

SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE

Bakmaz, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:250577>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Karlo Bakmaz

Svjetlosno onečišćenje

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Karlo Bakmaz

Light pollution

Final paper

Karlovac, 2021

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Karlo Bakmaz

Svjetlosno onečišćenje

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Filip Žugčić, mag.ing.el

Karlovac, 2021



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED
SCIENCE**

Trg J. J. Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac; Svibanj, 2021.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Karlo Bakmaz

Matični broj: 0415618076

Naslov: Svjetlosno onečišćenje

Opis zadatka:

Uvodno proučiti i opisati svjetlost, njena svojstva i izvore.

U središnjem djelu rada opisati kako nastaje svjetlosno onečišćenje, koje su posljedice istog, kako se pravno regulira, te zakone i norme koji govore o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja. Uz osvrt na koji način djelovati na smanjenje emisija štetnog svjetlosnog zračenja.

Zaključno iznijeti mišljenje i prijedloge o temi.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

01/2021

05 /2021

07 /2021

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Filip Žugčić, mag.ing.el.

PREDGOVOR

Svjetlosno onečišćenje je gorući ekološki problem, koji je "nevidljiv", ali itekako prisutan u našoj svakodnevnici i bitno utječe na kvalitetu našeg života i okoliša. Upravo iz tog razloga sam se odlučio za baš tu temu završnog rada, kako bi objedinio znanja i vještine stečene tijekom ovog stručnog studija.

Tijekom pisanja i stvaranja ovog rada uloženo je mnogo vremena na istraživanje, analiziranje i naposljetku pisanje. Stoga se iskreno zahvaljujem mentoru mag.ing.el. Filipu Žugčiću na mentorstvu, odnosno na svakom savjetu, sugestiji, kritici i razumijevanju tijekom ovog procesa.

Zahvaljujem se svim profesorima na prenesenom znanju tijekom ovog studija, te kolegama koji su cijeli taj proces studiranja učinili zabavnim i manje stresnim. Međutim najviše se zahvaljujem svojim roditeljima, koji su mi omogućili studiranje, te koji su mi tijekom studiranja bili bezuvjetna podrška i vjerovali u mene.

SAŽETAK

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje, čiji je dio spektra vidljiv ljudskom oku i on nam omogućava vidjeti. Međutim da bi mogli vidjeti u noćnim uvjetima koristimo umjetne izvore svjetlosti, koji emitiraju svjetlost van korisnog područja, te time stvaraju svjetlosno onečišćenje.

U prvom dijelu rada opisano je što je svjetlost, koji su izvori i svojstva svjetlosti. Dok je u središnjem dijelu rada opisano što je svjetlosno onečišćenje, kako je pravno regulirano, kako nastaje i koje su mu posljedice. Uz osvrt koji su čimbenici potrebni da se svjetlosno onečišćenje smanji.

Ključne riječi: svjetlost; izvori svjetlosti; svojstva svjetlosti; svjetlosno onečišćenje; pravni propisi; posljedice svjetlosnog onečišćenja; smanjenje svjetlosnog onečišćenja.

ABSTRACT

Light is electromagnetic radiation, part of the spectrum of which is visible to the human eye and it allows us to see. However, in order to be able to see at night, we use artificial light sources, which emit light outside the useful area, thus creating light pollution.

The first part of the paper describes what light is, what the sources and properties of light are. While in the central part of the paper it is described what light pollution is, how it is legally regulated, how it occurs and what its consequences are. With a review of what factors are needed to reduce light pollution.

Keywords: light; light sources; light properties; light pollution; legal regulations; consequences of light pollution; reduction of light pollution.

SADRŽAJ

1.UVOD	1
1.1.Predmet i cilj rada	2
1.2.Izvori podataka i metode prikupljanja	2
2.SVJETLOST	3
2.1.Izvori svjetlosti	5
2.2.Svojstva svjetlosti	10
3.SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE	12
3.1.Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19)	13
3.1.1.Mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja	14
3.1.2.Planiranje, gradnja, održavanje i rekonstrukcija vanjske rasvjete.....	16
3.2.Pravilnik o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim zonama rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima (NN128/20)	17
3.3.Kako javna rasvjeta stvara svjetlosno onečišćenje?	19
3.4.Posljedice svjetlosnog onečišćenja	22
4.KAKO SMANJITI SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE?	28
5.ZAKLJUČAK	32
6.LITERATURA	33
7.POPIS PRILOGA	35
7.1.Popis slika.....	35

1. UVOD

Svjetlost je pojava koja je naša svakodnevnica, o kojoj uopće ne razmišljamo kao takvoj, već se njome jednostavno i prirodno služimo kao i s zrakom koji udišemo.

Uloga svjetlosti je da nam omogućava vidjeti, odnosno da nam obasjava tamu. U fizici se svjetlost smatra uskim pojasom elektromagnetskog zračenja, odnosno elektromagnetskog spektra na koje je ljudsko oko osjetljivo. Stoga je svjetlost jedan od oblika energije, koji se sastoji od titrajućih jedinica energije, čiji se izvor prenosi u valovima. Svjetlost se tako dijeli na prirodne i umjetne izvore svjetlosti.



Sl .1. Noćna rasvjeta u Zagrebu [1]

Međutim globalnim napretkom čovječanstva i razvojem umjetnih izvora svjetla, te pretjerane upotrebe umjetnog svjetla, dolazi do svjetlosnog onečišćenja. Svjetlosno onečišćenje nastaje uslijed nekorisnih i nepotrebnih emisija svjetlosti izvan prostora kojeg je potrebno osvijetliti, te zbog uporabe loše dizajniranih rasvjetnih tijela koji nisu ekološki i često su nepravilno postavljena. Upravo takva neadekvatna svjetlost nepovoljno djeluje na čovjeka i ravnotežu okoliša. Stoga ćemo se u ovom radu baviti tom problematikom.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada je svjetlosno onečišćenje. Međutim da bi razumjeli pojam svjetlosnog onečišćenja, treba se upoznati s pojmom svjetlosti i njegovim karakteristikama i vrstama.

Stoga je cilj ovog rada opisati kako svjetlosno onečišćenje nastaje, koje su posljedice takvog onečišćenja, te kako pravni propisi mogu utjecati na smanjenje štetnih svjetlosnih emisija. Uz osvrt na razvoj moderne ekološke rasvjete čija je svrha smanjenje svjetlosnog onečišćenja, koje se smatra kao najaktualniji vid zagađenja današnjice.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Izvori podataka korišteni za ovaj rad su isključivo dostupni stručni članci vezani za temu na internetskim stranicama, te stručna literatura iz područja fizike i ekologije, kao i pravni propisi vezani za temu.

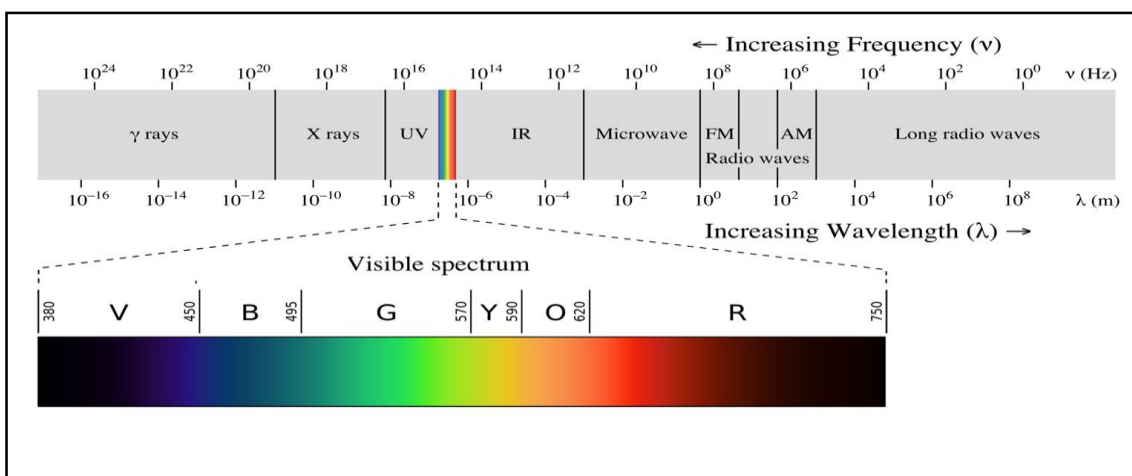
Metoda prikupljanja podataka korištenih za izradu ovog rada je prikupljanje različitih dostupnih materijala, iz različitih izvora informacija. Koji se objedinjuju, analiziranjem i povezivanjem zajedničkih pojmova, te donošenjem zaključka.

2. SVJETLOST

Kao što smo u uvodnom dijelu naveli, svjetlo je nešto što obasjava tamu i omogućava nam vidjeti. Stoga ne razmišljajući ukoliko je tamno oko nas upalimo svjetiljku, da vidimo. No međutim između tog pokreta prekidača i svjetla svjetiljke stoji više od stoljeća kontinuiranog tehničkog razvoja.

Svjetlost je dio elektromagnetskog zračenja, čiji je spektar vidljiv ljudskom oku. Elektromagnetsko zračenje predstavlja zračenje elektromagnetskih valova različitih valnih duljina, pri čemu svako zračenje zrači određenom frekvencijom. Stoga spektar elektromagnetskog zračenja dijelimo na:

- γ zračenje;
- Rendgensko zračenje (x zračenje);
- Ultraljubičasto zračenje (UV zračenje);
- Vidljivi dio spektra, odnosno svjetlost;
- Infracrveno zračenje (IR zračenje);
- Mikrovalovi;
- Radio valovi (FM i AM).



Sl. 2. Vidljivi spektar elektromagnetskog zračenja [2]

Svjetlošću se nazivaju sva zračenja koja emitiraju izvor svjetlosti, stoga se uz vidljivo zračenje, svjetlošću smatraju još ultraljubičasto i infracrveno zračenje.

Svjetlost kao zračenje djeluje na mrežnicu oka, te tim podražajem potiče osjet vida. Zbog toga je svjetlost od izuzetne važnosti za čovjeka, jer oko je receptor putem kojeg dobivamo do 80% svih informacija iz svoje okoline. Stoga iako je maleni raspon vidljivog spektra svega od 380 nm do 750 nm, naše oko odlično raspoznaje vrlo male razlike u njemu i one se nazivaju boje [3].

