

UNIVERZA V LJUBLJANI
VISOKA ŠOLA ZA ZDRAVSTVO
ODDELEK ZA SANITARNO INŽENIRSTVO

**ŠKODLJIVI VPLIVI SVETLOBNEGA
ONESNAŽEVANJA NA ŽIVA BITJA**

**HARMFUL EFFECTS OF LIGHT POLLUTION ON
ORGANISMS**

LJUBLJANA, 2006

Avtorica diplomskega dela: Silva Marolt

Mentor: doc. dr. Mirko Bizjak

ZAHVALA

Za mentorstvo se zahvaljujem doc. dr. Mirku Bizjaku, za strokovno pomoč in nasvete univ. dipl. geogr. Hermanu Mikužu in učiteljici slovenskega jezika ga. Martini Kočever za lektoriranje.

IZVLEČEK

Diplomska naloga temelji na pregledu literature o svetlobnem onesnaževanju, namen pa je bil zbrati podatke o tem, kako svetlobno onesnaževanje vpliva na človeka, živali in rastline. S svetlobnim onesnaževanjem ali z vsiljeno svetlobo se v Sloveniji srečujemo šele v zadnjem času, ko se je osvetljevanje iz urbanih središč začelo širiti na podeželje. Prvi so na to vrsto onesnaževanja začeli opozarjati astronomi, saj jih žarenje neba nad večjimi mesti ovira pri opazovanju nebesnih teles.

V Sloveniji je večina svetilk nezasenčenih ali delno zasenčenih, kar v mestnih središčih povzroča, da nezasenčene svetilke iz bližnje ulice osvetljujejo bivalne prostore, kar vpliva na zmanjšano izločanje melatonina pri stanovalcih. Nezasenčene in nepravilno orientirane luči pa zmanjšujejo prometno varnost, saj povzročajo bleščanje.

Svetlobno onesnaževanje uničuje tudi ekosisteme, saj škodljivo vpliva na mnoge živalske vrste. Določene živali se zaradi svetlobe ne morejo orientirati, druge moti pri prehranjevanju, razmnoževanju in komuniciranju.

Svetloba deluje tudi na rastline, s tem da vpliva na cvetenje rastlin, modra svetloba pa ima vpliv tudi na fototropizem in na odpiranje in zapiranje listnih rež.

KLJUČNE BESEDE: svetlobno onesnaževanje, škodljivi vplivi, človek, živali, rastline

ABSTRACT

This diploma thesis is based upon a theme of light pollution and it's review of literature. The purpose of this work was to gather information, how light pollution affects humans, animals and plants. In Slovenia, we have become aware of light pollution and intrusive light in the past few years when lights illumination started to spread from towns into countryside. Astronomers were the first, who have started to warn us about this problem, because illumination causes the sky glow and so they couldn't observe the stars.

In Slovenia we mostly use lamps, which are unshielded or partially shielded. In city centers, unshielded lamps from nearest streets, illuminate peoples rooms and interrupt their sleeping habits. The illumination also reduces secretion of melatonin. Unshielded and incorrectly oriented lamps cause glare that reduces traffic safety.

Light pollution has harmful effects on many animal species and consequently destroys ecosystems. Light causes some animals to lose orientation and with other animals disturbs their feeding, reproduction and communication behaviour.

Light also effects plants, causes flowering, blue light causes their phototropism and has effects on stomata opening.

KEY WORDS: light pollution, harmful effects, human beings, animals, plants

KAZALO

1. UVOD	1
2. NAMEN	4
3. LITERATURNI PREGLED IN RAZPRAVA	5
3.1 SVETLOBA	5
3.2 NARAVNA SVETLOBA	6
3.2.1 <i>Sončna svetloba</i>	6
3.2.2 <i>Luna</i>	6
3.2.3 <i>Zvezde</i>	7
3.3 ZGODOVINA RAZSVETLJAVE	7
3.4 SVETLOBNO ONESNAŽEVANJE	8
3.4.1 <i>Svetlobno onesnaževanje po svetu</i>	9
3.4.2 <i>Svetlobno onesnaževanje v Evropi</i>	10
3.4.3 <i>Svetlobno onesnaževanje v Sloveniji</i>	10
3.5 ZAKONODAJA	12
3.5.1 <i>Zakonodaja v Sloveniji</i>	12
3.6 VPLIVI SVETLOBNEGA ONESNAŽEVANJA NA ŽIVA BITJA	14
3.6.1 <i>Vpliv na človeka</i>	14
3.6.2 <i>Svetloba in bioritem</i>	15
3.6.3 <i>Raziskovanje receptorskih celic</i>	15
3.6.4 <i>Modra svetloba in fotopigment</i>	16
3.6.5 <i>Nočna svetloba, rak dojk in rak debelega črevesja</i>	16
3.6.6 <i>Uravnavanje melatonina in varovanje</i>	17
3.6.7 <i>Šibka svetloba zavira nastajanje melatonina in stopnjuje rast tumorjev</i>	17
3.6.8 <i>Emisija modre svetlobe in izločanje melatonina</i>	20
3.6.9 <i>Previdnostno načelo</i>	20
3.6.10 <i>Boljša svetlobna tehnika</i>	21
3.7 VPLIV NA EKOSISTEM	22
3.7.1 <i>Meritve in enote</i>	24
3.7.2 <i>Vpliv svetlobnega onesnaževanja na živali</i>	25
3.7.2.1 <i>Vedenjska in populacijska ekologija</i>	25

3.7.2.2	Orientacija/dezorientacija in privlačnost/odbijanje.....	25
3.7.2.3	Vpliv svetlobe na razmnoževanje.....	29
3.7.2.4	Komunikacija	30
3.7.2.5	Populacijska ekologija.....	30
3.7.2.6	Plenilci.....	31
3.7.2.7	Posledice svetlobnega onesnaževanja v ekosistemu	32
3.7.3	<i>Vpliv svetlobe na rastline</i>	33
3.7.3.1	Fototropizem.....	34
3.7.3.2	Vpliv modre svetlobe na odpiranje listnih rež in fototropizem koleoptile 35	
4.	ZAKLJUČEK	36
4.1	UKREPI.....	36
5.	VIRI IN LITERATURA	38

1. UVOD

V primerjavi z velikimi ekološkimi problemi se zdi svetlobno onesnaževanje nočnega neba prava malenkost, ki bi jo lahko hitro rešili. Toda umetna razsvetljava ni majhen problem, ki zanima le peščico naravovarstvenikov, biologov in astronomov. Novejše meritve kažejo, da v Sloveniji zaradi razmaha razsvetljave zelo hitro izgubljam zvezdnato nebo, ogrožamo nočne žuželke in povrh še sebe (Guštin, 2006).

Svetlobno onesnaževanje predstavlja še enega od virov onesnaževanja okolja, ki ga zaznavamo šele v novejšem času, ko je prišlo do velikega povečevanja emisije svetlobe iz umetnih virov, v glavnem iz velikih urbanih področij (Mikuž, 1998).

Svetlobno onesnaževanje okolja je sevanje svetlobe iz svetila za zunanjo razsvetljava neposredno ali posredno v nebo, katerega posledice so motenje selitve ptic in žuželk, nesmotrna raba energije, ogrožanje naravnega ravnotežja na zavarovanih območjih naravnih vrednot ter onemogočanja raziskovalne in poljudnoznanstvene dejavnosti astronomskih observatorijev (Tavzes, 1999).

Vplivi svetlobnega onesnaževanja se kažejo v bioloških, zdravstvenih, socioloških, ekonomskih, varnostnih, pravnih, estetskih in astronomskih posledicah (Guštin 2006, http://www.astrogea.org/celfosc/contaminacio_luminica.htm).

1. **Biološke posledice:** v Sloveniji se zaradi množične uporabe ekološko neustreznih svetilk povečuje emisije umetne svetlobe v naravnem okolju. Številne raziskave dokazujejo negativen vpliv umetne svetlobe na mnoge živalske vrste. V to skupino spadajo predvsem živali, ki jih nočna svetloba moti, ker jo zamenjujejo z Luno ali Soncem. To so: ptice, netopirji, žuželke.
2. **Zdravstvene posledice:** Zaradi velike uporabe ekološko neustreznih svetilk je velik del populacije v nočnem času izpostavljen umetni svetlobi. Številne medicinske raziskave pa dokazujejo povezavo med izpostavljenostjo ljudi umetni svetlobi v nočnem času in motnjami bioritma, katerih posledica je pogosteje

obolevanje izpostavljenih za nekaterimi vrstami raka, predvsem raka dojke in debelega črevesja.

