povezavo v omrežja hišne avtomatizacije EIB ali LonWorks.

2. Svetilke **[LOGICA]**



PRIKLJUČITEV LOGICA SVETILKE



Svetilke so dovršene oblike in izdelane z vrhunsko tehnologijo, ki zagotavlja kakovost ter mnogostranost uporabe. Različice z 8,11 ali 24 W_{nim} svetlobnim virom v pripravi ali trajni vezavi in stopnjo zaščite IP65 so izjemno nizke. (cca 81mm)

Svetilko odlikuje hitra in enostavna namestitev, saj svetilke pred namestitvijo ni potrebno razstaviti, ker jo namestimo na 6-polni konektor s stopnjo zaščite IP65, ki ima vgrajeno libelo za enostavno pozicioniranje.

Svetilko lahko namestimo v strop, na strop ali steno. Popolno vgradno namestitev omogoča standardni dodatni pribor.

6 polna konektorska povezava omogoča enostavno priključitev svetilke in povezavo s standardnimi instalacijskimi kabli v odvisnosti od razdalj in izbire tipa nadzornega sistema.

Dober svetlobni izkoristek (cca 80%) in enakomernost osvetljenosti tal omogočata prozoren prizmatičen zaslon in parabolični, segmentni zrcalni žaromet.

Svetilke LOGICA so prve programibilne zasilne svetilke, ki imajo možnost izbire avtonomije 1h/3h zasilnega delovanja.

Vse svetilke LOGICA imajo vgrajeno dovršeno elektronsko vezje s procesorjem, ki nadzoruje funkcionalnost skladno z vrsto instaliranega sistema.

Svetilke LOGICA so opremljene s komunikacijskimi vrati za povezavo sistema svetilk zasilne in ali splošne razsvetljave z izbrano nadzorno enoto serije LOGICA.

Za komunikacijo se uporablja nepolarizirana parica standardnih instalacijskih kablov. Nepolarizirana parica daje veliko prednost sistemu LOGICA pred možnimi napakami povezav sistemov s polariziranimi komunikacijami.

Svetilke LOGICA so opremljene z LED signalizacijo, ki kaže stanje svetilke.

Različice svetilk v SA izvedbi svetilk imajo fotosenzor, ki omogoča regulacijo svetlobnega toka v odvisnosti od zunanje osvetlitve ali nastavitve parametrov nadzornega sistema.

Prednost svetilk LOGICA je tudi v učinkovitosti svetlobnega toka, saj med delovanjem v zasilnem režimu svetilka v prvih 45 sekundah deluje s povečanim svetlobnim tokom. S tem je omogočena prilagoditev človeškega očesa novo nastalim okoliščinam ter vžig sijalke tudi v neidealnih pogojih

3. Nadzorna enota **[LOGICA]**



Inteligentna nadzorna naprava je vgrajena v 9 DIN modulu. S svetilkami jo povežemo z dvožičnim nepolariziranim kablom. Logica omogoča vrsto programabilnih funkcij s katerimi nadziramo vse funkcije zasilnega sistema na posameznih svetilkah ali grupah svetilk.

Najpomembnejše programabilne funkcije predstavljajo:

- nastavljiva avtonomija, regulacija svetlobnega toka, nastavitve frekvence testiranja,
- izbira svetlobnih scenarijev in programirano zatemnjevanje
- meniji za programiranje so enostavni in uporabniku prijazni
- uporabljena je serijska RS485 komunikacija za povezavo z različnimi komunikacijskimi protokoli
- nadzorna enota omogoča upravljanje s svetlobnimi scenami z uporabo 4-ih tipk
- na nadzorni enoti je dvovrstični prikazovalnik s 16 znaki
- na desni strani nadzorne enote se nahajajo 4 tipke za upravljanje z meniji (↑-gor, ↓-dol, **Ok**-potrditev, **Esc**-zavrnitev)
- nadzorna enota je skonstruirana za komunikacijo z različnimi komunikacijskimi protokoli. Omogoča istočasno upravljanje z napravami splošne in zasilne razsvetljave.

Vse funkcije upravljanja in nadzora z nadzorno enoto LOGICA so prikazani v diagramu poteka.

3.1 Nadzor in upravljanje splošne razsvetljave z nadzorno enoto LOGICA

Nadzorna enota nam omogoča preko komunikacije nadzor in upravljanje DALI kompatibilnih svetilk splošne razsvetljave.

Nadzorna enota omogoča lastne nastavitve za upravljanje in izbiro načinov razsvetljave glede na zahteve z ozirom na čas tekom dneva. Prav tako omogoča programirano zatemnjevanje posamezne ali grupe svetilk v povezavi s svetlobnimi tipali z željo, da bi dosegli občutek naravne sončne svetlobe v prostoru (biodinamična razsvetljava).

Naprava omogoča naslednje možnosti nadzora in upravljanja z DALI kompatibilnimi, svetilkami splošne razsvetljave :

- tvorjenje grup svetilk (max.16 svetilk) za posredovanje različnih ukazov
- funkcijo zatemnjevanja
- upravljanje s programiranimi nastavitvami izbira načina osvetljevanja z ozirom
- na zahteve(4 tipke za upravljanje s svetlobnimi scenami).

3.2 Nadzor in upravljanje zasilne razsvetljave z nadzorno enoto LOGICA:

Z nadzorno enoto je možno nadzirati vse funkcije zasilnega sistema na posameznih svetilkah in predhodno nastavljenih grup.