Bojom se smatra boja koju neko tijelo reflektira kada je osvjetljeno bijelom svjetlošću. Bijela svjetlost je sastavljena od kontinuiranog niza svih boja vidljivog spektra elektromagnetskog zračenja. Stoga osvjetljeno tijelo će biti obojano nekom bojom, ako mu površina apsorbira bijelu svjetlost samo na određenom valnom području, te će prema tome ovisiti frekvencija reflektiranog zračenja, odnosno koje je boje to tijelo. Tako primjerice trava upija crvenu i plavu svjetlost, a odbija zelenu i zbog tog nam je trava zelena. Svaka boju koju poznajemo, odnosno vidimo, je valna duljina sunčeve svjetlosti koja se najbolje reflektira.

Boja	raspon valnih duljina	frekvencijski raspon
crvena	~ 625 – 740 nm	~ 480 – 405 THz
narančasta	~ 590 – 625 nm	~ 510 – 480 THz
žuta	~ 565 – 590 nm	~ 530 – 510 THz
zelena	~ 500 – 565 nm	~ 600 – 530 THz
cijan	~ 485 – 500 nm	~ 620 – 600 THz
plava	~ 440 – 485 nm	~ 680 – 620 THz
ljubičasta	~ 380 – 440 nm	~ 790 – 680 THz

Sl. 3. Boje vidljive ljudskom oku [4]

S tim da intenzitet boje ovisi o jačini izvora svjetlosti, te je tako primjerice boja intenzivnija za sunčanih dana, nego za oblačnih dana [3].

2.1. Izvori svjetlosti

Fizikalno tijelo s kojeg dolazi podražaj svjetlosti oku, odnosno očnom živcu, naziva se izvor svjetlosti. Izvori svjetlosti mogu biti:

- Primarni;
- Sekundarni;
- Prirodni;
- Umjetni.

Primarni izvori svjetlosti, a ujedno i prirodni su oni koji svijetle sami od sebe. Pod njih smatramo Sunce, zvijezde, užarene kovine, tijela visoke temperature, te tijela koja isijavaju svjetlost na temelju kemijskih procesa što se u njima zbivaju (svjetleći kukci, fosfor), ali i tijela koja svijetle zbog električnog izbijanja (razrijeđeni plinovi u svjetlećim cijevima). Primarni izvori svjetlosti su ujedno i prirodni izvori svjetlosti.

Sekundarni izvori svjetlosti su sva tijela od kojih se svjetlost odbija, odnosno tamno tijelo može djelovati kao izvor svjetlosti kad na njega pada svjetlost i odbija se od površine. Najbolji primjer sekundarnog izvora svjetlosti je Mjesec, Sunčeva svjetlost pada na njega kao na tamno tijelo i odbija se od njegove površine.

Umjetni izvori svjetlosti su oni kojima svjetlost nastaje izgaranjem ili zbog zagrijavanja električnom energijom na visokoj temperaturi. Umjetni izvori svjetlosti su baklje, svijeće, žarulje, električni luk i slično. Žarulje su najrašireniji umjetni izvor svjetlosti na svijetu te ih dijelimo na:

- žarulje sa žarnom niti (električne žarulje);
- halogene žarulje;
- fluorescentne žarulje;
- živina, natrijeva, metalhalogena žarulje (visokotlačne žarulje na izboj);
- led žarulje.

- Električne žarulje

Električna žarulja je umjetni svjetlosni izvor sa žarnom niti, koja se prolaskom električne struje užari do usijanja i emitira svjetlost.

Žarna nit se izrađuje najčešće od volframa, prelaznog metala koji je specifičan po visokom talištu. Ta žarna nit je smještena u vakuumu ili nekom plemenitom plinu staklenog kruškolikog balona, koji štiti nit od oksidacije i pregaranja. Međutim žarulja sa žarnom niti vrlo mali dio električne energije pretvara u svjetlost, a veći dio energije u toplinu i ultraljubičasto i infracrveno zračenje, čime joj je slaba iskoristivost. Iako je cijelo stoljeće služila čovječanstvu, danas je sve rjeđe u uporabi, te je u nekim zemljama čak i zabranjena uporaba električne žarulje sa žarnom niti [5].

- Halogena žarulja

Halogena žarulja radi po principu električne žarulje sa žarnom niti. Međutim razlika je u tome što atmosferu unutar staklenog balona ne čini vakuum već halogeni plinovi poput joda i broma. Tako volframova nit u reakciji s halogenim plinom stvara halogeni ciklus, odnosno ciklus tijekom kojeg se ispareni volfram ponovno deponira na nit. Čime se zadržava prozirnost staklenog balona, ali i čime se uvelike produžuje vijek trajanja nego u najobičnije žarulje sa žarnom niti. Također tipično za halogene žarulje je funkcioniraju na višim temperaturama od klasične žarulje, te samim time daju više svjetla. Međutim baš zbog više temperature koju emitira, treba biti udaljena od zapaljivih stvari najmanje pola metra, a u slučaju da je preblizu stropa vrlo često strop potamni od njezine visoke temperature [6].


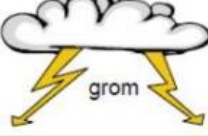







- Fluorescentne žarulje

Izvore svjetlosti s izbojem plina dijelimo na fluorescentne cijevi i fluokompaktne žarulje, odnosno savijene fluorescentne cijevi.

Kod fluorescentne cijevi svjetlost se generira izbojem u živinim parama visoke lumioznosti, pri čemu nastaje nevidljivo ultraljubičasto zračenje, koje se

fosfornim slojem na unutarnjoj stijenci cijevi pretvara u vidljivo svjetlo. Takav način generiranja svjetla naziva se foto-luminiscencija. Prednost ovakvih izvora svjetlosti pred žaruljama sa žarnom niti su veća svjetlosna iskoristivost, dulji vijek trajanja, te veliki svjetlosni tok. Međutim ovakvi izvori svjetla se ne mogu spajati direktno na mrežni napon, te je potrebno da postoji predspojna naprava, odnosno uređaj za generiranje visokog inicijalnog napoja i uređaj za ograničavanje struje kroz cijev.

Fluokompakte žarulje (Compact Fluorescent Lamps – CFL) su kao što smo rekli, savinute fluorescentne cijevi. Za razliku od cijevi imaju manju dimenziju izvora svjetlosti, ali sve ostale karakteristike su iste. Postoje osnovne dvije vrste ovakvih žarulja, kada je predspojna naprava odvojena od žarulje i kad je predspojna naprava integrirana u žarulju. Prvenstveno su bile osmišljene kao zamjena za standardne žarulje snage 25-100 W, međutim zahvaljujući konstantnom napretku razvoja područje primjene im se uvelike proširilo. Stoga danas su fluokompaktne žarulje jedan od najpopularnijih korištenih izvora svjetlosti, jer spajaju kompaktne dimenzije i visoku iskoristivost fluorescentnih cijevi. Pri zamjeni obične žarulje sa žarnom niti s floukompatnom žaruljom ostvaruje se ušteda električne energije skoro 80%, stoga su ovakve žarulje u široj primjeni puno poznatije pod nazivom štedne žarulje. Međutim uz sve pogodnosti iskoristivosti štedne žarulje, jedna je mana, a to što je u njoj prisutnost žive, što je ekološki krajnje neprihvatljivo [7].

	Termičko zračenje	Električno zračenje	Luminiscencija
Prirodni izvori svjetla	sunce 	grom 	krijesnica 
Umjetni izvori svjetla	standardna žarulja  halogena žarulja 	živina žarulja metalhalogena žarulja natrijeva žarulja 	dioda 
	žarulja s mješanim svjetlom 	fluorescentne cijevi 	

Sl. 4. Izvori svjetlosti [9]

- Visokotlačne žarulje na električni izboj

Među ovu vrstu žarulja odnosno izvora svjetlosti spadaju živine žarulje, metalhalogene žarulje i visokotlačne natrijeve žarulje.

Visokotlačne žarulje na izboj funkcioniraju tako što se izboj u plinu događa u žišku, između elektroda. Žižak sadrži startni plin, te se on lagano ionizira i neki element (živa, natrij, mješavine elemenata) koji isparava pri izboju, potom se stvara karakteristično svjetlo. Žižak takvih žarulja se izrađuje od kvarcnog stakla ili posebne vrste keramike, te se nalazi unutar zaštitnog balona koji ga štiti od vanjskih utjecaja. Balon služi i kao zaštita od UV zračenja, te često ima sloj difuznog materijala koji smanjuje bliještanje samog izvora. Visokotlačne žarulje na izboj zbog različitih načina generiranja svjetla imaju međusobno vrlo različite karakteristike kao i vrste grla.

Živina žarulja (HQL) generira svjetlost izbojem u živinim parama, koji isparava nakon što se pojavi početni izboj u argonu. Start ovakve žarulje postiže se pomoću startne elektrode (SE), a za pogon je potrebna prigušnica. Sam postupak paljenja traje par minuta, a ponovnog paljenja na toplo i do deset minuta. Specifična je i po tome što vanjski balon sadrži i sloj fosfora, koji služi za pretvaranje dijela UV zračenja u vidljivu svjetlost. Žarulja sa miješanim svjetlom (HWL) je isto živina žarulja, koja ima dodanu žarnu nit, čija je uloga prigušnica. Specifična je po toplijoj temperaturi boje i poboljšanom faktoru uzvrata boje, te se proizvodi u snagama do 500 W kao zamjena za velike žarulje sa žarnom niti. Sam postupak paljenja traje do dvije minute, a ponovnog paljenja na toplo do pet minuta. Živine žarulje se primjenjuju u javnoj rasvjeti i industrijskom svjetlu, te se ne preporučuju za novije vrste instalacija. Najveća mana im je velika količina žive koju sadrže, te se postupno zabranjuje njihova upotreba u svijetu.

Metalhalogene žarulje (HQI/HCI) vrlo su slične principu rada živinih žarulja, no kao dodatak živinom punjenju koriste različite metalhalogenide. Oni se pri višim temperaturama raspadaju i stvaraju vidljivo zračenje cijelog spektra. Te kako se približavaju hladnijoj stijenci balona, metalhalogenidi se rekombiniraju i ciklus se ponavlja. Metalhalogene žarulje postižu kvalitetno svjetlo i visoku iskoristivost.