3. **Varnost:** Zaradi uporabe ekološko neustreznih svetilk se poslabšuje prometna varnost. Nezasenčene ali slabo zasenčene svetilke povzročajo bleščanje voznikom, na katero so še posebej občutljivi starejši vozniki, s čimer je zmanjšana varnost na cesti.
4. **Ekološke posledice:** Zaradi povečane potrebe po energiji se zmanjšujejo neobnovljivi viri energije kot so: nafta, zemeljski plin, uran. Svetlobno onesnaževanje posredno vodi v povečevanje emisij ogljikovega dioksida v atmosfero, saj se zaradi množične uporabe neustreznih svetilk povečuje poraba električne energije. Zaradi potrebe po povečani proizvodnji električne energije se s tem povečuje koncentracija ogljikovega dioksida. Povečana koncentracija ogljikovega dioksida povzroča globalno ogrevanje Zemlje in različne klimatske spremembe, kot so: močni nalivi, katastrofalni orkani, poplave, dolgotrajne suše in taljenje ledenikov.
5. **Ekonomske posledice:** V razvitem svetu je poraba energije na prebivalca stokrat večja kot poraba energije na prebivalca v nerazvitem svetu. Zaradi velike uporabe ekološko neustreznih svetilk so v Sloveniji zelo velike svetlobne (energetske) izgube. Posledica je uhajanje svetlobe izven cilja osvetlitve, zaradi česar prihaja do velikih energetske izgub, le-te znašajo okoli četrtno inštalirane moči.
6. **Pravne posledice:** Termoelektrarne, ki proizvajajo električno energijo, emitirajo prevelike količine ogljikovega dioksida v atmosfero, kar je v nasprotju s Kyotskim protokolom.
7. **Astronomski vpliv:** V Sloveniji gre zaradi neustreznih in nezasenčenih svetilk četrtnina svetlobe direktno v vesolje, kar se ponoči kaže kot žarjenje neba nad večjimi mesti. Zaradi tega lahko vidimo samo nekaj sto zvezd na nebu, namesto nekaj tisoč. Ta problem je še bolj izrazit v nekaterih večjih evropskih mestih. Na primer svetlobno onesnaževanje Barcelone sega v oddaljenost 300 km, to pomeni, da v normalnih razmerah lahko mornarji plujejo iz Mallorce v Barcelono tako, da sledijo siju svetlobe.
8. **Sociološki vpliv:** V Sloveniji velja prepričanje o nujnosti vsesplošnega osvetljevanja, ne glede na smiselnost, stroške in morebitne posledice. Najprej se je z osvetljevanjem pričelo v mestih, kasneje pa se je razširilo tudi na podeželje. Po

eni strani je to posledica prenašanja urbanih vzorcev življenja na podeželje, po drugi strani pa gre za lažno prepričanje, da več svetlobe pomeni večjo varnost.

9. **Estetski vpliv:** Pod estetskim vplivom razumemo dekorativno osvetljevanje kulturnih spomenikov. Le-te bi bilo potrebno osvetliti z nižjimi nivoji osvetlitve, kar bi zmanjšalo porabo energije in znižalo škodljiv vpliv na okolje.

2. NAMEN

Osnovni namen diplomske naloge je pregled znanstvenih, strokovnih in poljudnih del iz različnih virov, ki obravnavajo problematiko svetlobnega onesnaževanja, poiskati podatke o škodljivih vplivih tega onesnaževanja in jih sistematično navesti za prizadete skupine živega sveta. V uvodu sem predstavila, kaj sploh je svetlobno onesnaževanje, nato sem predstavila svetlobno onesnaževanje v svetu in Sloveniji, sledijo opisi vplivov svetlobnega onesnaževanja na živa bitja in razlaga tega, kako svetloba deluje na človeka, živali in tudi rastline.

3. LITERATURNI PREGLED IN RAZPRAVA

3.1 Svetloba

Svetloba je elektromagnetno sevanje, ki se širi premočrtno. Newton je menil, da sestoji svetloba iz prav majhnih delcev (Emisijska teorija, 1669). Huygensova teorija pa je obravnavala svetlobo kot valovanje »etra«, to je breztežne snovi, ki napolnjuje vse vesolje. Maxwellova teorija je pojmovala svetlobo kot elektromagnetno sevanje valovnih dolžin 0,36–0,78 μm . Po kvantni teoriji svetlobno valovanje sestoji iz brezmasnih osnovnih delcev, svetlobnih kvantov ali fotonov, ki jih oddajajo ali vpijajo elektroni v atomih. Svetila sevajo sama zaradi visoke temperature in z njo pogojenega vzbujanja atomskih elektronov (Sonce, zvezde, žarnica) ali zaradi vzbujanja z elektronskimi procesi (fluorescenca) ali zaradi odboja svetlobe, ki pade nanje (luna) (Krušič in sod., 1984).

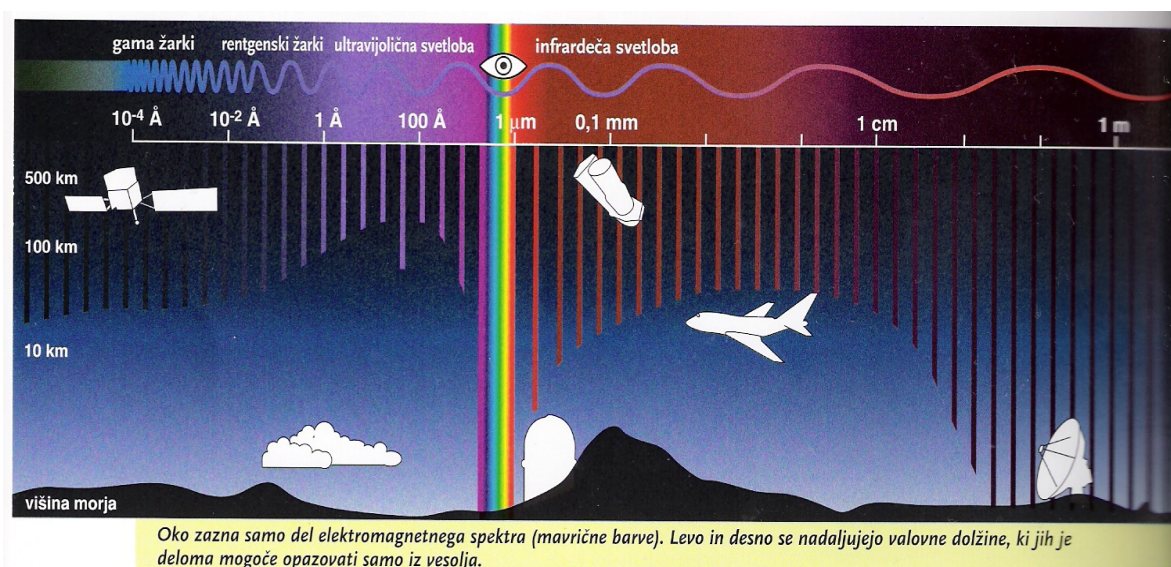


Diagram 1: Spekter elektromagnetnega sevanja (Emmerich in Melchert, 2006).

3.2 Naravna svetloba

Sonce, Luna, planeti in zvezde predstavljajo naravno svetlobo že od vseh začetkov človeškega bivanja na Zemlji. Sčasoma se je človek naučil uporabljati ogenj, ki mu je med drugim omogočal svetlobo v nočnem času. Pred nedavnim pa je človeške domove in ulice napolnila umetna svetloba, s katero so prebivalci v mnogih večjih mestih izgubili stik z zunanjo naravno svetlobo, ki je človeka vodila skozi vso njegovo zgodovino (Mizon, 2002).

3.2.1 Sončna svetloba

Sonce, velika, žareča plinska krogla, ki globoko v svoji notranjosti zliva atomska jedra in tako ustvarja energijo, je življenjskega pomena za Zemljo in njene prebivalce. Našemu planetu pošilja toploto in svetlobo ter tako omogoča življenje na njem. Tudi vzhod in zahod Sonca sta pomembna za prebivalce Zemlje: povzročata namreč menjavo dneva in noči. Zemlja obkroži Sonce v enem letu (Ekrutt, 1988).

3.2.2 Luna

V močni Sončni svetlobi nam vsa druga nebesna telesa, ki so tudi podnevi na nebu zbledijo. Eno samo se nam kaže tudi podnevi: Luna. Za pot okoli Zemlje potrebuje Luna mesec dni. Ta Zemljina spremljevalka je hladno, za življenje neustrezno nebesno telo. Luna dobiva svetlobo od Sonca in jo deloma odseva tudi k Zemlji. Med potovanjem se podoba lune za opazovalca z Zemlje spreminja. Ciklus traja devetindvajset dni in pol. Glede na njeno lego nasproti Sonca vidimo kdaj v celoti osvetljeno ploskev (ščip), včasih samo polovico osvetljene ploskve (krajec), včasih pa je Luna med Zemljo in Soncem in nam zato obrača neosvetljeno stran (mlaj). Med kroženjem Lune okoli Zemlje pride včasih do mogočnih nebesnih pojavov: luninega in sončevega mrka (Ekrutt, 1988).

3.2.3 Zvezde

Kdor daleč proč od velikih mest pogleda v nebo, se mu dozdeva, da vidi nešteto zvezd. V resnici jih vidimo s prostim očesom »samo« okoli 2.500 (če je nebo preosvetljeno, vidimo le nekaj sto zvezd). Šele če gledamo skozi daljnogled, naraste število vidnih zvezd na nekaj milijonov. Vtis, da zvezde vzhajajo in zahajajo, podobno kot Sonce, Mesec in planeti, ima samo opazovalec na Zemlji. Drugih gibanj pri zvezdah s prostim očesom ne opažamo, zato so jih astronomi v starih časih imeli za stalnice, torej nebesna telesa, ki so stalno na določenem mestu. Vzrok tega navideznega mirovanja so neverjetno velike oddaljenosti zvezd od Zemlje (Ekrutt, 1988).