Naprava nudi naslednje odličnosti:

- sinhronizacijo preizkusov delovanja
- brisanje napak
- tvorjenje grup svetilk (max.16 svetilk) za posredovanje različnih ukazov
- preklic zasilnega delovanja za posamične svetilke ali grupe
- zaznavo napak na komunikacijski povezavi
- programiranje avtonomije na vsaki svetilki (1h/3h)
- časovne nastavitve preizkusnih funkcij zasilnega delovanja (FT,TA)
- ročni preizkus delovanja za posamične svetilke ali grupe
- ločeno rokovanje s seznamom napak, indikacijo tipa nameščene baterije in svetlobnega vira za vsako svetilko
- standardno podlogo z navodili za opravljanje preizkusov zasilnega delovanja v različnih situacijah
- vklopni cikel zasilnega delovanja je časovno odvisen in pogojen zahtevam. V začetku zasilnega delovanja nam omogoči večjo osvetljenost z namenom preprečiti paniko. Svetlobni tok se nato zmanjša na nastavljeno avtonomijo.
- izmenično preizkušanje na 50% sistema, v primeru izpada bo del sistema, ki ni bil obremenjen s testiranjem po principu par-ne par, še vedno funkcionalen.

4. Tipi nadzornih sistemov v sistemu LOGICA svetilk :

4.1 AT LOGICA sistem :

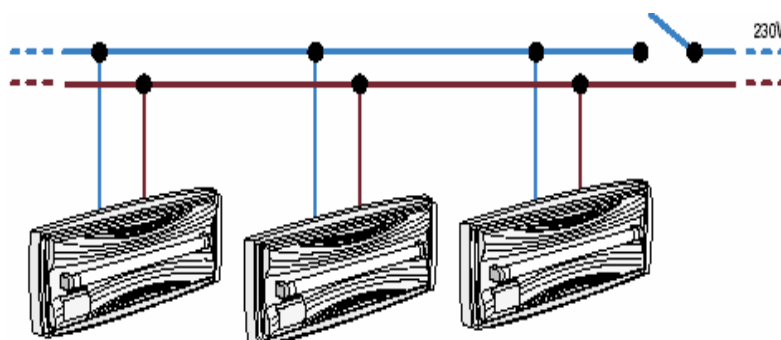
Avtotest LOGICA sistem je realiziran s priključitvijo LOGICA svetilk na napajanje.

Svetilke nimajo priključene komunikacije. Ob priklopu na omrežje se aktivira cikel polnjenja in interna ura po kateri se izvajajo avtomatski testi.

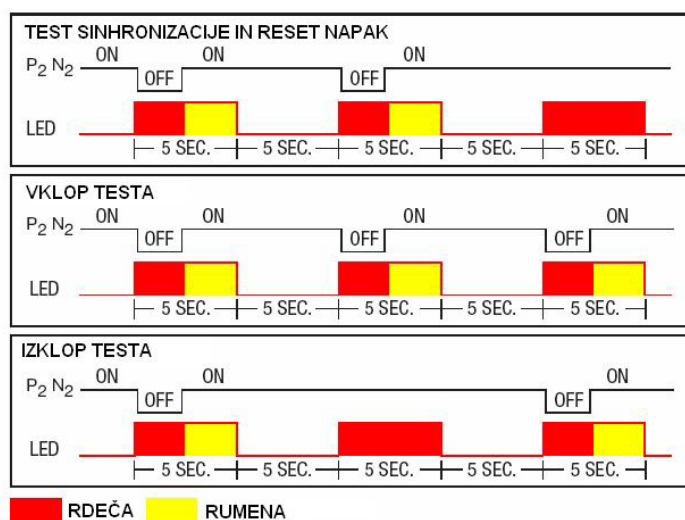
Stanje svetilk je razvidno z LED signalizacijo na svetilkah.

Funkcije kot so sinhronizacija testa, izbris napak, sprožitev testa in prekinitev testa realiziramo z izklopom in ponovnim vklopom napajanja v intervalu 5 sekund na način kot je prikazano na grafičnem diagramu .

AVTOTEST LOGICA



ZASILNA RAZSVETLJAVA

 LOGICA SVETILK


GRAFIČNI DIAGRAM TESTNIH FUNKCIJ SVETILK LOGICA

4.2 AT LOGICA INIBIT sistem do 128 svetilk na nadzorno enoto

Avtotest LOGICA INIBIT sistem je realiziran s priključitvijo nadzorne enote in LOGICA svetilk na napajanje in povezavo svetilk z nepolarizirano dvožično povezavo na sponki A/D nadzorne enote LOGICA INIBIT (12101).

Ob priklopu na omrežje se aktivira ciklus polnjenja in interna ura po kateri se izvajajo avtomatski testi. Stanje svetilk je razvidno z LED signalizacijo na svetilkah.

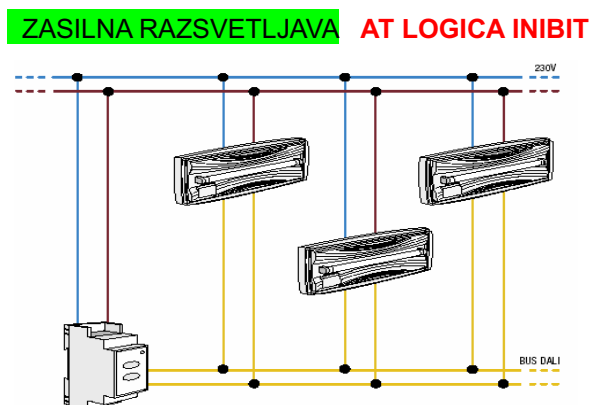
Nadzorna enota LOGICA INIBIT omogoča nadzor nad do 128 svetilkami z LED signalizacijo na nadzorni enoti, ki prikazuje normalno stanje, prisotnost napak in napake na komunikaciji.