Ove žarulje se proizvode u snagama od 35 do 3500 W, te imaju široko područje primjene. Koriste se za unutarnju rasvjetu, javnu rasvjetu, foto rasvjetu, efekt rasvjetu, te auto rasvjetu. Za pogon ovih žarulja potreban je poseban visokonaponski startni element (propaljivač) koji daje potreban naponski impuls. Paljenje ovakve žarulje traje do tri minute, a ponovno paljenje na toplo do dvadeset minuta

Natrijeve žarulje (NAV) funkcioniraju tako što se izboj događa u natrijevim parama uz dodatak ksenona za lakši start i bolju iskoristivost, te malu količinu žive. One postižu vrlo dobru iskoristivost uz slabiji uzvrat boje i toplu temperaturu boje. Koriste se kao odlično rješenje za osvjetljivanje prometnica. Paljenje traje do pet minuta ,dok paljenje na toplo traje do dvije minute, što čini izraziti pomak kod brzine paljenja za razliku od živinih žarulja. Razlog tomu je što metalhalogene žarulje imaju manji pogonski tlak, dok kod živinih žarulja za ponovno paljenje je potrebno čekati da se žarulja ohladi, jer joj hlađenjem pada i tlak [7].

- Led žarulje

Led žarulja ili led dioda je potpuno drugačija od žarulja sa žarnom niti i staklenog balona. Ona ima staklenu ovojnicu koja je sastavljena od malenih pločica i elektroničkih komponenti. Led žarulja je izum s dvije elektrode (anodom i katodom) kroz koje u jednom smjeru teče električna energija (ulazi u anodu i izlazi iz katode). Na takav način djeluje kao poluvodički uređaj koji emitira vidljivu svjetlost kada kroz njega prolazi struja, kao obrnuti proces fotonaponskim ćelijama koje sunčevu svjetlost pretvaraju u struju. Led žarulje su danas u vrlo širokoj upotrebi, javnoj rasvjeti, našim domovima, industriji, uredskim prostorima. Velika prednost im je što ne sadrže štetne i opasne tvari , te ne zahtijevaju posebne načine skladištenja. S obzirom na učinkovitost, ona je veća za 85% nego kod žarulja sa žarnom niti, jer sa relativno malom snagom ima odlična svojstva rasvjetljavanja, te vrlo malo proizvedene svjetlosti se emitira u toplinu. Led žarulje traju i do 50 puta duže nego neke druge žarulje, čime se rjeđe treba ulagati u njih, a samim time se stvara manje otpada [8].

2. 2. Svojstva svjetlosti

Svaka fizikalna pojava pa tako i svjetlost ima određena svojstva po kojima se razlikuje od ostalih, te koja se ispituju i računaju, kako bi dobili potrebne informacije za daljnji razvoj rasvjete, a time i smanjenja nastanka svjetlosnog onečišćenja. Stoga ćemo upoznati one osnovne pojmove koji čine svjetlost.

- Svjetlosni tok i količina svjetla

Svjetlosni tok je fotometrijska fizikalna veličina koja opisuje snagu odaslanog, prenesenog ili primljenog svjetlosnog zračenja. Odnosno svjetlosni tok je količina svjetlosti koju točkasti izvor šalje u prostor u svim pravcima u jednoj sekundi. Mjerna jedinica kojom se označava svjetlosni tok je lumen (lm), a svjetlosni tok označavamo Φ_s . Svjetlosni tok je umnožak svjetlosne jakosti I_s i kuta osvijetljenja ω .

Količina svjetlosti odnosno svjetlosna energija Q_s izražava se u lm·s (lumen·sekunda), a definira ju umnožak svjetlosnog toka i vremena kojeg svjetlosni izvor šalje svjetlo [10].

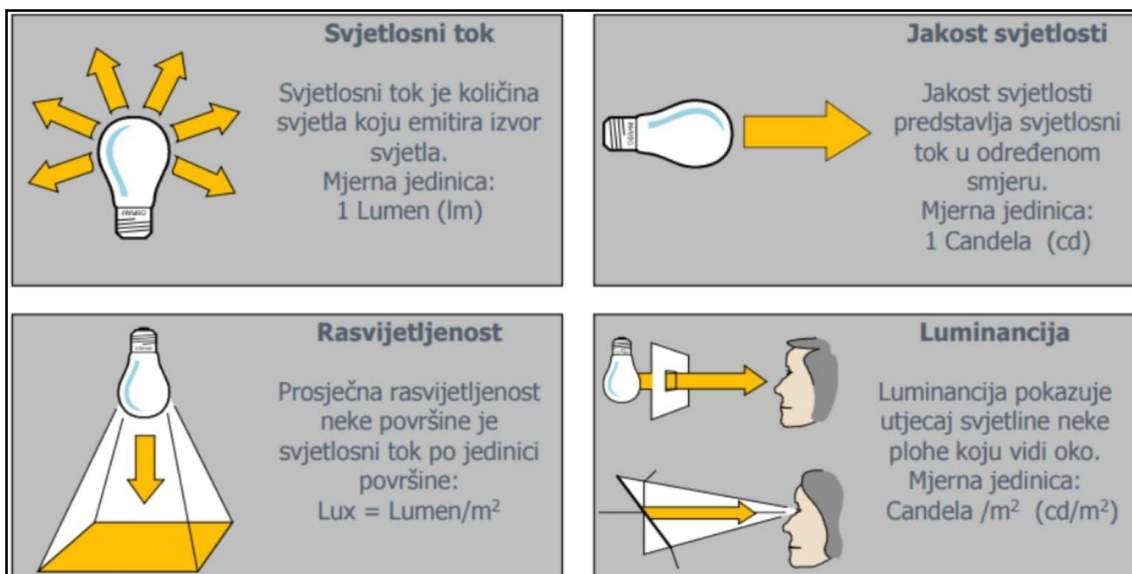
Svjetlosni tok: $\Phi_s = I_s \cdot \Omega$ [lm]

Svjetlosna energija: $Q_s = \Phi_s \cdot t$ [lm·s]

- Jakost svjetlosti

Jakost svjetlosti je jedna od osnovnih fizikalnih veličina koje opisuju snagu elektromagnetskog zračenja u području vidljive svjetlosti, čija je mjerna jedinica kandela (cd). Određuje ju energija koju u jedinici vremena neki izvor svjetlosti preda u neki dio prostornog kuta. Određujemo ju kao količnik svjetlosnog toka Φ_s koji emitira točkasti izvor svjetlosti i kuta ω .

Jakost svjetla: $I_s = Q_s / \omega$ [cd]



Sl. 5. Osnovna svojstva svjetla [11]

- Luminancija

Luminancija je sjajnost osvijetljene i svjetleće površine kako ju ljudsko oko vidi, te je jedina fotometrijska veličina koju ljudsko oko može direktno vidjeti. Mjerna jedinica za luminanciju je kandela / površinu, odnosno cd/m^2 , te ju nazivamo nit (nt). Luminancija kao pojava opisuje fiziološki učinak svjetlosti na ljudsko oko.

- Rasvjetljenost

Rasvjetljenost je mjerilo za količinu svjetlosti koja pada na neku površinu. Rasvjetljenost E_s je određena količnikom svjetlosnog toka i površinom na koju svjetlost pada. Mjerna jedinica za rasvjetljenost je lux (lx), koja definira rasvjetljenost površine jednog metra kvadratnog na koji pada ravnomjerno raspodijeljeni svjetlosni tok od jednog lumena [12].

3. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE

Svjetlosno onečišćenje je rastući globalni problem, kojem se uvelike tek u skorije doba posvećuje sve više pažnje. Svjetlosno onečišćenje okoliša predstavlja ekonomski, sigurnosni, ekološki, astronomski i zdravstveni problem.

Najjednostavniji opis svjetlosnog onečišćenja kao problema je, da se njime smatra svako umjetno proizvedeno svjetlo koje nepotrebno odlazi u okoliš. Odnosno svjetlosno onečišćenje je promjena prirodne razine svjetlosti u noćnim uvjetima koja je uzrokovana emisijama svjetlosti iz umjetnih izvora svjetlosti, koje nepovoljno djeluju na zdravlje ljudi, te ugrožava sigurnost u prometu pojavom blještavila u noćnim uvjetima. Također zbog posrednog ili neposrednog zračenja svjetlosti prema nebu svjetlosno onečišćenje ometa život i seobu ptica, kukaca i ostalih životinja, te remeti rast biljaka i prirodnu ravnotežu flore i faune. Svjetlosno onečišćenje uvelike ometa astronomska promatranja neba i nepotrebno troši električnu energiju, te narušava noćni krajobraz [13].



Sl. 6. Kako nastaje svjetlosno onečišćenje [14]

Najveći odraz svjetlosnog onečišćenja je povećanje rasvijetljenosti noćnog neba, što je uzrokovano pretjeranim intenzitetom korištenja rasvjete, koja nastaje zbog emitiranja vidljivog i nevidljivog spektra svjetlosti, prirodnog ili umjetnog porijekla na sastavnicama okoliša i atmosfere, koji za sobom donose štetne posljedice za čovjeka i okoliš [13].

Stoga da bi se takva "nevidljiva" štetnost, koja djeluje na svaki segment kvalitete života ljudi, te normalne funkcije flore i faune okoliša, dovela pod kontrolu, pravno je regulirana zakonskim aktom.

3.1. Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19)

Prema Zakonu o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja uređeno je u kojim je sve segmentima potrebno djelovati kako bi se smanjilo i kontroliralo svjetlosno onečišćenje na području Republike Hrvatske.

Stoga je cilj ovog Zakona zaštita od svjetlosnog onečišćenja koje uzrokuje emitiranje svjetlosti umjetnih izvora svjetlosti u okoliš, čijem su nepovoljnom i štetnom utjecaju izloženi ljudi, cjelokupna flora i fauna, noćno nebo. Zaštita od svjetlosnog onečišćenja se postiže korištenjem energetski učinkovitije zaštite, čime bi se osigurala zaštita zdravlja ljudi, te cjelokupne kvalitete i ravnoteže okoliša, te bi se trebala provoditi tijekom noći. Također jedan od ciljeva ovog Zakona je u energetske smislu smanjiti potrošnju električne energije za javnu rasvjetu, čime bi se postiglo racionalno korištenje prirodnih dobara i energije na najpovoljniji način za okoliš, kao osnovni uvjet javnog zdravstva, zdravlja i temeljnog koncepta održivog razvoja.

Kako bi bolje razumjeli ovaj Zakon potrebno je da znamo značenja pojedinih važnijih pojmova, poput:

- Rasvjeta – je sustav rasvjetnih tijela, odnosno svjetiljki i druge opreme, projektiran i izgrađen na propisan način koji se koristi za rasvjetljavanje okoline umjetnim svjetlom.