3.3 Zgodovina razsvetljave

Človek si je v preteklosti dolgo časa prizadeval poiskati načine, kako bi osvetlil noč. V predindustrijskem času je bila umetna svetloba proizvedena s pomočjo izgorevanja različnih materialov, kot so: les, bakle, lojenke in oljenke. Čeprav je osvetlitev te vrste imela vpliv na živali in okolje, je bil le-ta omejen, saj svetloba, ki je bila proizvedena na ta način, ni bila močna.

V začetku 19. stoletja je bila tehnologija za proizvodnjo oglja spremenjena, tako da je bila možna suha destilacija premoga in lesa v "mestni plin", ki se je uporabljal za ulično razsvetljavo. 9. novembra 1861 so mestni oziroma "svetilni plin", kot so ga imenovali takrat, začeli uporabljati za javno razsvetljavo v Ljubljani (Zupan, 2002).

Leta 1879 je ameriški znanstvenik, izumitelj in fizik Thomas Alva Edison po številnih neuspešnih poskusih iznašel prvo tehnično uporabno žarnico z ogleno nitko (ki jo je pridobil s pooglenitvijo bambusovega vlakna). Leta 1881 je zgradil prvi električni generator. Uvedel je vzporedno vezavo več žarnic, tako da so žarnice lahko svetile neodvisno. Leta 1882 je v New Yorku ustanovil prvo elektrarno, ki je dajala električno energijo 1284 žarnicam (Požar, 1992).

Poleg omenjenih pa je imel pri razsvetljevanju veliko vlogo tudi Nikola Tesla, saj je z iznajdbo večfaznega toka postavil temelj vsej sodobni elektrifikaciji. Westinghouse je po Teslovih načrtih postavil elektrarno na Niagarskih slapovih, ki je pošiljala elektriko v kraje, oddaljene 50 kilometrov, kar je bilo s prejšnjim načinom – enosmernim tokom neizvedljivo (Požar, 1992).

3.4 Svetlobno onesnaževanje

Svetlobno onesnaževanje je svetloba, ki ni namenjena neki ciljni uporabi (npr. osvetljevanje bencinskih servisov, parkirišč, trgovskih centrov, kar opravičuje »varnost«). To je svetloba, ki povzroča neudobje človeškim očem, nevarno bleščanje voznikom in pešcem, povzroča škodo na živih organizmih in ekosistemu. Prehaja v naše domove, spalnice in povzroča žarjenje neba nad mesti. Žarjenje neba nam zastira pogled v vesolje, na zvezde, planete. Porablja energijo, ki jo nezasenčene in napačno orientirane svetilke sevajo v vesolje v obliki svetlobe. Znano je, da umetna svetloba ruši naš naraven bioritem in bioritem vseh živih bitij (Pauley, 2004).

Izraz svetlobno onesnaževanje se uporablja že več let, vendar se je prvotno uporabljal v okoliščinah, ki so opozarjale na zmanjšanje vidnosti nočnega neba. Zaradi tega so hoteli razjasniti izraz »astronomsko svetlobno onesnaževanje«, kar pomeni, da nam zaradi direktne svetlobe, ki je usmerjena proti nebu in reflektirane svetlobe zastira pogled na zvezde in druga svetlobna telesa na nebu. Svetlobo, ki se odbija od neba nazaj proti Zemlji imenujemo »žarenje neba« (sky glow). Ekološko svetlobno onesnaževanje pa je umetna svetloba, ki spreminja vzorec, ki se pojavlja v naravi, to sta dan – noč. Leta 1985 je Verheijen predlagal nov izraz »foto onesnaževanje« (photopollution), kar naj bi bolje izražalo dejstvo, da umetna svetloba škodljivo učinkuje na živi svet. Ker »foto onesnaževanje« pomeni »svetlobno onesnaževanje« in ker je svetlobno onesnaževanje zelo širok pojem, ki ga mnogi poznajo le kot zastrt pogled v nočno nebo, bi bilo potrebno za »ekološko svetlobno onesnaževanje« vpeljati bolj prepoznaven izraz (Longcore in Rich, 2004).

3.4.1 Svetlobno onesnaževanje po svetu

S problemi svetlobnega onesnaževanja so se začeli ukvarjati v ZDA v začetku 50-ih let. Zaradi hitrejšega naraščanja prebivalstva v mestih na ameriškem jugozahodu se je nenadzorovano povečala emisija umetne svetlobe. Tako je mestna uprava Flagstaffa v Arizoni že leta 1957 sprejela prvo uredbo o nočni razsvetljavi (Mikuž, 1998).

Leta 1976 je Mednarodna astronomska zveza (International Astronomical Union) sprejela resolucijo, v kateri opozarja na rastoč negativni vpliv svetlobnega onesnaženja na astronomska opazovanja. V ta namen je ustanovila posebno komisijo, ki je skupaj z Mednarodno zvezo za razsvetljavo (International Commission on Illumination) pripravila osnove za strokovno obravnavo problema (Mikuž, 1998).

Navodila obsegajo pregled virov umetne svetlobe, metode za njihovo zmanjšanje, ter ukrepe, ki naj bi jih sprejele lokalne oblasti za nadzor in zmanjšanje svetlobnega onesnaževanja. Ta navodila so postala strokovna osnova za pripravo regulative na tem področju (Mikuž, 1998).

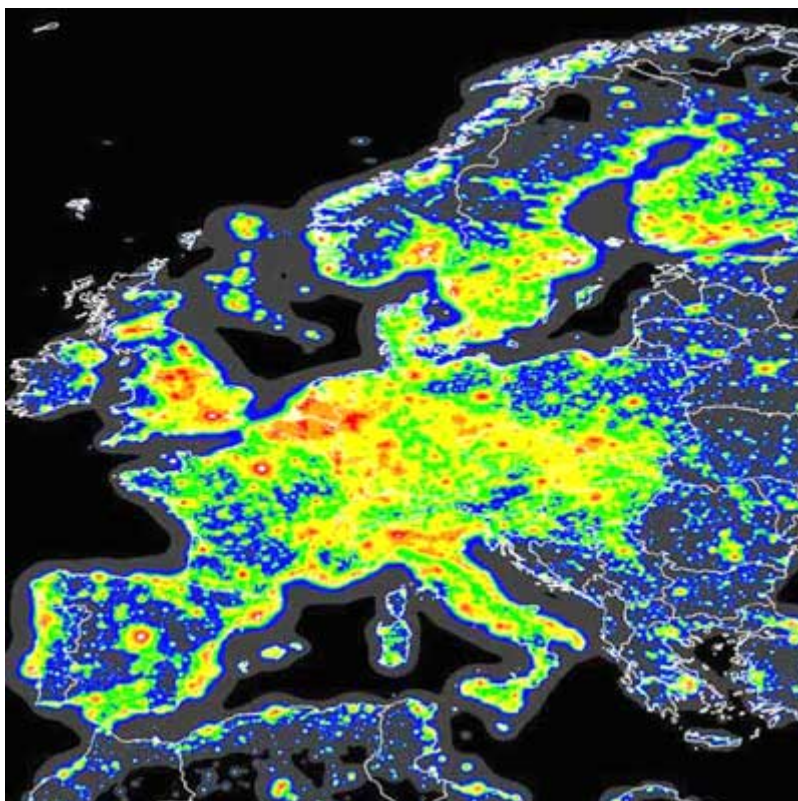


Slika 1: Zemlja ponoči, posnetek narejen s pomočjo satelita

(http://www.astrogea.org/celfosc/contaminacio_luminica.htm, 27. 11. 2005).

3.4.2 Svetlobno onesnaževanje v Evropi

Z izjemo Balkanskega polotoka je vsa Evropa na gosto posuta z izvori umetne svetlobe. Najslabše razmere so v najgosteje naseljenih področjih zahodne Evrope, še posebej pa v Veliki Britaniji (Mikuž, 1998).



Close-up view of Europe. Credit: P. Cinzano, F. Falchi (University of Padova), C. D. Elvidge (NOAA National Geophysical Data Center, Boulder).

Slika 2: Pogled na Evropo

(<http://www.am.ub.es/contaminacio-luminica/imatges/euromini.jpg>, 2001).

3.4.3 Svetlobno onesnaževanje v Sloveniji

Ker je Slovenija razmeroma gosto poseljena, obenem pa so razdalje majhne je vpliv razsvetljave iz večjih mest zaznaven povsod. Največji onesnaževalci so gosto poseljena območja Ljubljanske kotline, Maribor, Celjska kotlina in obalna regija (Mikuž, 2001).



Slika 3: Ljubljana, avgust 1996

(<http://astro.ago.uni-lj.si/comets/DSSi/SLIKE/Zarenje-neba/ljub-2.jpg>).

Glavni viri onesnaženja obsegajo razsvetljavo cestnih in poslovnih površin, okrasno razsvetljavo ter proti nebu usmerjene svetlobne snope (Mikuž, 2001).