S pomočjo tipk na nadzorni enoti lahko realiziramo naslednje funkcije:

- sinhronizacija testa
- izbris napak
- sprožitev in prekinitev funkcionalnega testa in testa avtonomije.



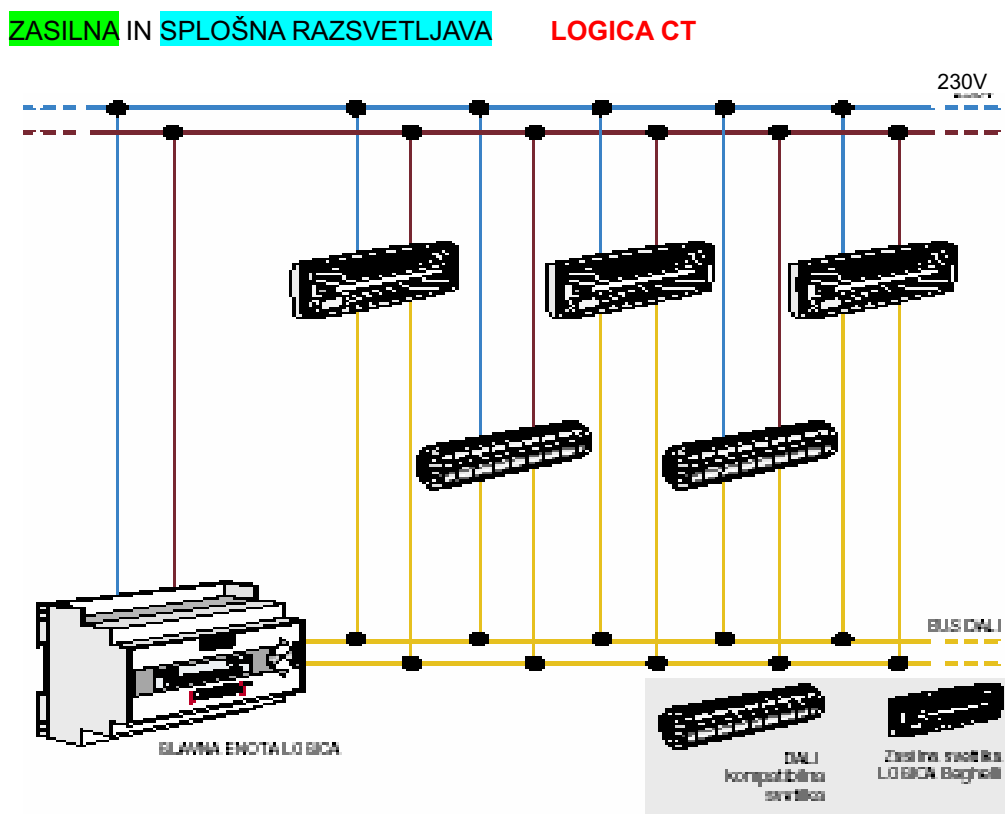
NADZORNA ENOTA LOGICA INIBIT



4.3 CT LOGICA nadzorni sistem do 128 svetilk na nadzorno enoto

Central Test LOGICA sistem je realiziran s priključitvijo nadzorne enote CT, LOGICA svetilk in DALI kompatibilnih svetilk splošne razsvetljave na napajanje in povezavo vseh svetilk z nepolarizirano dvožično povezavo na sponki A/D nadzorne enote LOGICA CT

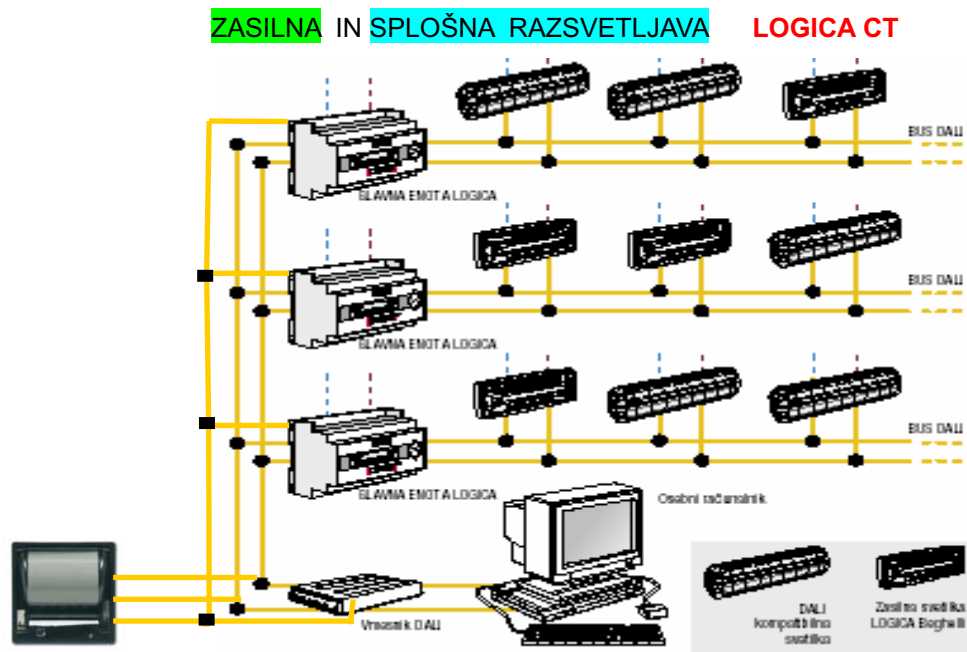
(12100). Na ta sistem je možno priključiti tiskalnik DIN LOGICA (12099) in pretvornik RS485/ RS232 (12134) za povezavo s PC računalnikom. Obstaja tudi možnost priklopa pretvornika za povezavo s sistemom hišne avtomatizacije, kot sta EIB in LONWORKS.