- Vanjska rasvjeta – je rasvjeta koja se koristi za rasvjetljavanje okoliša, te može biti: cestovna, dekorativna, krajobrazna, javna...
- Ekološka rasvjeta – je rasvjeta sastavljena od ekološki prihvatljivih svjetiljki.
- Ekološki prihvatljive svjetiljke – su svjetiljke koje zadovoljavaju potrebu za umjetnom rasvijetljenošću, a čija je emisija svjetlosti u skladu s uvjetima zaštite o svjetlosnog onečišćenja propisanog ovim Zakonom.
- Plan rasvjete – je plan vanjske rasvjete i dekorativne rasvjete koji jedinice lokalne samouprave donose u skladu s prostornim i urbanističkim planovima, te kojim se određuju zone ugradnje svjetla i tehnički parametri rasvjete u skladu s ovim Zakonom.
- Rasvijetljenost neba – je rasvijetljenost noćnog neba koja nastaje zbog raspršenja svjetlosti, prirodnog ili umjetnog podrijetla, na sastavnim dijelovima atmosfere.
- Štetni učinak – je nedopušteni učinak rasvijetljenosti koji uzrokuje mjerljivu promjenu prirodne rasvijetljenosti u noćnim uvjetima ili poremećaj u funkcioniranju prirodnih dobara i drugih sastavnica okoliša, te ljudskog zdravlja [15].

3.1.1. Mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja

Jedinice lokalne samouprave, pravne i fizičke osobe koje su operateri rasvjete, te projektanti, investitori i izvođači rasvjete dužni su provoditi mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja, te osigurati njihovo provođenje u skladu s ovim Zakonom.

Mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja obuhvaćaju zaštitu od nepotrebnih i štetnih emisija svjetlosti, koje nastaju u prostoru, zoni, te izvan zone koju je potrebno osvijetliti. Također obuhvaćaju zaštitu noćnog neba, te okoliša od umjetne rasvjete vodeći računa o zdravstvenim, biološkim, ekonomskim, kulturološkim, pravnim, sigurnosnim, astronomskim i drugim uvjetima i potrebama. Međutim provođenjem mjera zaštite od svjetlosnog onečišćenja ne

smiju se ugroziti sastavnice okoliša, te razina kvalitete života. Mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja se provode radi:

- sprečavanja i smanjenja prekomjernih emisija svjetlosti;
- smanjenja postojeće rasvijetljenosti okoliša na dopuštene vrijednosti;
- udovoljavanja zahtjevima za zaštitu koja se odnose na rasvjetna tijela, način rada i postavljanja rasvjetnih tijela.

Obvezne mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja su:

- pri ugradnji novih izvora svjetlosti provode se planiranjem, projektiranjem i gradnjom u skladu s ovim Zakonom;
- smanjenje emisije svjetlosti valnih duljina ispod 500 nm u okoliš;
- kad se kod postojeće vanjske rasvjete provodi sanacija izvora svjetlosti kod kojih je svjetlosni tok usmjeren iznad horizontale tijekom redovitog održavanja;
- provođenje redovitog održavanja vanjske rasvjete i rekonstrukcije iste u skladu s akcijskim planom.

Sve primijenjene mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja trebaju biti u skladu s ovim Zakonom, te zakonskim propisima iz područja zaštite okoliša i energetske učinkovitosti.

Mjerenje i praćenje rasvijetljenosti okoliša može obavljati pravna i fizička osoba koja je akreditirana za tu djelatnost od Hrvatske akreditacijske agencije. Samo mjerenje i način propisani su posebnim Pravilnikom koje donosi ministar nadležnog ministarstva.

Za upravljanje javnom rasvjetom odgovoran je i zadužen operater, te je dužan tijekom dana osigurati ugašenost javne rasvjete, osim u teškim i nepreglednim vremenski uvjetima (gusta magla, snijeg, olujno nevrijeme,...).

Što se tiče rasvjete ovim Zakonom je zabranjeno:

- rabiti svjetlosne snopove usmjerene prema nebu ili prema prirodnom vodnom tijelu;

- vanjskom rasvjetom osvijetljivati otvore na objektu iznad vrijednosti propisanih prema posebnom Pravilniku;
- postavljati vanjsku rasvjetu tako da svojim usmjerenjem i izlaznim svjetlosnim tokom svjetlosti na otvorima proizvodi emisije veće od dopuštenih;
- na transparentnim fasadama svjetiljke interijera usmjeravati prema gore, odnosno prema vidljivom nebu;
- ugrađivati svjetiljke i ostale izvore svjetlosti protivno načinu upravljanja rasvjetom koji je propisan;
- postavljati svjetiljke u položaj u kojem svijetle u horizont i iznad njega, te u prirodna vodna tijela;
- u zaštićenim područjima, zbog očuvanja eko sustava, te ravnoteže flore i faune, postavljati svjetiljke korelirane temperature boje svjetlosti iznad 2200K.

3.1.2. Planiranje, gradnja, održavanje i rekonstrukcija vanjske rasvjete

Pri planiranju, gradnji, projektiranju, održavanju i rekonstrukciji vanjske rasvjete potrebno je odabrati rješenja koja osiguravaju energetske učinkovitost, te izvedbu koja je u skladu s važećim normama iz područja rasvjete. Plan rasvjete kao podlogu za projekt vanjske rasvjete izrađuje jedinica lokalne samouprave. Dok se akcijskim planom rasvjete planira gradnja nove vanjske rasvjete i postizanje usklađenosti postojeće vanjske rasvjete s odredbama ovog Zakona [15].

3.2. Pravilnik o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim zonama rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima (NN 128/20)

Ovaj pravilnik je donesen na temelju članka 9. Zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19), te se njime propisuju obvezni načini i uvjeti upravljanja rasvjetljavanjem, zonama rasvijetljenosti i zaštite, najviše dopuštene vrijednosti rasvjetljavanja. Njime se također propisuju uvjeti za odabir i postavljanje svjetiljki, kriteriji energetske učinkovitosti, te uvjeti i najviše dopuštene vrijednosti korelirane temperature boje izvora svjetlosti.

Standardi upravljanja rasvijetljenosti okoliša na području Republike Hrvatske dijele se na zone rasvijetljenosti, koje ovise o sadržaju i aktivnosti koja se u tom području nalazi, stoga se one dijele na:

- E0 – područje prirodne rasvijetljenosti

To su područja parkova tamnog neba, prirodna područja otvorenog prostora izvan granica naselja, te zaštićena područja i dijelovi krajobraza, kao i krajobrazne infrastrukture. Stoga u tim područjima vanjska rasvjeta ozbiljno i negativno utječe na prirodno okruženje, te je u njima ljudska aktivnost podređena prirodi i umjetne vrste svjetlosti se koriste minimalno ili nikako.

- E1 – područje tamnog krajolika

To su područja s ograničenom noćnom aktivnosti, koja mogu biti ruralna ili urbana, te međumjesne lokalne prometnice i zaštićena područja koja su izvan granica naselja, a ne spadaju u E0 zaštićena područja. U tim područjima vanjska rasvjeta negativno djeluje na floru i faunu, te bitno remeti karakter područja. Stoga je vizura stanovnika i korisnika prilagođena razinama slabe rasvijetljenosti, te se ista koristi za sigurnost i ugođaj.

- E2 – područje niske ambijentalne rasvjetljenosti

To su građevinska područja naselja i rezidencijalne zone, te zaštićena područja unutar granica naselja. U tim područjima je ljudska aktivnost prilagođena umjerenom rasvjetljenosti, odnosno rasvjeta doprinosi sigurnosti i ugodaju, te osvjetljavanju prometnica.

- E3 – područje srednje ambijentalne rasvjetljenosti

U ta područja spadaju industrijske i trgovačke zone van i unutar naselja, te prometne infrastrukture. To su područja ljudske aktivnosti u kojima je vizura ljudi i korisnika prilagođena umjerenim do srednje jakim razinama rasvjetljenosti. U tim područjima je javna rasvjeta jednolična i kontinuirana.

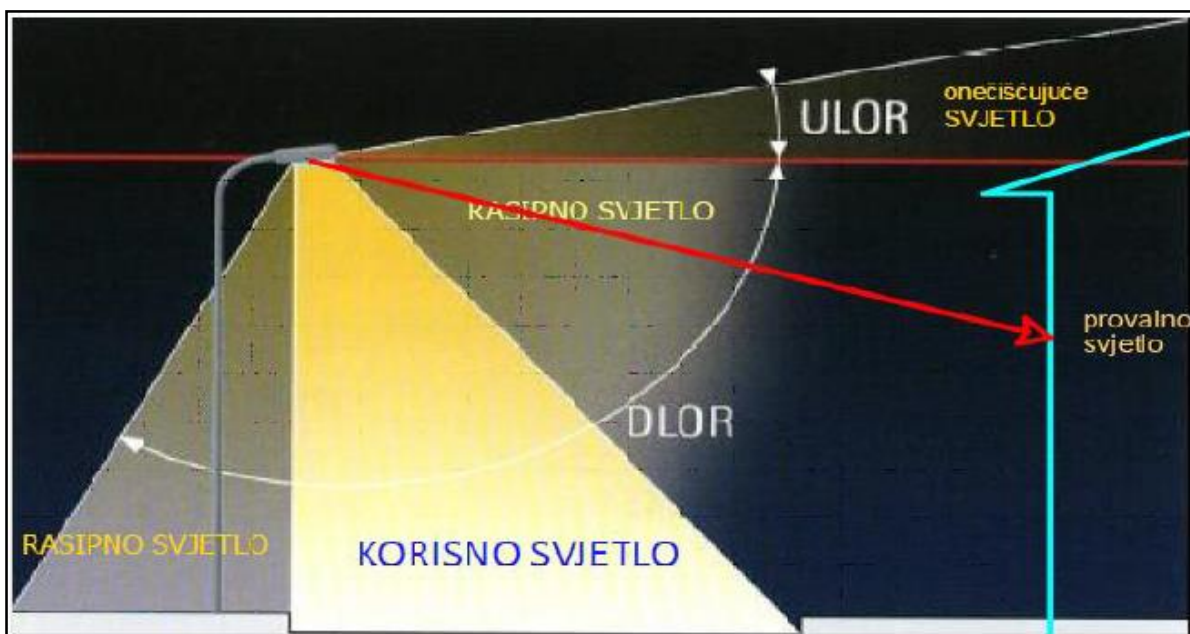
- E4 – područje visoke ambijentalne rasvjetljenosti

U ta područja spadaju urbana područja komercijalnog karaktera s visokim stupnjem noćne aktivnosti. To su područja ljudske aktivnosti u kojima je vizura ljudi i korisnika prilagođena umjerenom visokim razinama rasvjetljenosti.