V Sloveniji se žal v velikem obsegu na novo nameščajo slabo ali popolnoma nezasenčene svetilke, ki velik del svetlobe pošiljajo prav tja, kjer je ne potrebujemo – navzgor v nebo (Mikuž, 2001).

Pred stanovanjskimi bloki so večinoma nezasenčene svetilke, ki svetijo v fasade stavb in seveda v spalnice. Drugod pa bivalne prostore osvetljujejo kar nezasenčene svetilke z bližnje ulice. Nivoji osvetljevanja so ponekod tako visoki, da brez težav na ulici beremo drobn tisk. Bivalni prostori so osvetljeni preko vseh meja. Res je, da zaradi varnosti določen nivo osvetlitve vsekakor potrebujemo, vendar bi morali biti ti kontrolirani in v razumnih mejah (Mikuž, 2001).

Osvetljenih reklamnih panojev je po Sloveniji vedno več, posebno v in ob robu urbanih središč. Pogosto jih nameščajo brez preudarka ob glavnih prometnicah in nemalokrat ogrožajo varnost prometa. Svetlobno onesnaženje reklamnih panojev lahko v precejšnji

meri zmanjšamo z uporabo temnih ozadij s svetlimi črkami ali simboli. Dodatno zmanjšanje predstavlja uvedba časovnih omejitev obratovanja in osvetljevanje od zgoraj navzdol (Mikuž, 2001).

Svetlobne izvore visoke intenzitete, to so reflektorji in laserji, ki oddajajo svetlobo visoke intenzitete, uporabljajo za reklamo ali zabavo in imajo doseg več deset kilometrov. Gre za posebej konstruirane projektorje, opremljene z nekaj kilovatnimi žarnicami, ki se vrtijo in mečejo snope svetlobe proti nebu. V Sloveniji se uporabljajo za reklamiranje nočnih klubov in diskotek. Predstavljajo nedopustno in izjemno agresivno poseganje v naravno okolje, poleg tega tudi ogrožajo varnost letalskega prometa, zato so njihovo uporabo ponekod že prepovedali (Švica) (Mikuž, 2001).

3.5 Zakonodaja

Prva država, ki je sprejela uredbo o nočni razsvetljavi, je bila Arizona - leta 1957. V današnjem času pa imajo sprejeto zakonodajo na področju svetlobnega onesnaževanja poleg ZDA še Avstralija, Kanada, Čile, Kanarski otoki, Češka, Argentina, Italija, Nova Zelandija in Velika Britanija (<http://www.darksky.org>).

3.5.1 Zakonodaja v Sloveniji

Krovni zakon za sprejetje podzakonskih aktov s področja svetlobnega onesnaževanja v Sloveniji je Zakon o varstvu okolja (ZVO1). V četrti in peti točki drugega člena je kot cilj varstva okolja opredeljeno zmanjšanje rabe energije in večja uporaba obnovljivih virov energije ter odpravljanje posledic obremenjevanja okolja, izboljšanje porušenega naravnega ravnovesja in ponovno vzpostavljanje njegovih regeneracijskih sposobnosti. V tretjem členu zakona je opredeljen pojem emisije, ki je neposredno ali posredno izpuščanje ali oddajanje snovi v tekočem, plinastem ali trdnem stanju ali energije (hrup, vibracije, sevanje, toplota in svetloba) iz posameznega vira v okolje.

V Sloveniji je bilo že leta 1995 Ministrstvu za okolje in prostor izdano poročilo o svetlobnem onesnaževanju in oddana pobuda za sprejem ustrezne uredbe. Leta 1999 je Ministrstvo za okolje in prostor pripravilo osnutek uredbe o zmanjšanju svetlobnega onesnaževanja. Državni zbor je julija leta 2001 imel javno predstavitev mnenj v zvezi s sprejetjem uredbe, na kateri so sodelovali strokovnjaki iz različnih področij (astronomi, biologi, strokovnjaki iz podjetja Javna razsvetljava in drugi). Takrat do sprejetja uredbe ni prišlo, zato je bila februarja 2006 še enkrat javna predstavitev mnenj, vendar uredbe do sedaj še niso sprejeli.

Uredba o svetlobnem onesnaževanju bo opredelila obliko uličnih svetilk, omejila osvetljevanje spomenikov, oglasnih panojev, fasad in okolic stavb, prepovedala bo svetlobne snope proti nebu in določila obliko svetilk javne razsvetljave. Osvetlitev vseh fasad naj bi bila takšna, da ne bo motila soseščine, reflektorji naj ne bi bili usmerjeni v nebo. Po 23. uri bodo lahko vklopljene le svetilke, potrebne za razsvetljavo cest, železnic ali javnih površin. Omejitve naj bi bile namenjene predvsem nočnemu počitku ljudi, varstvu živali in narave. Uredba predvideva tudi strožje omejitve za okolico astronomskih opazovalnic na Črnem Vrhu nad Idrijo in Golovcu ter za vsa zaradi narave zavarovana območja. Ureja pa tudi kazni za kršitelje uredbe (Stanković, 2006).

3.6 Vplivi svetlobnega onesnaževanja na živa bitja

3.6.1 Vpliv na človeka

Opravljenе študije nam kažejo indirektno povezavo med incidenco raka na dojkah in raka debelega črevesja pri delavcih, ki delajo v več izmenah in so s tem izpostavljeni svetlobi ponoči. Eden od možnih mehanizmov je zmanjšano izločanje melatonina (MLT) pri delavcih, izpostavljenih svetlobi ponoči. Pinealna žleza – češarika normalno izloča večje količine melatonina v zgodnjih jutranjih urah, vendar je izločanje manjše, če smo budni in izpostavljeni svetlobi (Pauley, 2004).

Študije na podganah, ki jih je izvedel David E. Blask s kolegi, kažejo, da deluje melatonin kot zaščitni onkostatik, ki zavira rast rakavih celic pri podganah, ki so bile cepljene s človeškimi rakavimi celicami dojk (Blask in sodelavci, 2003).

Melatonin je ena zmed možnih snovi, ki ščitijo človeka. Minimalna osvetlitev, ki je potrebna za rast rakavih celic pri podganah, je 0,2 lx, to predstavlja dvakratno osvetljenost, ki jo dobimo pri polni luni (velja za belo svetlobo) (Pauley, 2004).

David E. Berson je raziskoval celice očesno mrežničnega ganglija, ki so povezane z bioritmom in vpliv modre svetlobe, ki je močno prisotna v zunanjem okolju. To vrsto svetlobo oddajajo metal-halidne, živosrebrne, visokotlačne natrijeve in fluorescentne žarnice. Zaradi zmožnosti oviranja nastajanja melatonina deluje kot droga. Če so odprte oči izpostavljene (light at night - LAN) LAN-u v zgodnjih jutranjih urah, se v telesu izloči manj melatonina, s tem lahko razložimo povečano incidenco prej omenjenih rakov v razvitem svetu. Zaradi tega naj bi pri načrtovanju svetil tako v notranjem kot v zunanjem okolju pazili na tip, intenziteto in barvo svetilke (Pauley, 2004).

3.6.2 Svetloba in bioritem

Bioritem najdemo pri skoraj vseh živih bitjih, razen v preprostejših organizmih, kot so na primer alge. Človek je podedoval gensko informacijo za bioritem že od prvih preprostih organizmov, ki so nastali pred več kot štirimi milijardami let. Bioritem je odvisen od teme ponoči, ki omogoča proizvodnjo melatonina med drugo in četrto uro zjutraj, in svetlobe podnevi, ki skupaj z nočjo ustvarjata bioritem. Sistem za uravnavanje bioritma je izredno občutljiv na dnevni cikel: svetlobo-temo. Ta sistem pri sesalcih reagira s fotoni v posebnih celicah v očesni mrežnici (Pauley, 2004).

Pred petsto tisoč leti se je človek naučil uporabljati ogenj, ki ga je uporabljal za gretje in svetlobo. Leta 1879, ko je Edison izumil električno žarnico, je človek prekinil bioritem, saj je ponoči začel uporabljati umetno svetlobo. Prve žarnice, ki so bile še precej zatemnjene – zamegljene in so oddajale rumeno svetlobo, niso imele tako velikega vpliva na bioritem. Sodobna tehnologija je omogočila, da so sedanje žarnice bolj svetle. Današnje žarnice sevajo svetlobo valovnih dolžin modre barve. Svetila, ki so se uporabljala nekoč, to so svetilke na plin, petrolej in žarnice na nitko, so sevala bolj v rumenem in rdečem spektru svetlobe. Medicinske raziskave pa nam kažejo, da je modra svetloba zelo učinkovita pri zmanjšanju nastajanja melatonina (Pauley, 2004).

3.6.3 Raziskovanje receptorskih celic

Leta 2002 je David M. Berson, znanstvenik nevrologije, odkril prej nepoznano funkcijo celic mrežničnih – retinalnih ganglijev (RCG). Celice mrežničnih ganglijev in njihovo funkcijo je preučeval na mrežnici podgan. Prikazal je, da so RCG aksioni povezani s hipotalamusom v bazi možganov. RCG je najbolj občutljiv na modro svetlobo (464 – 484 nm). Pri bioritmu pri svetlobni zaznavi dobi telo informacijo, kako regulirati telesne funkcije, kot so telesna temperatura, sproža hormone iz češarike, ki regulira spanje in vpliva na izločanje melatonina (Pauley, 2004).