4.4 CT LOGICA nadzorni sistem do 255 LOGICA nadzornih enot (max. 32640 svetilk)

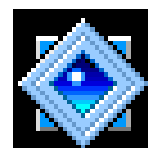
Ta nadzorni sistem predstavlja povezava dveh ali do 255 povezanih CT LOGICA nadzornih enot v sistem. Nadzorne enote so povezane s polarizirano trožično povezavo - RS 485 vodilo.

Za povezavo nadzornih enot CT LOGICA na PC računalnik povežemo serijsko komunikacijo nadzornih enot s pretvornikom RS485/RS232 (12134) na serijska RS232 vrata PC-ja. Za združitev, nadziranje in upravljanje vseh priključenih svetilk se na PC naloži program ELSyS. Na ta sistem je možno priključiti tiskalnik DIN LOGICA (12099). Obstaja pa tudi možnost priklopa pretvornika za povezavo s sistemom hišne avtomatizacije, kot sta EIB in LONWORKS.



OPCIJA TISKALNIK DIN LOGICA

5. Program ELSyS za nadzor in upravljanje z nadzornimi enotami LOGICA



ELSyS.exe

OSNOVNO OKNO PROGRAMA ELSyS

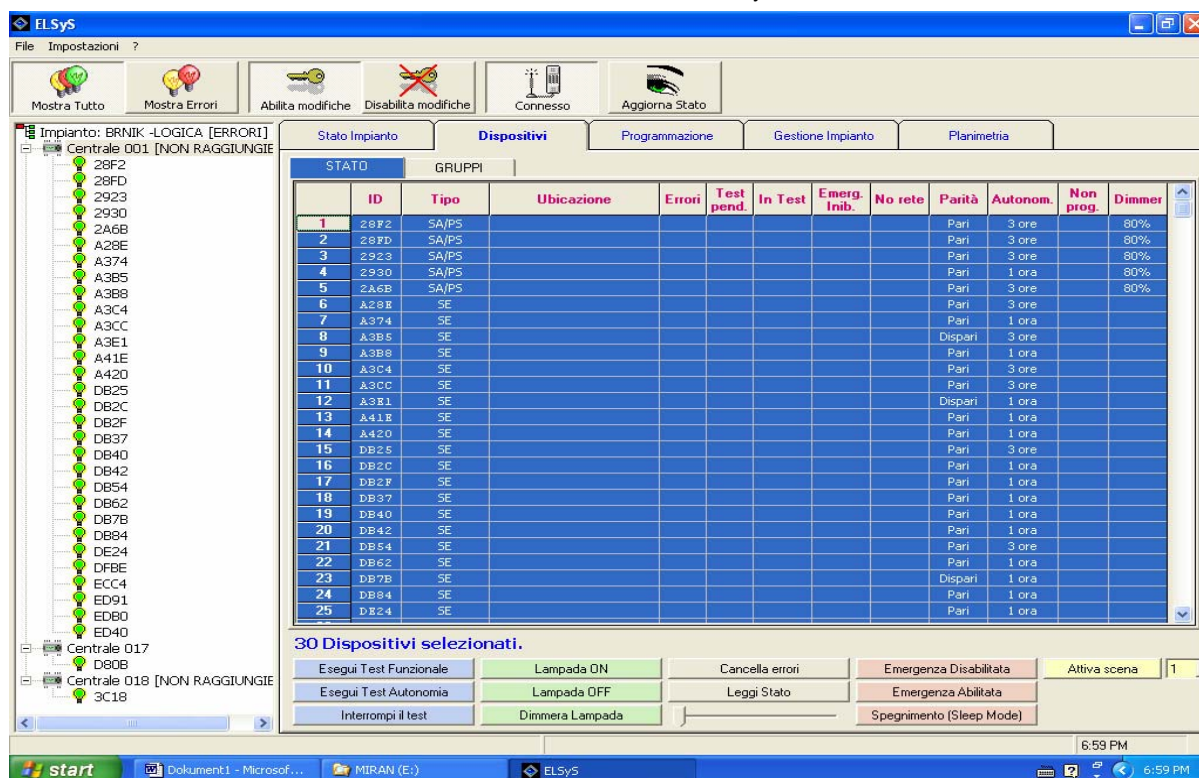
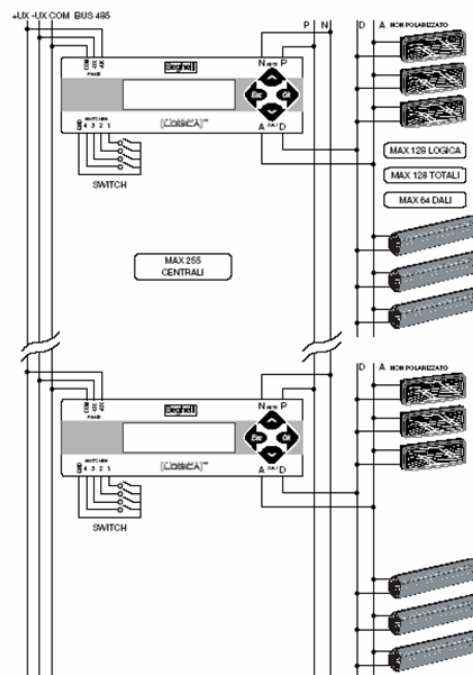