Vanjska rasvjeta koja se koristi za rasvjetljavanje okoliša, a uključuje cestovnu, javnu, dekorativnu, te prigodnu rasvjetu treba udovoljavati graničnim vrijednostima koje su propisane ovim Pravilnikom. Dekorativna i krajobrazna rasvjeta su strogo zabranjene u zonama rasvjetljenosti E0 i E1.

Prema slici dolje (Sl. 6.) vidimo da od svjetiljke javne rasvjete nastaje više vrsta svjetla. Pri čemu je korisno svjetlo ono osvjetljenje koje služi namjeni, dok je rasipno svjetlo onaj dio svjetlosnog toka svjetiljke (DLOR) koji rasvjetljava prostor između korisnog svjetla i horizontale obzorja svjetiljke za koje ne postoji namjera rasvjetljavanja. Također dio svjetlosnog toka svjetiljke (DLOR) opada na provalno svjetlo, koje je kao i rasipno svjetlo, ali njegova svjetlost zahvaća površinu u susjedstvu čije osvjetljenje nije u vlasništvu investitora svjetiljke.

Onečišćujući dio svjetla je onaj dio svjetlosnog toka svjetiljke (ULOR) koji se isijava iznad horizontale svjetiljke prema nebu u odnosu na cjelokupni svjetlosni tok svjetiljke [16].



Sl. 7. Svjetla koja nastaju od svjetiljke javne rasvjete [16]

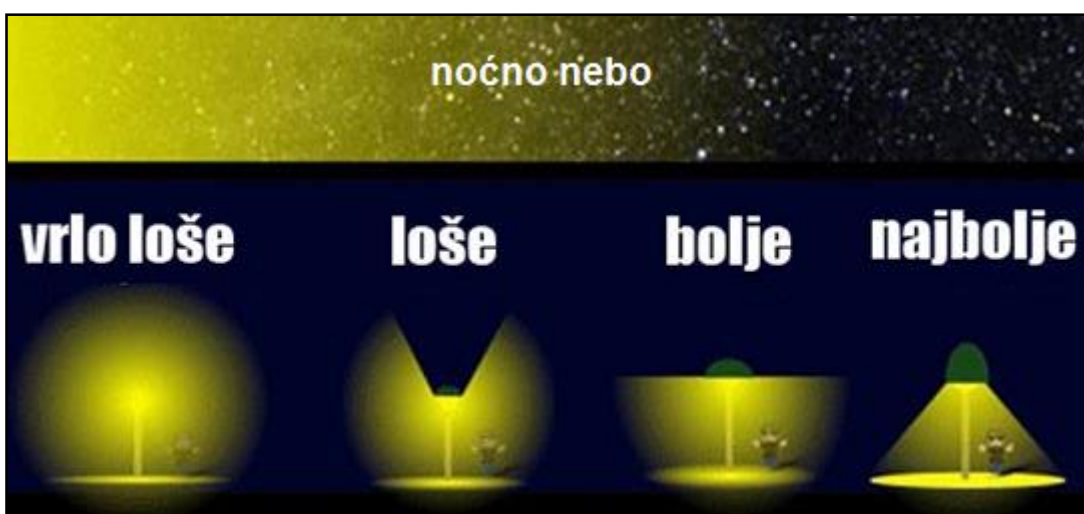
3.3. Kako javna rasvjeta stvara svjetlosno onečišćenje?

Najistaknutiji uzročnici nastanka svjetlosnog onečišćenja su javna rasvjetna tijela, odnosno:

- Neadekvatna javna rasvjeta (koja svijetli prema horizontu, odnosno nebu)
- Neadekvatno osvjetljivanje objekata (kulturnih, sakralnih, javnih,...)
- Neadekvatno osvjetljavanje javnih površina (parkova, parkirališta, ulica, prometnica,...)

Svjetlosno onečišćenje kao takvo se najzornije može prikazati slikama kako različiti modeli svjetiljki javne rasvjete mogu emitirati svjetlost.

Tako primjerice na slici dolje (Sl. 7.) možemo vidjeti ukoliko je svjetiljka javne rasvjete okrugla, te cijelim svojim plaštem emitira svjetlost, ona emitira svjetlost posvuda te vrlo jako osvjetljava noćno nebo čime nastaje svjetlosno onečišćenje. Međutim ukoliko svjetiljka javne rasvjete ima ograničenu površinu emitiranja svjetlosti, koja je isključivo usmjerena prema tlu i time ispunjava svoju svrhu korisnosti u noćnim satima, noćno nebo iznad nje je neosvijetljeno umjetnim svjetlom, te se na njemu sjaje zvijezde i ne nastaje svjetlosno onečišćenje.

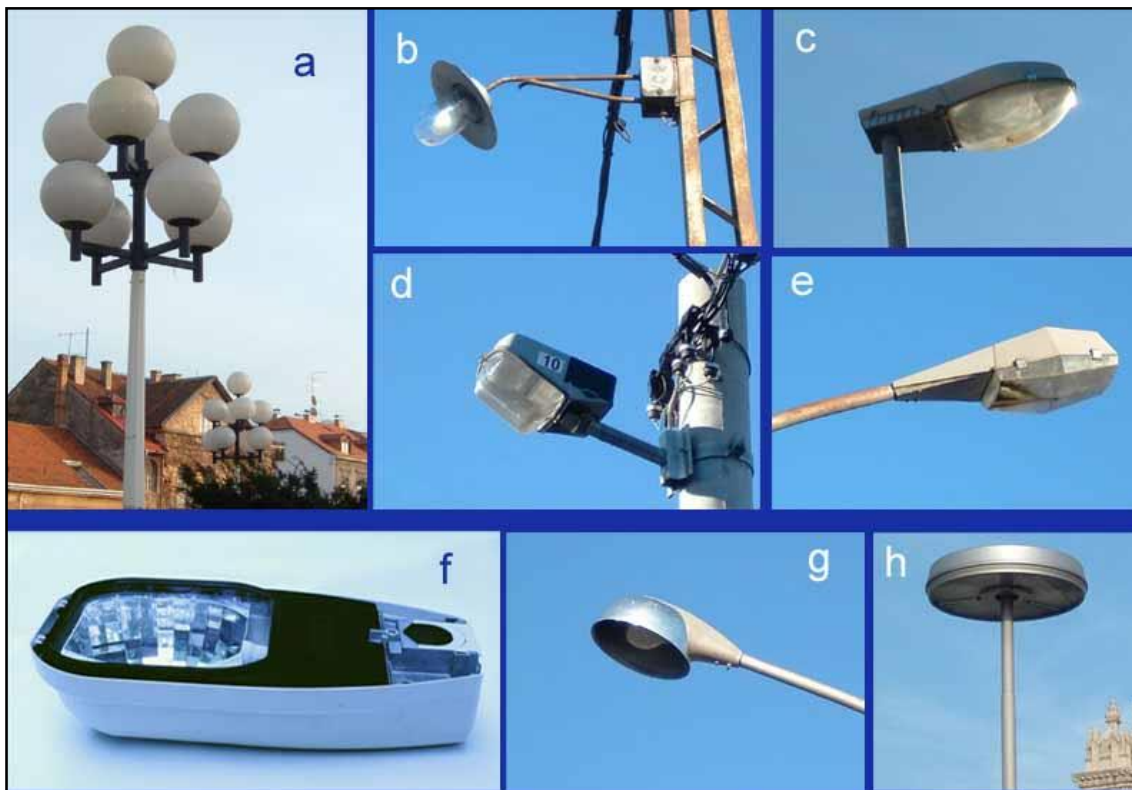


Sl. 8. Emitiranje svjetla javne rasvjete i njeno djelovanje na noćno nebo [17]

Svjetiljke javne rasvjete koji osvjetljavaju ulice, ceste i ostale javne površine dijele se na:

- Ne zasjenjene svjetiljke (Sl. 9. a,b) – to su svjetiljke kod kojih se svijetlost širi na sve strane, te najčešće imaju oblik kugle. U hrvatskoj se takva vrsta svjetiljki koristi u dekorativne svrhe, te osvjetljavaju ulice, šetnice, dvorišta i trgove. Takve svjetiljke su najneučinkovitiji oblik osvjetljavanja tla i stvaraju najveće svjetlosno onečišćenje, te polovica njihove emitirane svjetlosti odlazi bez ikakve koristi prema nebu. Stoga su s energetskog i ekološkog gledišta posve neprikladne za javnu rasvjetu, te

bi se prilikom rekonstrukcije javne rasvjete trebalo zabraniti korištenje takve vrste svjetiljki [18].



Sl. 9. Svjetiljke javne rasvjete [18]

- Polu zasjenjene svjetiljke (Sl. 9. c,d,e) – to su svjetiljke koje su zasjenjenje sa gornje strane, dok s donje strane imaju ispupčen poklopac od prozirnog materijala kroz koji se emitira svjetlost. Veći dio svjetlosti takvih svjetiljki se emitira ispod horizontalne ravnine, međutim određena količina svjetlosti se emitira iznad horizontalne ravnine. Najčešće se koriste za uličnu rasvjetu pošto mogu osvijetliti veliku površinu. One također stvaraju svjetlosno onečišćenje, no u manjoj mjeri od ne zasjenjenih svjetiljki. Velika im je mana što bliješte, čime uvelike otežavaju vozačima vidljivost bliještenjem tijekom nepovoljnih vremenskih uvjeta na cesti (kiše, magle). Stoga ovakve svjetiljke su sa

sigurnosnog i ekološkog aspekta nepovoljne za javnu rasvjetu, iako su najzastupljenije u javnoj rasvjeti na području Republike Hrvatske [18].

- Potpuno zasjenjene svjetiljke (Sl.9. f,g,h) – su svjetiljke koje se nalaze u kućištu napravljenom od neprozirnog materijala, te su s donje strane zatvorene ravnim staklom. Svjetlo takve svjetiljke se emitira zrcalnom površinom namještenoj unutar kućišta, te se svjetlost ovog tipa svjetiljki u potpunosti emitira ispod horizontalne ravnine, odnosno izravno prema tlu. Ovakve svjetiljke ne stvaraju svjetlosno onečišćenje, ne blješte i može im se birati boja svjetla. Stoga se smatraju s ekološkog i sigurnosnog gledišta najprimjerenijima za javnu rasvjetu, te im popularnost raste [18].