3.6.4 Modra svetloba in fotopigment

Melanopsin je fotopigment, ki je občutljiv na modro svetlobo in je povezan z mrežničnimi gangliji. Mrežnični gangliji se nahajajo globoko v mrežnici pred paličicami in čepki. Te specializirane celice niso vidni fotoreceptorji, vendar samo prenašajo po živcih v možgane začetne impulze svetlobe, ki pridejo do paličic in čepkov. RCG dendriti najbolj prenašajo dražljaje valovnih dolžin med 464 in 484 nm. Za primerjavo paličice in čepki maksimalno delujejo pri valovnih dolžinah 507 nm (zelena barva) in 555 nm (zeleno-rumena barva) (Pauley, 2004).

Leto prej je George C. Brainard ugotovil, da je nivo melatonina znižan najbolj, kadar so imeli prostovoljci razširjeno zenico in so bili 90 min med 2. in 3.30 uro izpostavljeni monokromatski modri svetlobi valovne dolžine 464 nm in osvetljenosti 0,1 lx, kar predstavlja enako osvetljenost, kot je pri polni luni. Brainard je predpostavil, da je za to odgovoren nov fotoreceptor, ki je ločen od paličic in čepkov, in ga je kasneje poimenoval melanopsin (Pauley, 2004).

3.6.5 Nočna svetloba, rak dojk in rak debelega črevesja

Ljudje v razvitem svetu, ki delajo podnevi, so na delovnem mestu pogosto izpostavljeni umetni svetlobi, namesto sončni svetlobi. V nočnem času so ljudje pogosto izpostavljeni močni svetlobi, ki vsebuje veliko valovnih dolžin modre svetlobe. Zato nekateri raziskovalci verjamejo, da to moti normalen cikel izločanja melatonina, kar prizadene človekovo zdravje (Pauley, 2004).

Nedavne epidemiološke študije nočnih delavcev nam kažejo na višji odstotek raka na dojkah, ki obsega med 36% do 60%. Richard G. Stevens je opazil, da je rak dojk 5x pogostejši v razvitem svetu kot v državah v razvoju. Približno 40.000 žensk vsako leto umre za rakom na dojkah, od tega je 50% vzrokov v Združenih državah Amerike nepojasnjenih. Električna svetloba predstavlja znamenje razvitega sveta, kar lahko povezujemo z višjim odstotkom raka dojk. Naslednje raziskave bodo usmerjene na

merjenje količine melatonina pri izmenschkih delavcih in korelaciji s pridobljenimi podatki in incidencami raka pri izmenschkih delavcih (Pauley, 2004).

Schernhammer in sodelavci so prikazali podatke iz Harvard Nurses' Health Study, kjer so preučevali 78.586 žensk. Uporabili so prospektivne študije, s katerimi so ugotovili, da je večji odstotek pojavljanja raka dojk med nočnimi delavkami. Našli pa so tudi za 35% višjo incidenco raka debelega črevesja med nočnimi delavci, ki delajo izmenschko delo najmanj 3 dni v mesecu v nočni izmeni po 15 let ali več takega dela. (Pauley, 2004).

Ugotovili so tudi, da imajo popolnoma slepi ljudje, ki ne zaznavajo svetlobe, nižjo incidenco raka dojk kot slepi ljudje z nizkim zaznavanjem svetlobe (Pauley, 2004).

3.6.6 Uravnavanje melatonina in varovanje

Melatonin je hormon, ki se izloča med spanjem in uravnava fiziološko ravnovesje v organizmu. Prav tako je tudi antioksidant in substanca, ki deluje proti raku (v eksperimentalnih sistemih). To ima pomembno vlogo pri razumevanju človekovega zdravja (Pauley, 2004).

Nastajanje in zaviranje melatonina je določeno v biološkem (dnevno-nočnem) ritmu, sintetizira se v češeriki. Melatonin se normalno tvori v temi, največ se ga izloči med 2.00 in 4.00 uro zjutraj. Izločanje se prekine, če človeka med tem časom izpostavimo umetni svetlobi (Pauley, 2004).

3.6.7 Šibka svetloba zavira nastajanje melatonina in stopnjuje rast tumorjev

Zgodnje raziskave na podganah, ki so jih izvedli Blask, Sauer in sodelavci, kažejo na to, da neprekinjeno izpostavljanje umetni svetlobi (24 ur dnevno) zavira izločanje melatonina ponoči in povečuje razraščanje rakavih celic v podganah (hepatoma tumor). Celotna šibka

svetloba zavira izločanje melatonina. Zaviranje melatonina je bilo vidno že pri osvetljenosti 0,2 lx in beli svetlobi. Podgane, ki so bile izpostavljene normalnemu dnevnemu ritmu (12 h svetloba : 12 h tema), so imele višji nivo melatonina ponoči, počasneje pa so se množile rakave celice v jetrih. Podobno naraščanje rakavih jetrnih celic pa je bilo vidno pri izpostavljanju beli svetlobi pri 300 lx, kar je tipična osvetljenost za poslovne prostore. To je razkrilo visoko občutljivost mrežnice na ritem osvetljenosti pri podganah. Brainardovi poizkusi za dokaz zaviranja melatonina na ljudeh so trajali 90 min pri osvetljenosti komaj 0,1 lx in svetlobi valovne dolžine 464 nm enako (kot pri osvetlitvi, ki jo povzroča polna luna) (Pauley, 2004).

Ko so celice raka dojke implantirali v podgane in prekinili temo s konstantno belo svetlobo 300 lx (24 h svetloba), so imele podgane v katere so implantirali človeške celice raka dojke, nižjo raven melatonina. Rak je značilno – signifikantno napredoval in se tudi razraščal hitreje kot pri populaciji podgan, ki so bile izpostavljene normalnim razmeram ritma osvetljenosti (12 h svetloba : 12 h tema). V obeh poizkusih so ugotovili, da večje količine melatonina upočasnjujejo razrast rakavih celic za 70 % in zmanjšujejo linolsko kislino. Raziskave so namigovale, da ima MLT onkostatične lastnosti (Pauley, 2004).

Preko 90% človeškega karcinoma debelega črevesja in preko 90% normalnega človeškega tkiva dojke ima receptorska mesta za MLT. Zaščita, da MLT inhibira človeške rakave celice dojke, je lahko dvojna, in sicer MLT zasede receptorska mesta na celicah. Domnevajo tudi, da MLT preprečuje razraščanje tumorjev in sicer inhibira linolsko kislino, s čimer inhibira razmnoževanje rakavih celic (Pauley, 2004).

Obstaja hipoteza, da kombinacija zgodnje izpostavljenosti močni umetni svetlobi, ki je sestavljena iz valovnih dolžin modre barve in uživanje hrane z veliko maščob, zavira nastanek MLT in vodi v pogostejše obolevanje za rakom dojke in rakom debelega črevesja. Poznejše študije so povezale znižan nivo MLT z rakom dojke in rakom debelega črevesja. V obširnih raziskavah v mestih so domnevali, da je neprimerna uporaba LAN (light at night) povod za resne premisleke o vzrokih visoke obolevnosti za rakom dojke in rakom debelega črevesja v razvitem svetu (Pauley, 2004).

Zaviranje MLT zaradi izpostavljanja svetlobi v nočnem času je odvisno od barve svetlobe, intenzitete osvetlitve in časa izpostavljanja oči (odprtih in zaprtih) viru svetlobe. S študijo,

ki jo je izvedel Hatonen s sodelavci so ugotovili, da sta dva od osmih ljudi, ki so bili 60 min izpostavljeni beli svetlobi, intenzitete 2000 lx med polnočjo in drugo uro zjutraj, imela nižje nivoje MLT. Avtor dvomi, da ljudje spijo z zaprtimi očmi, ker so imeli znižan nivo MLT. Tipična osvetlitev v sobah je med 150 in 180 lx. Kakorkoli že ne spijo vsi ljudje globoko, mnogi se zbujaajo ponoči in imajo odprte oči, s čimer so izpostavljeni svetlobi, katere vir so lahko televizor, računalniški ekrani, namizne svetilke ali pa umetna svetloba, ki prihaja noter skozi nezasenčena okna (Pauley, 2004).

Več raziskav bi moralo biti usmerjenih v natančno določitev nivoja osvetlitve in časa izpostavljanja različnim vrstam svetlobe, ki zavirajo izločanje melatonina. Teoretični model je zasnoval Karl Schulmeister s sodelavci. Ugotavljali so učinek spektra na MLT, izračunali in določili so nekatere možne prage nivoja osvetlitve, ki zmanjšajo nastajanje MLT za 50%. (Pauley, 2004).

Tabela 1: Vrsta svetlobnega vira in čas izpostavljenosti, v katerem se zmanjša izločanje melatonina za 50% (Pauley, 2004).