DIAGRAM POTEKA NADZORNE ENOTE LOGICA

ZDRA. MEDIJ	RAZ. MEN	OPS. STANJA	MER	OPS. STANJA
1 AKTIVNAJ/SCENO	1 → 1.1	ZIDERI IZ AKTIVNAJ/SCENO	01-16	
2 SVETILKE	2 → 2.1 → 2.2 → 2.3 → 2.4	ZIDERI VSE SVETILKE LOGICA SVETILNE 0126 DALI SVETILNE 0126 GRUPA SVETILA 01-16	2-1.1 2-2.1 2-3.1 2-4.1	ZIDERI IZ VSEIH SVETILK ZIDERI LOGICA SVETILNO ZIDERI DALI SVETILNO ZIDERI GRUPO SVETILK
			2-4.1 2-4.1 2-4.1	↑ VSE SVETILO MAX VSE NE SVETILO VSE DRAMKE 1-13
3 VIZIRJEVANJE	3 → 3.1	VSTAVI DESLO POČNI TESTI	3-1.1 3-1.2 3-1.3	ZIDERI IZ VSEIH SVETILK ZIDERI LOGICA SVETILNO ZIDERI GRUPO SVETILK
	→ 3.2	TEST AVTONOMIE	3-2.1 3-2.2 3-2.3	ZIDERI IZ VSEIH SVETILK ZIDERI LOGICA SVETILNO ZIDERI GRUPO SVETILK
	→ 3.3	STATUS NAPAK	3-3.1 3-3.2 3-3.3	ZIDERI GRUPO SVETILK ZIDERI GRUPO SVETILK ZIDERI IZ VSEIH SVETILK
	→ 3.4	PERIODA TESTIRANJA	3-4.1 3-4.2 3-4.3 3-4.4 3-4.5	NASLEDNA FUNKC. TEST NASLEDNA TEST AVTONOM PERIODA FUNKC. TESTA PERIODA TESTA AVTONOM TEST PAK - NAPAK
	→ 3.5	UPRAVLJANJE SVETILK	3-5.1 3-5.2 3-5.3	ZIDERI IZ VSEIH SVETILK ZIDERI LOGICA SVETILNO ZIDERI GRUPO SVETILK
	→ 3.6	UPRAVLJANJE GRUP	3-6.1 3-6.2 3-6.3 3-6.4 3-6.5	ZIDERI IZ VSEIH SVETILK ZIDERI LOGICA SVETILNO ZIDERI DALI SVETILNO ZIDERI TIPOVI 1-4 ZIDERI GRUPO SVETILK
	→ 3.7	UPRAVLJANJE NE LOGICA	3-7.1 3-7.2 3-7.3 3-7.4 3-7.5 3-7.6 3-7.7 3-7.8	ZDRA. TIPI NAZV. ENOTE NASTAVITEV DATUMI GAS. SPREMEMBA. GIBLA (8 2N) SPREMEMBA. ADRESE 0-255 LOKALNI PRINTER TESTIRANJE KONFIGURACIJA TIK SENZORJA TAJMERJA
	→ 3.8	KONFIGURACIJA	3-8.1 3-8.2 3-8.3	NOVA KONF. VSE SVETILKE NOVA KONF. DALI SVETILKE NOVA KONF. LOGICA SVET
4 STATISTIČNA INFORMACIJA	4 → 4.1 → 4.2 → 4.3 → 4.4 → 4.5 → 4.6 → 4.7	ŠTEV. 0.00 ŠTEV. 0.00 ŠTEV. 0.00 ŠTEV. 0.00 ŠTEV. 0.00 ŠTEV. 0.00 ID. ŠV	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 156.1	LOGICA SVETILK DALI SVETILK SVETILKE, GRUPEJ NAPAKE LOGICA SV. NAPAKE DALI SVETILK NAPAKE GRUPEJ

PRIKLJUČITEV NAPRAV NA NADZORNO ENOTO



6 Literatura

- | | | |
|---|-------------|-----|
| 1. Prospetto LOGICA | 830.082.000 | SLO |
| 2. Catalogo listino settembre 2004 | 800.020.001 | ITA |
| 3. Istruzioni per l'installazione e l'uso | 334.900.330 | ITA |
| 4. Guida rapida Centrale Logica | 334.900.349 | ITA |
| 5. Logica "SE" Beghelli | 334.900.284 | ITA |
| 6. Logica "SA" Beghelli | 334.900.346 | ITA |
| 7. Logicatecinghese | 334.900.329 | ANG |

Avtorjev naslov :

Miran Jamšek, ing.el.