3.4. Posljedice svjetlosnog onečišćenja

Kao što smo već rekli svjetlosno onečišćenje, neprimjetno, ali sigurno ostavlja svojim utjecajem posljedice po zdravlje ljudi, na biljni i životinjski svijet, ekonomiju, ekologiju, astronomiju...

→ Posljedice za ljude

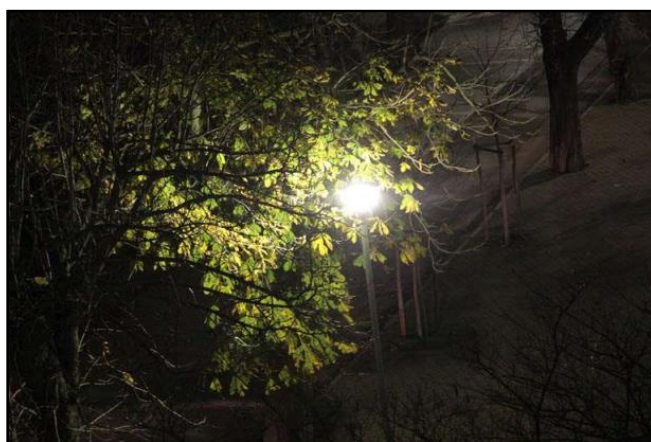
Život pod umjetnim svjetlom je postao normalna svakodnevica modernog načina života, te čovjek sve više vremena provodi pod umjetnim svjetlom. Međutim novija istraživanja dokazuju kako dulji boravak pod umjetnim svjetlom pogotovo noću može kod čovjeka izazvati fizičke, fiziološke i psihosocijalne smetnje. Naravno uz navedene smetnje idu nedostatno i neredovito spavanje, te loše prehrambene navike što pridonosi još većim emocionalnim i fizičkim zdravstvenim problemima. Također je dokazano da noćna rasvjeta valne duljine manje od 600 nm blokira proizvodnju melatonina, hormona koji u tijelu usporava diobu tumorskih stanica i potiče antitumorsku imunološku aktivnost. Izloženost umjetnoj svjetlosti noću, pogotovo tijekom noćnog rada, ali i kućnih

svakodnevnih navika do sitnih noćnih sati uvelike povećava rizik od nastanka različitih vrsta raka, kao što su rak dojke, prostate i debelog crijeva. Pogotovo ukoliko je čovjek učestalo izložen plavom spektru valnih duljina, jer ona najviše inhibira sintezu melatonina, čime mu se javljaju ozbiljni poremećaj spavanja, što dovodi do depresivnih stanja čovjeka. Jer neprikladan spektar boja koju emitira umjetna svjetlost može povećati učestalost glavobolja, stresa, iscrpljenosti i unutarnjeg nemira [19].

Također neki od utjecaja svjetlosnog onečišćenja kod čovjeka, odnosno pretjerane izloženosti umjetnim izvorima svjetlosti su smanjena plodnost kod muškaraca, kratkovidnost kod djece i nesanica kod žena [14].

→ Posljedice za biljke i životinje

Biljke su jedina živa bića koja pretvaraju fotosintezom sunčevu svjetlost u energiju potrebnu za život, no umjetna svjetlost u velikoj mjeri remeti bioritam biljaka. Negativan utjecaj na biljke se može naočigled vidjeti u gradovima, gdje biljke koje su izložene svijetlu javne rasvjete zadržavaju lišće na dijelu koji je osvijetljen. Takav poremećaj kod biljaka djeluju na njihove procese cvjetanja, rasta i mirovanja. Također su i mnoga istraživanja pokazala da svjetlosno onečišćenje negativno utječe na razvoj planktona koji su zaslužni za veliki dio fotosinteze [20].



Sl. 10. Utjecaj svjetlosnog onečišćenja na biljke [14]

Svjetlosno onečišćenje za životinjski svijet znači smrt za milijune životinja koje su zbog smetenosti od umjetne svjetlosti u nemogućnosti obavljati osnovne životne potrebe, te ugibaju. Takva opasnost ne odnosi se samo na krijesnice koje možemo isključivo vidjeti na fotografijama, već se odnose na sisavce, kukce, šišmiše, ptice, ribe. Jer svjetlosno onečišćenje ugrožava cijeli ekosustav. Svjetlosno onečišćenje kod životinja utječe na orijentaciju, odnosno postaju dezorijentirane, te utječe na privlačnost odnosno odbojnost remeteći im reproduktivne cikluse. Također im djeluje na negativnu promjenu u bio ritmu, te na promjenu kvalitete staništa.

Svjetlosno onečišćenje ometa gniježđenje ptica, čime se broj gnijezda na nekim područjima drastično smanjuje i nestaje, te time nestaju prirodna staništa ptica. Također svjetlosno onečišćenje loše djeluje na ptice selice, jer pri jakom emitiranju umjetne svjetlosti ptice selice gube orijentaciju što ih ometa u letu i stradavaju nehotice na razne načine. Međutim jedna od najgorih posljedica svjetlosnog onečišćenja kod ptica je da od umjetne rasvjete razvijaju hormonalni poremećaj, te se umjesto u proljeće počinju gnijezditi u jesen [21].

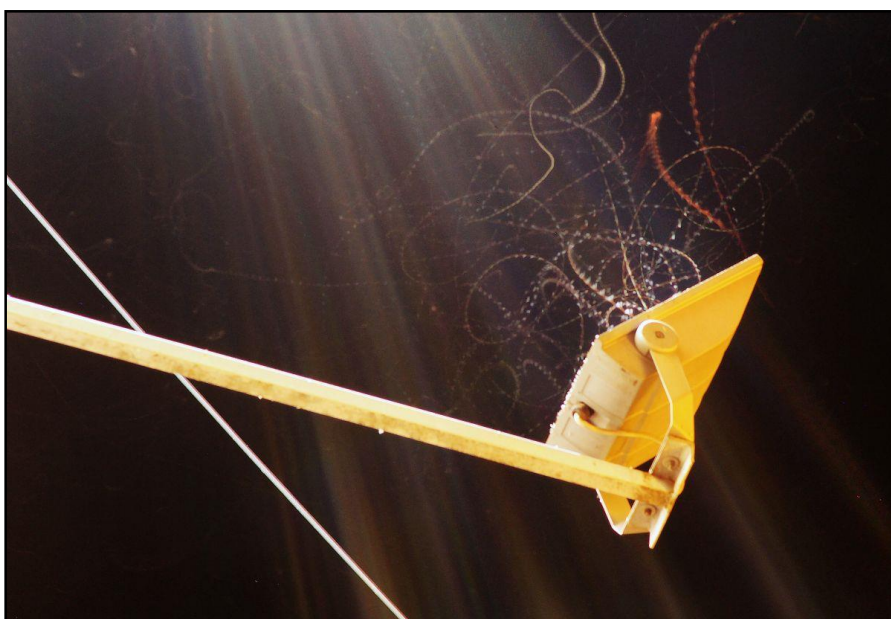


Sl. 11. Ptice stradale u jednoj noći zbog dezorijentacije u New Yorku [18]

Svjetlosno onečišćenje na moru od ribarica koje obavljaju ribolov korištenjem intenzivnog umjetnog svijetla uvelike ugrožava ribe. Dok morske kornjače prepoznaju more po noći prema odsjaju svjetla na njegovoj površini, kornjače

plove ka njoj, te na taj način stradavaju od grabežljivaca ili pod kotačima automobila na kopnu.

Od svih životinja najviše stradavaju kukci, jer većina kukaca su noćne životinje i privlači ih umjetna svjetlost. Oni ulijeću u snopove svjetlosti i ostaju zarobljeni, čime su nesposobni hraniti se i razmnožavati se, te se iscrpljuju i ugibaju. Stoga je poražavajuća studija koja je provedena da je u zadnjih 27 godina biomasa letećih kukaca smanjena za 75% [20].



Sl. 12. Kukci uhvaćeni u snop rasvjete reklamnog panoa [20]

Kako svjetlosnim onečišćenjem stradavaju kukci, tako su sekundarno ugroženi šišmiši koji se hrane tim kukcima, jer umjetno svjetlo privlači kukce iz tamnog okoliša. Tako vrste šišmiša koje ne toleriraju svjetlo ostaju gladnu, dok oni što toleriraju svjetlost masakriraju nemoćne kukce zarobljene snopom svjetlost. Time dolazi do neravnoteže staništa šišmiša [20].

→ Posljedice za astronomska promatranja

Danas je vrlo rijetka pojava da ćemo s nekog područja moći vidjeti veći broj nebeskih tijela, a razlog tomu je svjetlosno onečišćenje.

Ono stvara crvenu ili žutu maglicu iznad naseljenog mjesta (skyglow) koja djeluje kao gusti oblak dima koji jako smanjuje ili onemogućuje vidljivost. Iz tog razloga astronomi su prisiljeni provoditi svoja promatranja nebeskih tijela daleko od naseljenih područja. Međutim ako se ne počne nešto poduzimati po pitanju svjetlosnog onečišćenja, generacije koje dolaze bit će sretni ukoliko budu mogle vidjeti par zvijezda, Mjesec i planet, dva na noćnom nebu.

→ Posljedice za sigurnost u prometu

Noćna umjetna rasvjeta namijenjena je osvjetljavanju cesta i ulica u cilju sigurnijeg odvijanja prometa, međutim često je takva rasvjeta čimbenik koji smanjuje sigurnost u prometu. Vrlo često zbog ne ekoloških rasvjetnih tijela, lošeg projekta plana javne rasvjete ili neadekvatnog postavljanja javne rasvjete, ista blješti sudionicima u prometu u oči, čime im otežava pravovremeno reagiranje na opasnost na cesti. Također ukoliko su naglo izvedeni na prometnici prijelazi rasvjete svijetlo – tama, sudionika u prometu se dovodi u situaciju opasnog kratkotrajnog slijepila (akomodacija oka). Čime mu je smanjena sposobnost reagiranja na nepredviđene situacije u prometu.

Osim problema emitiranja svjetlosti u svim smjerovima, problem je i boja spektra koju emitira umjetni izvor svjetlosti, a to je plavi spektar. Plavi spektar se znatno više raspršuje u atmosferu, te se u uvjetima slabe vidljivosti na prometnicama (magla, kiša) stvara efekt "plavog zida", čime se smanjuje vidljivost za 40 m u odnosu na klasičnu natrijevu rasvjetu.