Vrsta svetlobnega vira	Čas izpostavljanja v katerem se zmanjša izločanje MLT za 50% (minute)
Monokromatska rdeča svetloba	24180 (403 ur)
Sveča	66
60 W žarnica	39
58 W fluorescentna žarnica	15
LED (light emission diode)	13

Avtorji razlagajo, da se je po letu 1960 svetlobna tehnologija razvijala od navadne žarnice, ki oddaja pretežno rumeno svetlobo, do današnjih HID (high intensity discharge) žarnic. Ulična svetloba je kot rumenkasto-rjava svetloba (visoko tlačne natrijeve žarnice), belo svetlobo oddajajo metal halidne žarnice, modro-zeleno barvo živosrebrne žarnice in

fluorescentne luči visoko stopnjo modre svetlobe, kar pojasnjuje vse večjo izpostavljenost ljudi na svetlobo valovnih dolžin modre svetlobe, kot kdaj koli prej (Pauley, 2004).

3.6.8 Emisija modre svetlobe in izločanje melatonina

V eksperimentih z ljudmi je Brainard prikazal, da modra svetloba (0,1 lx) zavira izločanje melatonina bolj kot svetloba drugih valovnih dolžin. To pomeni, da če imamo ponoči odprte oči in smo hkrati izpostavljeni svetlobi, ki seva modro svetlobo (fluorescentne žarnice), lahko predstavlja potencialno tveganje za zdravje. Nove naprave za merjenje svetlobe naj bi zaznavale vpliv na biološki ritem in naj bi se združile s standardnimi merilniki svetlobe.

Lockley in sodelavci so odkrili, da 6,5 urno izpostavljanje ur monokromatski modri svetlobi z valovno dolžino 460 nm dvakrat bolj zavira izločanje melatonina kot vidna svetloba z valovno dolžino 555 nm. Študijo so potrdili tudi z dejstvom, da je češerika, ki proizvaja melatonin, odvisna in ločena od fotopičnega vidnega sistema (za modro svetlobo) (Pauley, 2004).

3.6.9 Previdnostno načelo

Dokler ne raziščejo vzroka in posledic med svetlobo ponoči, motnjami bioritma in raka pri ljudeh in vse dokler ne bo to jasno razvidno, je potrebno upoštevati varnostno načelo. Tako kot so se pri prvih sumih, da je rak na pljučih povezan s kajenjem, borili z osveščanjem javnosti in opozarjanjem, tako bi morali osveščati in opozarjati ljudi pri uporabi umetne svetlobe podnevi in uporabo luči ponoči. Veliko pozornosti bi morali nameniti oblikovanju in preoblikovanju svetlobe, da bi zmanjšali motnje v cirkadialnem sistemu. (Pauley, 2004).

3.6.10 Boljša svetlobna tehnika

Preden bolje raziščejo direktno povezanost med izpostavljenostjo umetni svetlobi v nočnem času in naraščajočem razmerju med raki, bi morali upoštevati nekatere preventivne ukrepe.

Najboljši način, da znova vzpostavimo naš cirkadialni ritem, je da organizem proizvede dovolj vitamina D, da smo vsako jutro vsaj 15 min na soncu in da ponoči spimo v popolni temi. Vendar imajo ljudje v razvitem svetu slabe navade v zvezi s spanjem. Narašča tudi število ljudi, ki delajo izmensko delo podnevi in ponoči. Opravljene študije so pokazale, da imajo izmenski delavci spremenjen biološki ritem. Prekinitev normalnega nočnega časa, v katerem se izloča največ melatonina, močno škoduje fiziologiji človekovega delovanja pri delavcih, ki delajo v več izmenah (Pauley, 2004).

3.7 Vpliv na ekosistem

- Ekološko svetlobno onesnaževanje vključuje dolgotrajne ali ponavljajoče se osvetlitve, nesprejemljive spremembe v osvetljenosti in direktno bleščanje.
- Živali lahko izboljšajo svojo orientacijo ali pa izgubijo občutek za orientacijo zaradi dodatne osvetlitve. Dodatna osvetlitev lahko privabi ali odvrča nekatere živali, lahko vpliva na njihovo prehranjevanje, reprodukcijo, komunikacijo ali na njihove navade.
- Umetna svetloba lahko uniči medsebojen vpliv, nastal po naravnem vzorcu dan-noč, z resnimi zapleti v ekologiji.

Ekologi so dolgo časa preučevali vlogo naravne svetlobe in vpliv le-te na živalske in rastlinske vrste, vendar je bilo njihovo preučevanje omejeno. Pri svojem delu dolgo časa niso preučevali vpliva umetne osvetlitve in njegovih posledic na žive organizme. V preteklem stoletju je obseg in intenziteta umetne nočne svetlobe naraščala in s tem vpliv na biološke in ekološke vrste v divjini (Longcore in Rich, 2004).

V začetku so pri proučevanju popolnoma prezrli potencialno možnost, da bi umetna svetloba ponoči lahko škodljivo vplivala na ekološke sisteme. Različni avtorji so napisali poročila o potencialnem škodljivem učinkovanju umetne svetlobe na ekosisteme in biološke sisteme, ki so jih objavili v »zeleni« literaturi (Health Council of Netherlands 2000; Hill), na razpravah na konferencah (Outen 2002; Schmiedel 2001) in v člankih revij (Frank 1988, Verheijen 1985, Salmon 2003, cit. po Longcore in Rich, 2004).



Diagram 2: Diagram ekološkega in astronomskega svetlobnega onesnaževanja (<http://www.urbanwildlands.org/Resources/LongcoreRich2004.pdf>. 2004).

Obseg svetlobnega onesnaževanja je globalen. Prvi atlas umetno osvetljenega nočnega neba, prikazuje, da je svetlobno onesnaževanje razširjeno na vseh poseljenih kontinentih. Ugotovili so, da samo 40% Američanov živi na območju, ki je dovolj temno in 18,7% zemeljskega površja je v nočnem času izpostavljenega močnejšemu svetlobnemu onesnaževanju, kot je opredeljeno onesnaževanje v astronomskih standardih. Svetloba, ki prihaja iz zalivov, osvetljene naftne ploščadi in ladje prispevajo k uničenju ekosistemov v svetovnih oceanih (Longcore in Rich, 2004).

Tropski predeli so še posebno občutljivi na spremembe vzorcev svetlobe in teme (24-urnega ritma). Skrajšana ali svetlejša noč bolj verjetno vpliva na tropske vrste, ki so prilagojene 24-urnemu vzorcu dneva in noči z minimalnimi sezonskimi spremembami kot netropske vrste, ki so adaptirane na trajne (ponavljajoče se) sezonske spremembe. Vrste v zmerni in polarni klimi so prav tako občutljive na uničevanje ekosistema, še posebej če so

občutljive na dolžino dneva in se po njem ravnaajo. To uničevanje ekosistema se odraža predvsem v njihovem vedenju (Longcore in Rich, 2004).

3.7.1 Meritve in enote

Rezultate meritev ekološkega svetlobnega onesnaževanja so najpogosteje podane kot količina svetlobe, ki pade na dano ploskev. Osvetljenost je količina vpadne svetlobe na enoto površine. Svetloba je lahko spremenljiva in se razlikuje po intenziteti in spektru, ki ga oddaja svetilo (izraženo v valovni dolžini). Pri določanju osvetljenosti bi bilo potrebno meriti elementarno količino sevalne energije na kvadratni meter na sekundo, s povezavo merjenja valovnih dolžin, ki ga svetilo oddaja. Bolj pogosto se osvetljenost izraža v luxih (lx), ki predstavljajo osvetljenost določene površine, ki jo zazna človeško oko. Merjenje v luxih ima poudarek na valovnih dolžinah, ki jih človeško oko bolj zazna, kot na valovnih dolžinah, ki jih človeško oko zazna manj. Zaradi tega je to merjenje pomanjkljivo, ker nekateri drugi organizmi zaznavajo druge valovne dolžine (npr. insekti zaznavajo valovne dolžine ultravijoličnega spektra), ki jih pri tem ne izmerimo (Longcore in Rich, 2004).

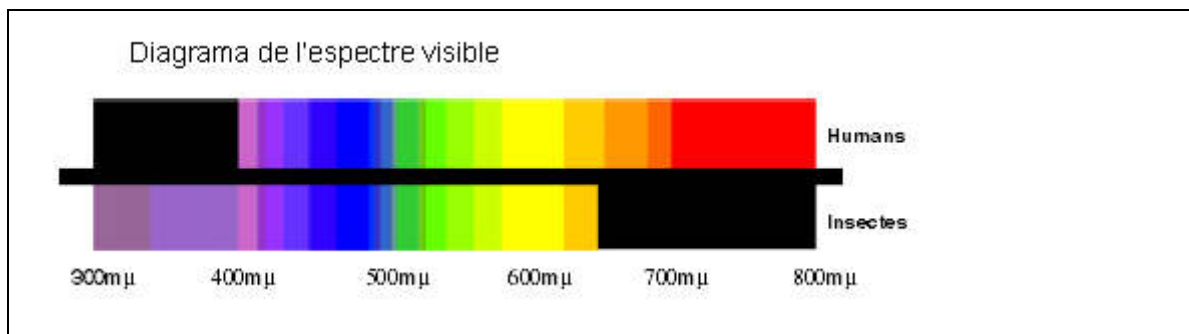


Diagram 3: Diagram vidnega spektra človeka in insektov (<http://www.astrogea.org/jmgomez/celfosc/biodiver.htm>, 1998).