MTS *International d.o.o.*, Bezena 8a, RUŠE

Richard Forster I Eng MILE MCIBSE MSL Lighting Consultant

Velikost je pomembna

Osvetlitev naših domovanj temelji na dnevni svetlobi, ki prihaja skozi okna in umetne osvetlitve, kot sestavnega dela notranje opreme. Medtem, ko so bila okna že od nekdaj uveljavljen arhitekturni element bivalnih prostorov, z umetno svetlobo ni bilo tako. Umetno svetlobo so prinesli v prostor, ko je dnevne svetlobe zmanjkalo in jo odstranili, ko ni bila več potrebna. Neprijetne vonjave, onesnaževanje in nevarnost požara so bili pri uporabi sveč in oljnih svetilk očitni razlogi za takšno ravnanje.

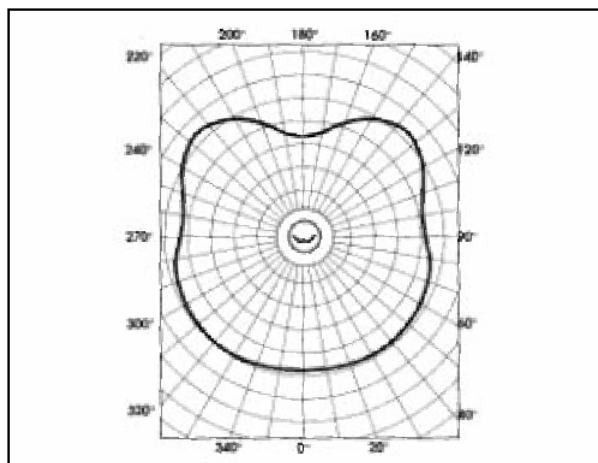
Dandanes je elektrika sestavni del našega vsakdana in razsvetljava je trajno nameščena v bivalnih prostorih.

Vendar pa je njen namen kvalitetna razsvetljava in se zato le malo pozornosti namenja sami opremi, ki le-to omogoča. Manjša ko je oprema, bolj je neopazna in tako lahko rečemo, da je njena priljubljenost obratno sorazmerna z velikostjo.

Iz tega razloga je razvoj BIAX Extra Mini™ kompaktne fluorescenčne sijalke (CFL) pomemben korak naprej. V primerjavi z njeno predhodnico je krajša, ožja in lažja. Kolekcijo sestavljajo 4 vataže : 9/11/15/23w in 4 različne oblike : GLS /svečka /reflektor in standardna cev.

Zmanjšana velikost je dobro primerljiva s standardno (GLS) žarnico



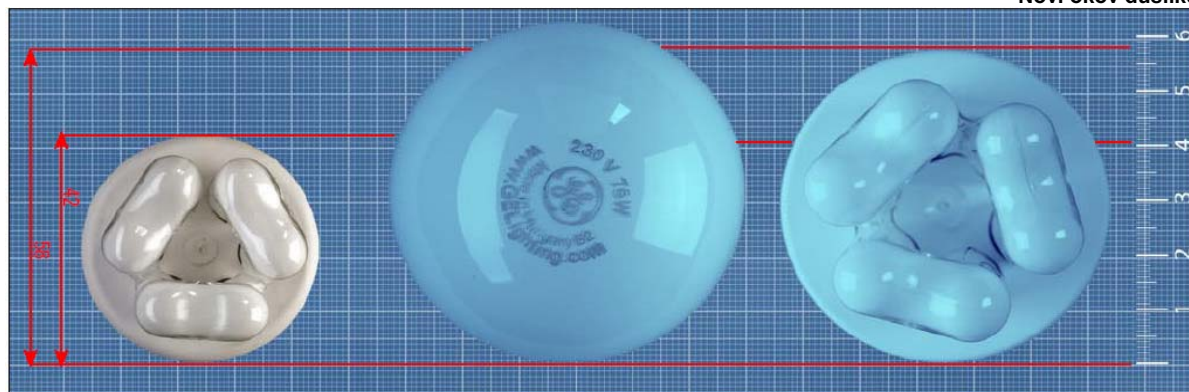


Enotnost svetlobnega toka je boljša kot pri standardni žarnici
Vse CFL žarnice so zasnovane na preoblikovanju fluorescenčne cevi v ustreznejšo obliko. BIAX Extra Mini™ je 6-cevna žarnica urejena v trikotnik. Pri najnovejši verziji 20W in 23W pa je 8 cevi razporejenih v kvadratno obliko. Takšna oblika omogoča enotnejši svetlobni tok kot standardna žarnica.

Pri več cevni žarnicah približanje posameznih cevi pomeni večje oviranje svetlobe. Pri BIAX Extra Mini™ žarnici pa so cevi postavljene tesne skupaj brez dodatne izgube svetlobe, saj je premer posameznih cevi zmanjšan iz 12 na 9mm. Efektivna dolžina posamezne cevi ostaja nespremenjena. Prečni prerez žarnice pokaže, da je bila le-ta v celoti proporcionalno zmanjšana, kar je rezultat preoblikovanja okova dušilke, ki povezuje svetlobne cevi in navoj žarnice. To pa pomeni manjšo višino, manjši premer in s tem zmanjšanje celotnega volumna žarnice za 30%.



Novi okov dušilke



Linearne fluorescenčne cevi so veliki izvori svetlobe in ustvarjajo “brezsenčno” osvetlitev. Kot takšne so idealne za delovno okolje, saj omogočajo maksimalno fleksibilnost pri razporeditvi pisalnih miz oz. strojev.



Lokalizirana osvetlitev z uporabo BIAX Extra Mini™ žarnic

CFL žarnice so v primerjavi z linearnimi fluorescenčnimi cevmi majhi izvori svetlobe in zato lahko ustvarijo enako močne sence, kot standardne žarnice. V domačem okolju lahko enolična brez-senčna osvetlitev deluje nekoliko umetno. Stopnje kontrastov v osvetlitvi poudarjajo, medtem ko sence odkrivajo texture in prikazujejo tridimenzionalni videz predmetov v prostoru.