Međutim novija istraživanja sigurnosti u prometu pokazuju da uopće nema povezanosti između javne rasvjete i sigurnosti u prometu. Realan prikaz toga su Njemačke autoceste koje nigdje nemaju cestovne javne rasvjete osim diskretne na odmaralištima. Dok Hrvatske autoceste na 9 puta manjim autocestama od njemačke imaju rasvjete koliko cijela Njemačka autocesta. Također Njemačka koja ima 80 milijuna stanovnika ima manje poginulih na autocestama po broju stanovnika nego Hrvatska koja ima 20 puta manje stanovnika.

Upravo na ovoj realnoj usporedbi možemo vidjeti da je javna rasvjeta na autocestama nepotrebna, jer autocesta ima fizički odvojene kolne trake za

promet motornih vozila velikom brzinom i zabranjena je za pješake. Stoga takva rasvjeta stvara samo svjetlosno onečišćenje i ekonomski gubitak [20].

→ Ekonomske posljedice

Pretjerano i nepotrebno postavljanje javne rasvjete, te preveliki intenzitet svjetlosti koju ista emitira ne stvara samo svjetlosno onečišćenje već uzrokuje nepotrebnu potrošnju električne energije. Međutim jedini kriterij energetske učinkovitosti je smanjenje potrošnje električne energije pri čemu je ušteda možda 20 %, no ukoliko se u obzir uz potrošnju električne energije uzmu kriteriji poput prevelikog intenziteta rasvjete, neodgovarajuće boje svjetlosti, te prosipanje rasvjete u smjeru neba ušteda bi se mogla kretati od 50% do 70%. Iako bi se uzimanjem svih faktora uštede smanjila potrošnja električne energije sustavom ekološke rasvjete, ne bi se smanjila količina svjetlosnog onečišćenja. Stoga sa ekonomske strane u svrhu smanjenja svjetlosnog onečišćenja smatra se da je:

- Rasvjeta cesta potpuno nepotrebna, jer ceste s malo prometa ne bi trebale biti osvijetljene, kao ni ceste van naselja i autoceste.
- Pretjerano osvijetljenje nepotrebno, te je potrebno donijeti ograničenja za maksimalne vrijednosti svjetlosnog zračenja.
- Potrebno postaviti ograničenja za razmak između rasvjetnih stupova, jer su preblizu postavljeni u javnoj rasvjeti, što nema nikakvu korist za sigurnost građana i prometa, već čine veće troškove i svjetlosno onečišćenje [20].

4. KAKO SMANJITI SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE?

Svjetlosno onečišćenje nije moguće u potpunosti ukloniti, međutim moguće ga je smanjiti i održavati u takvoj ravnoteži da ne narušava ljudsko zdravlje i ekosustav prirode. Stoga je za suzbijanje i uspješnu prevenciju nastanka svjetlosnog onečišćenja prvenstveno nužna edukacija. Prvenstveno osoba koje su uključene u nabavu, projektiranje, postavljanje i regulaciju svih oblika rasvjete da vode brigu o boji emitirane svjetlosti, količini električne energije koju ta rasvjeta treba, te o vrsti svjetiljke koja emitira svjetlost.

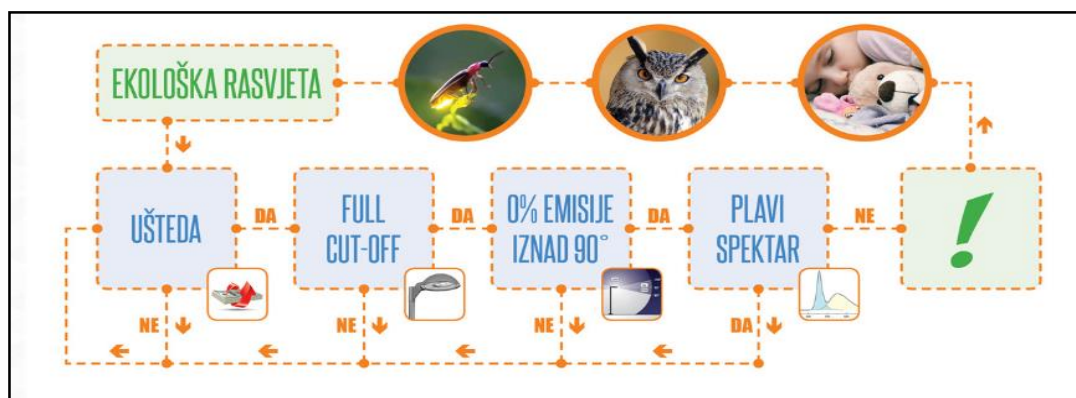
Kako bi se smanjilo svjetlosno onečišćenje Zavod za javno zdravstvo preporučuje racionalni odabir pri osvjetljavanju javnih građevina, sakralnih objekata i objekata kulturne baštine. Također se preporučuje ne postavljanje reflektora iz podnožja objekta prema nebu, već sa vrha objekta prema dnu [23].

Sve navedeno ne isključuje činjenicu važnosti noćne rasvjete, međutim noćna rasvjeta može biti planirana i ekološki prihvatljiva, svrhovita bez stvaranja svjetlosnog onečišćenja. Stoga se kao osnovno sredstvo smanjena svjetlosnog onečišćenja koje nastaje javnom rasvjetom smatra ekološka rasvjeta.

Ekološka rasvjeta stoga mora biti:

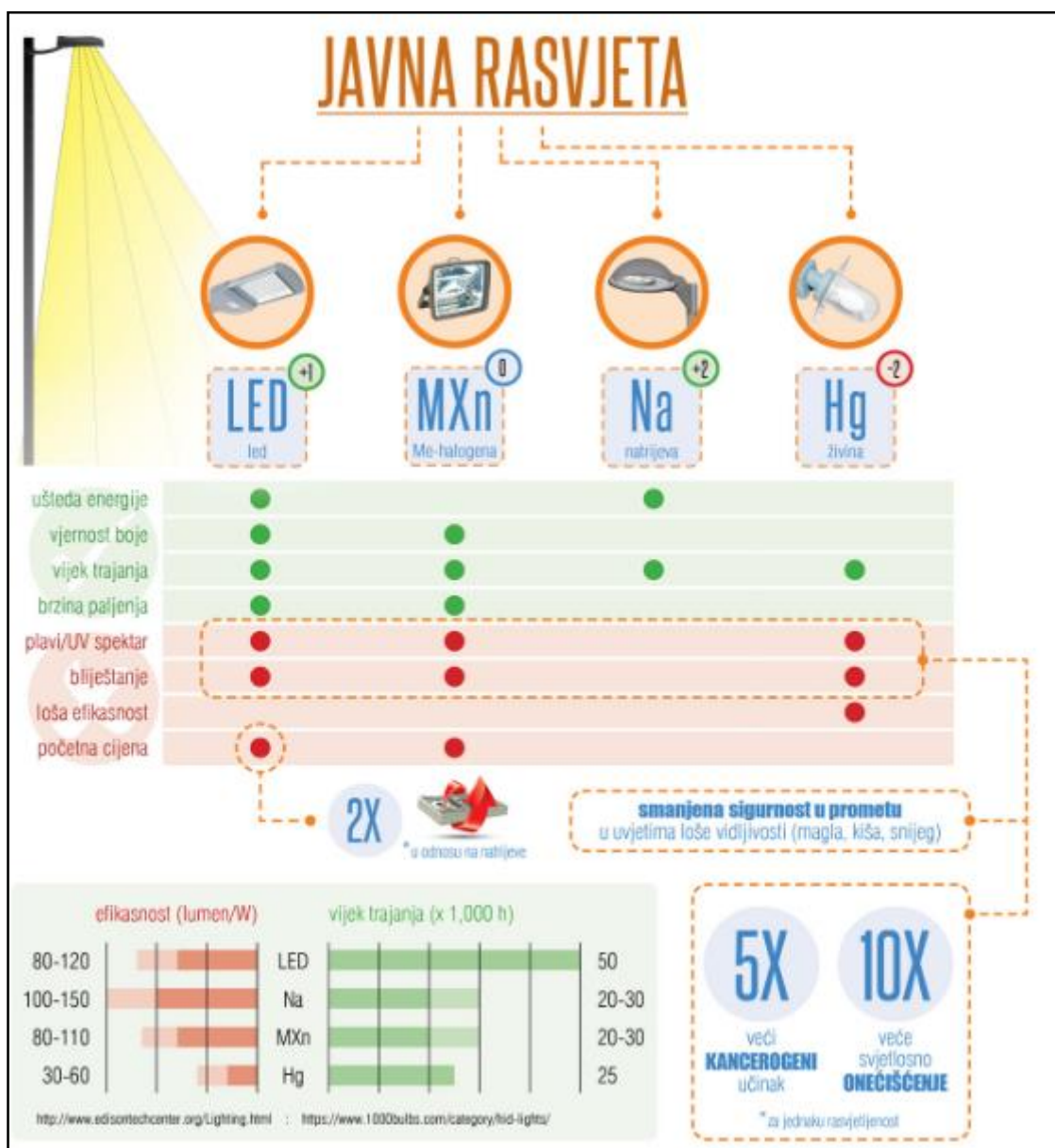
- Energetski učinkovita – sama energetska učinkovitost je često sinonim za ekološku rasvjetu, te kao što smo prethodno pisali da svjetiljka koja troši manje električne energije, ako nije pravilno postavljena i dalje stvara svjetlosno onečišćenje, te štetno djeluje na ljudsko zdravlje i ekosustav.
- Zasjenjena i usmjerena - ekološka rasvjeta treba biti zasjenjena da ne emitira svjetlost iznad razine horizonta, te zasjenjene ("full cut off") svjetiljke mora biti obavezno usmjereno prema tlu, jer će se u suprotnom svjetlost bespotrebno rasipati u okoliš.