Ta težava se pojavlja pri določanju ekološkega svetlobnega onesnaževanja, saj je enota lux standardizirana in jo uporabljajo skoraj vsi svetlobni proizvajalci, svetlobni inženirji, pojavlja pa se tudi v okoljskih predpisih. Tako izražanje v luxih prezira ekološko ustrezne informacije. Na primer visokotlačne natrijeve svetilke privabljajo večje zaradi velikega deleža ultravijoličnega spektra, medtem ko so na nizkotlačne natrijeve svetilke nekateri

organizmi občutljivi, četudi ne oddajajo ultravijoličnega spektra. Kljub temu se zaradi lažjega komuniciranja in široke uporabe uporablja enota lux (Longcore in Rich, 2004).

Nenadna osvetlitev je lahko uničevalna za nekatere vrste. Ekologi včasih merijo tudi svetlost svetlobnega vira, ki ga vidijo organizmi (Longcore in Rich, 2004).

3.7.2 Vpliv svetlobnega onesnaževanja na živali

3.7.2.1 Vedenjska in populacijska ekologija

Ekološko svetlobno onesnaževanje ima viden vpliv na vedenjsko in populacijsko ekologijo organizmov v naravnem okolju. Obsegi učinkov, ki izvirajo iz sprememb svetlobe v okolju so: orientacija, dezorientacija ali izguba orientacije in privlačnost ali odbijanje, nekatere spremembe lahko vplivajo na hranjenje, razmnoževanje, migracije in komunikacijo med posameznimi vrstami (Longcore in Rich, 2004).

3.7.2.2 Orientacija/dezorientacija in privlačnost/odbijanje

Osvetlitev objektov v okolici je lahko vzrok za orientacijo nekaterih oz. dezorientacijo drugih živalskih vrst. Prav tako pa lahko svetloba privlači ali odbija določene živalske vrste k viru ali proč od vira osvetlitve. Naraščanje osvetljenosti podaljša dan ali premakne večerne navade živali v noč. Veliko dnevnih ptic in plazilcev se prehranjuje pod umetnimi lučmi. To bi lahko poimenovali »nočno svetlobno pribežališče« za plazilce. Izgleda sicer koristno za nekatere vrste – plenilce, ne pa tudi za njihove plene (Longcore in Rich, 2004).

Umetna svetloba pa poleg privlačnosti oziroma odbijanja in orientacije lahko vpliva tudi na spremembo drugih navad kot so npr. petje ptic. Samec ameriškega kosa (*Mimus*

polyglottos) se je nekoč paril z edinim petjem ponoči. Pel je v območjih umetne osvetlitve ali ob polni luni. Vendar pa se danes zaradi množičnega osvetljevanja ponoči, premaknejo v noč tudi navade (petje) drugih ptic, tako da sedaj ni več edini, ki poje ponoči, v območjih umetne osvetlitve (Longcore in Rich, 2004).

Konstantna nočna umetna svetloba vpliva na bitja, ki se orientirajo v temnem okolju in sicer jih zmede, da se ne znajo orientirati v umetni svetlobi. Najbolj znan primer izgube orientacije je pri morskih želvah, ki prihajajo iz svojih gnezd na peščene plaže. V normalnih okoliščinah se želve premikajo stran od nizkih, temnih senc, to jim omogoča, da se v nevarnosti lahko hitro odplazijo v ocean. Z nameščenimi svetilkami ob obali se želve ne morejo več ravnati po senci. To jih zmede, da se ne morejo več orientirati. Svetloba vpliva tudi na zaleganje jajčec in na navade želvjih samic (Longcore in Rich, 2004).



Slika 4: Pogled na osvetljeno plažo v Cádiz (Španija)
(<http://www.celfosc.org/galerija/cadiz/cadiz.htm>, avgust 2006).



Slika 5: Pogled na Atlantski ocean, osvetljenost v smeri horizonta v poletni noči (<http://www.celfosc.org/galerija/cadiz/cadiz.htm>, avgust 2006).

Spremembe zaradi umetne osvetlitve pa vplivajo tudi na orientacijo nočnih živali. Obseg anatomskih prilagoditev za prilagajanje nočnemu vidu je obsežen in hitro narašča, tako da jih svetloba lahko slepi. Pri žabah hitro naraščanje svetlobe povzroča zmanjšanje vidnih sposobnosti, pri čemer je povratni čas, da zopet lahko normalno vidijo dolg od nekaj minut do nekaj ur. Preden se žabe prilagodijo svetlobi jih le-ta privlači (Longcore in Rich, 2004).

Pri pticah lahko umetna svetloba ponoči prav tako povzroči dezorientacijo. Ptiči so lahko v območju osvetljenega območja »ujeti v past«, to pomeni, da letajo v osvetljenem območju in ga ne morejo zapustiti. Posebno so s tem prizadeti ptiči, ki se selijo ponoči. To se dogaja, kadar jih meteorološki pogoji prisilijo, da letajo nizko, npr. v mrzlem viharnem vremenu ali pozno ponoči, ko se spustijo in letajo bolj nizko. Znotraj osvetljenih območij se ptiči lahko zaletavajo drug v drugega ali v druge konstrukcije (dimniki, svetilniki, oddajniki, ladje, rastlinjaki, naftne ploščadi), to jih lahko tako izčrpa, da postanejo plen plenilcev. Mnogokrat pa poginejo tudi zaradi trčenja v okna. Umetna svetloba ptiče privablja in jih ovira pri migracijah (Longcore in Rich, 2004).

Zaradi dobro razvitega vida pri večini žuželk je svetloba eden najvažnejših zunanjih dejavnikov. Nekatere vrste žuželk bežijo od svetlobe in pravimo, da so negativno fototaktične. Druge se vedno obračajo proti svetlobi ali jih svetloba celo privlači in so pozitivno fototaktične. Žuželke se orientirajo tako, da pade slika vira svetlobe vedno v ista

očesa v sestavljenem očesu. To jim omogoča tako gibanje, da ves čas ohranjajo isti kot proti soncu ali drugemu nebesnemu telesu. To vrsto reakcije imenujemo kompasna orientacija (menotaksis). Pri njej igra pomembno vlogo tudi čut za čas (biološka ura). Žuželka mora zaradi navideznega premikanja nebesnega telesa, ki ga povzroča vrtenje Zemlje, spreminjati kot vrtenja, če želi leteti ves čas v isto smer (Trilar, 2001).

Nočno aktivne žuželke postanejo aktivne v večernem mraku, na primer metulji obletavajo cvetove in se prehranjujejo. Ko se nahranijo, začnejo bodisi iskati partnerja ali se odpravijo na selitev. Tako aktivne so nekaj ur, nato si kmalu po polnoči poiščejo zavetišče in v njem zaspijo. Nočni metulji ter nekateri hrošči, kožokrilci in dvokrilci ponoči priletavajo na luči. Najbolj jih privlači svetloba luči, ki izžareva veliko ultravijoličnih žarkov. Tako svetlobo oddajajo predvsem različne nizke in visokotlačne živosrebrne žarnice. Žareče pare živega srebra oddajajo svetlobo določenih valovnih dolžin, najmočnejše pri 365 nm. To je območje največje spektralne občutljivosti mnogih žuželk (Trilar, 2001).

Žuželke med selitvijo letijo pod točno določenim kotom proti daljnim virom svetlobe, kot so Sonce in druga nebesna telesa. Ta kot ohranjajo tudi, kadar jih zmotimo z bližnjim umetnim virom svetlobe. Tako se spiralno približujejo luči in nazadnje priletijo vanjo. Ob luči nato žuželke nekaj časa letajo – bolje rečeno tavajo sem in tja, se počasi umirijo, usedejo in zaspijo. Če se jim to zgodi več noči zaporedoma, ne morejo opraviti svojega biološkega poslanstva (Trilar, 2001).

Večina metuljev (več kot 90%) je aktivnih ponoči. Insekti iščejo svoja bivališča ponoči. Večina žuželk ima slab vid in dobro razvito čutilo za voh. Prav tako pa je tudi vonj zelo pomemben pri prehranjevanju živih bitij. V nočnem času ima večina rastlin boljši in bolj izrazit vonj, ki privablja žuželke (Dolsa in Abarrán, 1998).

Neleteči členonožci na svetlobo reagirajo različno. Nekateri nočni pajki so negativno fototaktični, medtem ko druge svetloba privablja, če ima primeren spekter. Nekatere insekte svetloba privlači, druge odbija. Členonožci so v glavnem zelo odvisni od svetlobe, vlage in temperature (Longcore in Rich, 2004).

Svetloba lahko privablja tudi ribe in ikre (ličinke rib) h koralnim grebenom. Nekatere živalske vrste pa umetna svetloba plaši in se ji zato umikajo (Longcore in Rich, 2004).