Zmanjšanje posameznih cevi znotraj BIAX Extra Mini™ žarnice pa ima tudi tehnično prednost. Vse fluorescenčne cevi oddajajo nekaj svetlobe takoj, ko jih prižgemo, vendar pa potrebujejo nekaj minut, da dosežejo maksimalen učinek. V komercialnem oz. industrijskem okolju, tega navadno ne opazimo, saj se luči večinoma prižgejo še preden je prostor polno zaseden. V domačem okolju, kjer prižgemo luč šele ko pridemo v temen prostor, pa je to bolj očitno.

Zaradi manjšega premera cevi oz. notranjega volumna se BIAX Extra Mini™ hitreje segreje na ustrezno delovno temperaturo, kar pomeni da maksimalni svetlobni tok doseže v precej krajšem času.

Barva svetlobe in barvna vidnost sta kompleksni vprašanji, vendar pa se pogosto pozablja na izjemno prilagodljivost človeškega očesa. Dnevna svetloba večkrat dnevno nenadoma spremeni svojo intenzivnost, kot tudi barvo.

To je splošno sprejeto dejstvo in običajno sprememb nihče niti ne opazi. Zatemnilnik, s katerim uravnavamo standardno žarnico z volframovo nitko povzroči veliko spremembo tako v intenzivnosti, kot tudi barvi svetlobe. CFL žarnice so na pogled zelo podobne standardnim žarnicam in kadar imamo opravka z vgrajenimi svetilkami, ni mogoče natančno določiti, katera žarnica je v uporabi. Barvna vidnost objektov s pomočjo CFL žarnic je zelo dobra, vendar pa ne popolnoma enaka kot pri standardnih GLS žarnicah.

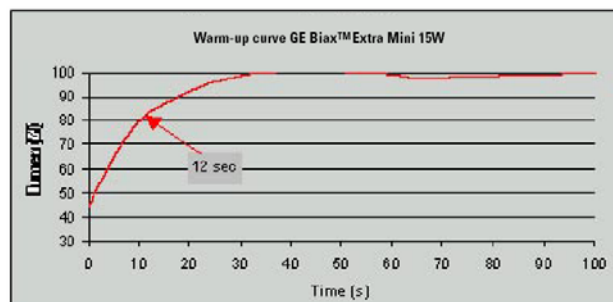
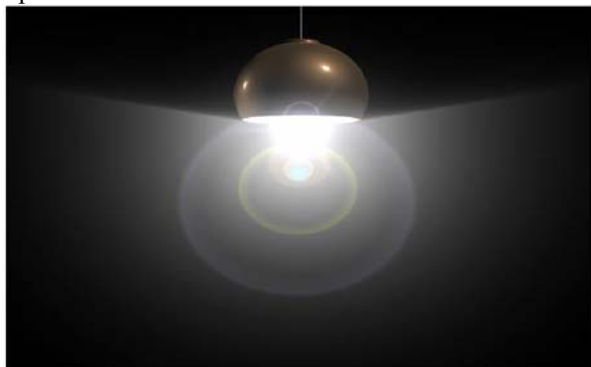
Čeprav se, kot že rečeno človeško oko zelo dobro prilagaja barvim spremembam, se lahko zmede, kadar je en sam prostor osvetljen z več različnimi svetlobnimi viri. Zato je priporočljivo, da se v okviru posameznega prostora vedno uporablja enak generični tip razsvetljave in kot tak omogoča konsistentno barvo svetlobe in barvno vidnost.

Večina predmetov za domačo rabo je kupljenih v maloprodajnih trgovinah, ki so razsvetljene s pomočjo fluorescenčnih cevi. CFL žarnice kot je BIAX Extra Mini TM so sestavljene iz popolnoma enakih komponent, kot flourescenčne cevi, zato so kupljeni predmeti doma videti enaki kot od nakupu.

Pričakovana življenjska doba prebivalcev razvitega sveta se je občutno povečala, zato je danes precej več starejšega prebivalstva, kot pred časom. Nacionalna priporočila glede jakosti razsvetljave, pa se niso povečala že od leta 1970.

Vendar pa je pri tem naslednji vidik večinoma spregledan. Občutljivost vida se s starostjo slabša in tako je osvetlitev mrežnice pri starosti 60 let le še ena tretjina le-te pri 20 letih. Zato je močnejša osvetlitev domov in javnih prostorov več kot dobrodošla.

Starajoče oko je bolj občutljivo na bleščanje, zato je velikost same žarnice zelo pomembna. Velikost predlagane žarnice za zamenjavo mora popolnoma ustrezati obstoječim svetilkam, pri čemer sama žarnica nikakor ne sme biti vidna. V preteklosti so bile CFL žarnice montirane v premajne svetilke in se kot take izkazale za neprimerne. BIAX Extra Mini TM žarnica pa bo ta problem v veliki meri odpravila.



Krivulja segrevanja GE BIAx Extra Mini TM žarnice

Zamenjava 60W žarnice s 75 ali 100 W žarnico je običajno nepraktična, saj bo po vsej verjetnosti prekoračila varnostno kapaciteto svetilke in pregorela. Močnejša žarnica pa lahko predstavlja tudi preveliko obremenitev in pregrevanje obstoječe električne napeljave in povzroči izpad varovalke. Če pa zamenjamo 60W standardno žarnico z 15W BIAx Extra Mini TM žarnico, bo svetloba za 25% močnejša brez nevarnosti pregrevanja, saj je poraba elektrike pri takšni žarnici manjša za 75%.