- Odgovarajuće boje svjetlosti – obojenost svjetla koja se emitira u okoliš je vrlo važan čimbenik svjetlosnog onečišćenja. Prvenstveno jer Zemljina atmosfera 10 puta više raspršuje plavu svjetlost od crvene, te je posljedica toga plava boja dnevnog neba. Stoga plava komponenta rasvjete po noći uzrokuje znatno veće svjetlosno onečišćenje. Iz tog razloga moderna LED rasvjeta je energetski daleko učinkovitija od žućkaste natrijeve rasvjete, međutim LED emitira visok udio plavog spektra koji dokazano jako štetno, čak i kancerogeno djeluje na ljudsko zdravlje.
- Umjerenog intenziteta - intenzitet svjetlosti svjetiljke treba biti umjeren i prilagođen mjestu upotrebe. Najzorniji primjer je da pri jačini svjetlosti od 10 lx možemo čitati bez problema, te je onda uistinu bez potrebe na polupraznom parkiralištu imati svjetiljku jačine svjetlosti od 100 lx. To nije ništa dugo nego nepotrebno razbacivanje resursima, koji više nisu korisni već su štetni. Ukoliko bi se intenzitet rasvjete prilagodio umjerenj ekološkoj rasveti, koja je korisna i ne škodljiva, tada bi se trošak javne rasvjete smanjio za 50 %.
- Opravdana – osvijetljenje neke površine mora biti svrhovito, odnosno opravdano. Rasvjeta ulica i prometnica koje se noću ne koriste promašena su investicija. Uz to stvara problem bliještanja koji ugrožava sigurnost na prometnicama [24].



Sl. 13. Uvjeti ekološke rasvjete [25]

Međutim pod pojam ekološke rasvjete danas prolazi mnogo vrsta rasvjete koja ustvari nisu toliko ekološke, jer se upravo kao što smo rekli pojam ekološko bazira na energetskej učinkovitosti. Čija je baza učinkovitosti financijska ušteta i vijek trajanja te svjetiljke, ne uključujući u te kriterije razinu štetne emitirane svjetlosti, boju emitirane svjetlosti, razinu bliještanja i emitiranje plave svjetlosti. Stoga nam je zoran prikaz takvog stanja slika dolje (Sl.11).



Sl. 14. Vrste "ekološke" javne rasvjete [25]

Upravo je iz tog razloga Europska komisija u dokumentu „Green Public Procurement for Road Lighting and Traffic Signals“ postavila kriterije ekološke rasvjete, koji se temelje na standardu koji će omogućiti ljudima adekvatno osvijetljen okoliš za noćne aktivnosti, a istovremeno će imati minimalan utjecaj na ljudsko zdravlje, ekosustav i troškove održavanja. Stoga se prema njemu preporučuje:

- Godišnja potrošnja od 15 kWh po glavi stanovnika za javnu rasvjetu;
- Korelirana temperatura boje svjetla ispod 2200K;
- ULOR, odnosno isijavanje svjetlosti iznad horizontalne ravnine 0%;
- Uvođenje zabrana rasvjete na cestama i križanjima izvan naselja;
- Najveću dopuštenu rasvijetljenost cesta 0.5 cd/m²;
- Razmak između rasvjetnih stupova minimalno umnožak 3.7 s njihovom visinom;
- Da svjetlost na prozorima stambenih zgrada ne smije premašivati 0.01 do 0.5 lux-a , ovisno o udaljenosti od svjetiljke [20].

U biti smanjenje svjetlosnog onečišćenja se može uz korištenje ekološke javne rasvjete, kontinuirano smanjivati i provođenjem mjera zaštite od svjetlosnog onečišćenja. Pod poduzimanje mjera se smatra sprječavanje nastanka prekomjernih emisija svjetlosti, smanjenje postojeće rasvijetljenosti okoliša na dopuštene vrijednosti, te osiguravanje ispravnog rada rasvjetnih tijela i njihovog ispravnog postavljanja u skladu s planovima rasvjete. Također potrebno je provoditi prilagodbu odnosno rekonstrukciju postojeće rasvjete da udovoljava mjerama zaštite od svjetlosnog onečišćenja, dok planiranje nove rasvjete treba provoditi i realizirati prema propisanim mjerama po Zakonu o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19) [26].

5. ZAKLJUČAK

Svjetlost je sve ono što vidimo. Danju nam omogućava vidjeti sunčeva svjetlost, dok nam noću omogućavaju vidjeti umjetni izvori svjetlosti. Međutim pretjerano, nekontrolirano i intenzivno korištenje umjetne rasvjete stvara svjetlosno onečišćenje, osobito korištenje neadekvatne javne rasvjete.

Svjetlosno onečišćenje je ukoliko ne razmišljate o njemu kao problemu, nešto sasvim normalno. Jer svima nam je normalno da od odsjaja gradske javne rasvjete ne vidimo zvjezdano nebo i da je ono narančasto, te da ukoliko želimo vidjeti zvjezdano nebo moramo ići negdje van grada gdje nema odsjaja. Međutim prikupljajući činjenice, to stanje noćnog neba koje mi smatramo u našem neznanju normalnim, je nenormalno i neprirodno, štoviše opasno. Pogotovo što jako negativno i štetno djeluje prvenstveno na ljudsko psihičko i fizičko zdravlje, a potom na neuravnoteženost ekosustava biljaka i životinja.

Stoga je po pitanju smanjenja svjetlosnog onečišćenja prvenstveno potrebno proraditi na osvješćivanju i educiranju ljudi o pojmu svjetlosnog onečišćenja, te što kao pojedinci možemo učiniti svojim svakodnevnim navikama da težimo smanjenju onečišćenja takve vrste. Također je potrebno da brigu o javnim rasvjetama i projektiranju istih, te rekonstruiranju postojećih vode stručne osobe, koje su educirane i vide "širu sliku" ekološke javne rasvjete, ne fokusirajući se isključivo na energetske učinkovitost i brojke.

U Republici Hrvatskoj je problem svjetlosnog onečišćenja velikih razmjera, toliko da je po nekim parametrima svjetlosno onečišćenje Zagreba veće od Hong Kong-a, koji ima stanovnika kao dvije Hrvatske. Stoga bi se ozbiljno trebalo početi razmišljati o promjeni čitave infrastrukture javnih rasvjeta, uvodeći ekološke svjetiljke usmjerene isključivo prema podu, te težiti potpunom provođenju propisanih pravnih akata, bez traženja "rupa" u Zakonu. Također bi se trebalo težiti i smanjenju broja svjetiljki javne rasvjete ili traženju pametnih rješenja, poput svjetiljki na senzor pokreta.

Stoga dok na ovakav problem budemo pristupali neodgovorno i da nas se ne tiče, isti taj problem će ozbiljno narušavati naše zdravlje i kvalitetu našeg života.

6. LITERATURA

- [1] Svjetlosno onečišćenje neba iznad Zagreba; srpanj, 2018; Nacionalno.hr; www.nacionalno.hr; 14.04.2021.
- [2] Elektromagnetsko zračenje; www.wikipedia.org; 14.04.2021.
- [3] Svjetlost 1.dio – Svjetlotehničke veličine, mjerne jedinice, vrste rasvjetnih tijela; Korak u prostor, 2010; www.korak.com; 15.04.2021.
- [4] Svjetlost; www.wikipedia.org; 17.04.2021.
- [5] Žarulja; www.enciklopedija.hr; 17.04.2021.
- [6] Što je halogena žarulja; www.art-rasvjeta.hr; 17.04.2021.
- [7] Generiranje i izvor svjetlosti; Korak u prostor, 2015; www.korak.com; 17.04.2021.
- [8] O LED rasvjeti; www.kupiled.eu; 20.04.2021,
- [9] Surać, R.: Izvori svjetlosti na električno zračenje; završni rad; VUKA; Karlovac, 2015.
- [10] Svjetlosna jakost; www.wikipedia.org; 20.04.2021.
- [11] Krajcer, S., Šribar, A., Lugarić, L.: Svjetlotehničke veličine i jedinice; Fakultet elektrotehnike i računarstva; Zagreb, 2010.
- [12] Osvjetljenje; www.wikipedia.org; 20.04.2021.
- [13] Svjetlosno onečišćenje; Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja; www.mingor.gov.hr; 22.04.2021.
- [14] Andreić, Ž.: Problematika svjetlosnog onečišćenja, Rudarsko-geološko-naftni fakultet; Sveučilište u Zagrebu; Zagreb, 2019.
- [15] Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19)
- [16] Pravilnik o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvijetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima (NN 128/20)
- [17] Svjetlosno onečišćenje; www.pikaiprijatelji.com; 03.05.2021.
- [18] Fonović; M.: Svjetlosno onečišćenje; Priroda-časopis za populizaciju prirodnih znanosti; Zagreb, 2003; br.4
- [19] Martinis, M., Mikuta-Martinis V.: Život pod umjetnom rasvjetom i zdravlje; Sigurnost; Zagreb, 2008; br.50 (2); str. 97-103.

- [20] Kako to da previše umjetne rasvjete šteti okolišu?; www.ekorasvjeta.net; 05.05.2021.
- [21] Svjetlosno zagađenje; Prijatelji životinja; www.prijatelji-zivotinja.hr; 05. 05.2021.
- [22] Gašparić, I.: Davno nekoć bješe nebo puno zvijezda (Problematika svjetlosnog onečišćenja); Astronomsko društvo Koprivnica; Koprivnica, 2013.
- [23] Mlinar, Z.: Utjecaj svjetlosnog onečišćenja na zdravlje; Nastavni zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“; www.zdravljezasve.hr; 12.05.2021.
- [24] 5 kriterija ekološke rasvjete; www.ekorasvjeta.net; 12.05.2021.
- [25] Vrste javne rasvjete-infografika; www.ekorasvjeta.net; 13.05.2021.
- [26] Fuk, B.: Svjetlosno onečišćenje; Sigurnost; Zagreb, 2019; br.61(4); str.401-405.

7. POPIS PRILOGA

7.1. Popis slika

Sl.1. Noćna rasvjeta u Zagrebu	1
Sl.2. Vidljivi spektar elektromagnetskog zračenja.....	3
Sl.3. Boje vidljive ljudskom oku	4
Sl.4. Izvori svjetlosti.....	7
Sl.5. Osnovna svojstva svjetla.....	11
Sl.6. Kako nastaje svjetlosno onečišćenje.....	12
Sl.7. Svjetla koja nastaju od svjetiljke javne rasvjete.....	19
Sl.8. Emitiranje svjetla javne rasvjete i njeno djelovanje na noćno nebo	20
Sl.9. Svjetiljke javne rasvjete	21
Sl.10. Utjecaj svjetlosnog onečišćenja na biljke	23
Sl.11. Ptice stradale u jednoj noći zbog dezorijentacije u New Yorku	24
Sl.12. Kukci uhvaćeni u snop rasvjete reklamnog panoa	25
Sl.13. Uvjeti ekološke rasvjete.....	29
Sl.14. Vrste "ekološke" javne rasvjete	30