Potreba po zmanjšanju emisij CO₂ je mednarodno priznana. Z zamenjavo standardne volframove žarnice s CFL žarnico, pa lahko prispevamo tudi k zmanjšanju emisij ogljikovega dioksida v ozračje in tako preprečujemo onesnaževanje. Uporaba kompaktne fluorescenčne žarnice zmanjšuje onesnaževanje in istočasno proizvaja več svetlobe. Poleg tega pa porabi manj električne energije in s tem prispeva k zmanjšanju stroškov. Življenjska doba CFL je približno 12x daljša od standardne GLS žarnice, kar bistveno pripomore tudi k problematiki odstranjevanja odpadkov.

V preteklosti so bile navedene prednosti CFL žarnic zgolj teoretične narave, saj so bile veliko večje in kot take neprimerne za zamenjavo. Le-ta je bila fizično nemogoča ali pa je negativno vplivala na kvaliteto razsvetljave. Dobra razsvetljava mora zagotavljati učinkovit in udoben vidni učinek ter varno gibanje v prostoru. Dolgo časa je bila standardna GLS žarnica edina praktična rešitev. Zdaj pa lahko CFL žarnice zadovoljijo iste kriterije osvetlitve, ob manjši porabi električne energije in bistveno manjšem onesnaževanju okolja.



Popolno senčenje BIAx Extra Mini TM žarnice bistveno zmanjša bleščanje



Prihranek energije s prenovo javne razsvetljave

Leopold Potnik, inž. el.

TEHMAR, PROIZVODNJA, INŽENIRING IN TRGOVINA d.o.o., Panonska ul. 30, SI-2000 Maribor
Tel.: 02/450-15-50, Fax: 02/450-15-50; E-pošta: tehmar@tt-mb.si; Internet: <http://www.tt-mb.si>



Stare svetilke



		Svetilka				
Št. Trase	Trasa	Število svetilk	Moč	Tip		
1	Trg Svobode	20	125	UI		
		Kandelaber			Cestišče	Pločnik
Zap. Št.	Trasa	Vrsta	Višina	Razdalja	Širina	
1	Trg Svobode	Kovinski	3,5m	25	3	Ni



Predlagane svetilke

Ob upoštevanju, da kandelabri ostanejo se na osnovi svetlobno – tehničnega izračuna nudijo:

- Svetilke s 150W visokotlačnimi sijalkami (namesto 250W)
- Svetilke s 36W fluorescenčnimi sijalkami (namesto 125W)
- Svetilke s 23W fluorescenčnimi sijalkami (namesto 80W)

Predviden prihranek

386 kos svetilk	kWh	V mesecu dni (kWh)	V letu dni (kWh)
Potrošnja obstoječe razsvetljave	79,77	23.931,00	287.172,00
Potrošnja predvidene razsvetljave	23,74	7.122,00	85.464,00
Prihranek električne energije	56,03	16.809,00	201.708,00



Predviden prihranek

Cena energije 18,25 SIT	V mesecu dni (SIT)	V letu dni (SIT)
Vrednost plačila pred prenovo	443.202,12	5.318.425,44
Vrednost predvidenega plačila	131.899,44	1.582.793,28
Prihranek (SIT)	311.302,68	3.735.632,16

Izbira sodobnih, kvalitetnih svetilk

- TEKNA 1 150W CUT OFF za visoke kandelabre
- ALTRA2 FSD36W za nizke kandelabre
- IVELA 400 kroglja za nizke kandelabre



Skupna vrednost investicije

Predvidena vrednost investicije (z DDV)	15.024.866,00 SIT
Predviden prihranek v letu dni	3.735.632,16 SIT
Amortizacijski čas	4,5 let

Investitor se odloči za izvedbo projekta, ker so predvidevanja izpolnila njegova pričakovanja.

Pričakovanja investitorja:

- ✿ zmanjšati stroške plačila tokovine na polovico
- ✿ investicijo odplačevati 5 - 6 let



Izvedba prenove

Nove svetilke IVELA 400 s kov.rasterjem



Nove svetilke TEKNA1 CUT OFF



Nove svetilke ALTRA2 FSD36W





Rezultati prenove

Investicija prenove	15.024.866,00 SIT
Plačilo tokovine za leto 2003	5.436.732,00 SIT
Plačilo tokovine za leto 2004	2.870.240,00 SIT
Prihranek v letu dni	2.566.492,00 SIT
Amortizacijski čas za poplačilo investicije	5,8 let



Tehnični podatki

	Stara razsvetljava	Nova razsvetljava
Svetilke	93 kos 250 oz. 400W svetilk	93 kos 150W svetilk
	275 kos 125W svetilk	235 kos 36W svetilk
	18 kos 80W svetilk	58 kos 23W svetilk
Število svetilk	386	386
Porabljena energija	81,6kWh	46kWh
Porabljena energija v mesecu dni	24.489,80 kWh	13.798.7 kWh
Porabljena energija v letu dni	293.877,40 kWh	165.584,40 kWh

Prihranek električne energije

Prihranek	35,6 kWh
Prihranek v mesecu dni	10.691,10 kWh
Prihranek v letu dni	128.293,00 kWh

GE Consumer & Industrial
Lighting



GE imagination at work