3.7.2.3 Vpliv svetlobe na razmnoževanje

Navade reprodukcije se lahko s pomočjo umetne svetlobe spremenijo. Npr. samica žabe (*Physalaemus pustulosus*) je manj selektivna glede na izbiro parjenja, kadar jakost svetlobe narašča (Longcare in Rich, 2004).

Pri dvoživkah, nočna svetloba vzpodbuja gibanje proč od virov svetlobe. Bryant Buchman poroča, da so žabe v prostoru, ki je bil osvetljen, prenehale s parjenjem med nogometno tekmo, ko je svetloba iz bližnjega stadiona povzročila povečanje žarenja neba. Parjenje se je zopet začelo, ko so bile žabe zaščitene pred svetlobo (Longcare in Rich, 2004).

Nekateri dokazi govorijo o tem, da pri pticah svetloba vpliva na izbiro kraja gnezdenja. Raziskovali so vplive cestnih svetilk na črnorepega kljunača (*Limosa l. limosa*), ki živi na vlažnih travnikih. Dve leti so opazovali gostoto poseljenosti gnezd. Primerjali so skupino gnezd, ki so bila izpostavljena umetni svetlobi, in skupino, ki ni bila izpostavljena svetlobi. Ugotovili so, da se število poseljenih gnezd manjša z oddaljenostjo od osvetljenih cestišč. Z raziskavo so tudi ugotovili, da ptice, ki so bližje razsvetljavi, gnezdijo prej kot ptice, ki gnezdijo proč od razsvetljave (Longcare in Rich, 2004).

Nočni metulji začnejo svoj nočni cikel s hranjenjem in tako prispevajo pomemben delež pri opraševanju rastlin, saj veljajo za najpomembnejše opraševalce za čebelami. Druga pomembna aktivnost je razmnoževanje. V mnogih primerih je vloga odrasle žuželke (imago) omejena zgolj na parjenje in odlaganje jajčec, nakar pogine. V tem času se ne hrani; živi od zalog, pridobljenih v stadijih ličinke (larva). Ker se le-te hitro porabijo, je pomembno, da se samci in samice čim prej najdejo. Poleg tega obstaja nevarnost parjenja različnih vrst, kar je seveda nezaželeno. Pri metuljih je to do neke mere urejeno z obliko genitalnega aparata in vrsto feromona, vendar zelo sorodne vrste te zaščite nimajo. Nočni metulji so to uredili tako, da samice posameznih vrst izločajo feromone v različnih časovnih obdobjih noči in s tem preprečujejo parjenje s samci tujih vrst (Smole, 2000).

Čeprav še ni popolnoma jasno, kako potekajo ti procesi, lahko z gotovostjo trdimo, da so insekti časovno in orientacijsko vezani na Luno in druga nebesna telesa, ki jim omogočajo,

da se znajdejo ob pravem času na pravem mestu. Množica antropogenih virov svetlobe je danes verjetno eden od najpogostejših vzrokov smrti žuželk (Smole, 2000).

3.7.2.4 Komunikacija

Umetna svetloba vpliva tudi na vidno komunikacijo znotraj vrste in med različnimi vrstami. Nekatere vrste uporabljajo svetlobo za komuniciranje, zato so občutljive na umetno svetlobo, saj le-ta prekine njihovo medsebojno komunikacijo. Samice kresnice privabljajo samce za parjenje do oddaljenosti 45 metrov z bioluminiscenco. Prisotnost umetnih luči otežuje komunikacijo med temi živalmi (Longcare in Rich, 2004).

Umetna razsvetljava prav tako spremeni vzorce komuniciranja med volkovi (*Canis latrans*). Volkovi bolj zavijajo kadar je polna luna, kot kadar je mlaj. Volkovi s komunikacijo zmanjšujejo vstop drugega krdela volkov na njihovo ozemlje, prav tako pa je pomembno, kadar lovijo večje plene v temnih okoliščinah. Žarenje neba, kot posledica svetlobnega onesnaževanja, vpliva na vzorce komunikacije med volkovi (Longcare in Rich, 2004).

Svetloba pri večini živali spremeni njihove navade, s tem pa ima vplive tudi na celotne živalske vrste. Na nekatere vrste svetloba učinkuje pozitivno, medtem ko na druge negativno. V splošnem velja, da ima svetloba negativne posledice na celotno ekologijo pri ohranjanju živalskih vrst (Longcare in Rich, 2004).

3.7.2.5 Populacijska ekologija

Navade posameznih živali na svetlobo razberemo iz njihovih reakcij ob svetlobi (orientacija, dezorientacija) in svetlosti (privabljanje, odbijanje). Odraža se predvsem v tekmovanju in plenilstvu. Umetna svetloba lahko poruši interakcije – medsebojno delovanje skupin živalskih vrst, ki se pojavlja ob različnih osvetlitvah. Na primer naravna skupnost živali ima približen čas prehranjevanja, ki pa se razlikuje med vrstami, in je

odvisen od različnih nivojev osvetlitev. Žaba iz družine Hylidae – rege (*Hyla squirrela*) se je zmožna orientirati in prehranjevati pri osvetlitvi, nižji od 10^{-5} lx, in v normalnih okoliščinah preneha s prehranjevanjem pri osvetlitvi, večji od 10^{-3} lx. Krastača (*Bufo boreas*) se prehranjuje pri osvetlitvi med 10^{-1} in 10^{-5} lx, medtem ko se žaba iz družine Ascaphidae – repate žabe (*Aschapus truei*) prehranjuje samo pod osvetlitvijo 10^{-5} lx in manj. Opisane tri vrste žab ne živijo nujno na istem območju in se razlikujejo tudi po svojem prebivališču, pa vendar ponazarjajo delitev glede na njihove navade pri različnih osvetljenosti v skupini žab (Longcore in Rich, 2004).

Veliko vrst netopirjev privlači skupnosti insektov, ki se nahajajo okrog virov svetlobe. Čeprav se zdi, da svetloba pozitivno deluje na netopirje z naraščanjem hrane – insektov okrog luči, to ne velja za vse vrste netopirjev (Longcore in Rich, 2004).

Netopirji se orientirajo v temi s pomočjo eho-lokacije. Plen najdejo z oddajanjem in sprejemanjem visokofrekvenčnih tonov. Delimo jih na dva podreda: veliki netopirji (Megachiroptera) in mali netopirji (Microchiroptera) (Marcon in Mongini, 1986).

Veliki netopirji imajo dobro razvit vid, svetloba jih privlači, medtem ko male netopirje svetloba odbija in zato živijo v temnih jamah ali stavbah (Marcon in Mongini, 1986).

3.7.2.6 Plenilci

Čeprav se zdi, da osvetlitev pozitivno vpliva na vrste, ki se lahko prehranjujejo pod umetno razsvetljava, to ni tako, saj s tem ko narašča čas njihove aktivnosti, narašča tudi tveganje, da jih ujamejo plenilci. Ravnotežje med povečanjem časa prehranjevanja in tveganjem naraščanja plenjenja je zato osrednja tema raziskav pri majhnih sesalcih, plazilcih in ptičih. Majhni glodalci se manj prehranjujejo pri visokih jakostih osvetlitve, prav tako to velja tudi za vrečarje, kače, netopirje, ribe, morske nevretenčarje in nekatere druge vrste (Longcore in Rich, 2004).

Nepričakovane spremembe v razmerah umetne razsvetljave lahko porušijo tudi razmerje med plenilci in pleni. Gliwicz (1986, 1999) je opisal, da je zooplankton v času polne lune

bolj podvržen plenjenju rib. Zooplankton se prehranjuje v temi, tako se začne pomikati proti površini vodne gladine, v rastoči luni pa je močno podvržen plenilcem. Opisana lunina zanka prikazuje naravne dogodke, kako je lahko ena vrsta plen drugi. Tako lahko umetna svetloba nepričakovano poruši razmerje plenilec – plen v korist plenilcem (Longcore in Rich, 2004).

Navadni tjulenji (*Phoca vitulina*) se zbirajo pod umetno svetlobo in se prehranjujejo z mladimi lososi (*Salmonidea*). Z ugasnitvijo luči se zmanjša nivo plenilcev. Frank (1988) poroča o plenilcih med netopirji, ptiči, dihurji, krastačami in pajki na molje, ki jih privlačijo luči. Živosrebrne parne svetilke povzročajo porušitev razmerja med netopirji in molji. Netopirji si pri iskanju plena pomagajo z oddajanjem in prejetjem visokofrekvenčnih tonov s pomočjo eho-lokacije, čemur molji ne morejo uiti (Longcore in Rich, 2004).

Iz navedenih primerov sledi, da je zaradi umetne svetlobe porušena struktura v ekosistemi med različnimi vrstami. »Večna polna luna« je lahko naklonjena nekaterim živalskim vrstam in pogubna za druge, kar poruši naravno ravnotežje (Longcore in Rich, 2004).

3.7.2.7 Posledice svetlobnega onesnaževanja v ekosistemu

Spremembe v ekosistemu, ki jih povzroča umetna osvetlitev, lahko povzročijo spremembe v razmerju plenilec – plen, kar lahko podre naravno ravnotežje med posameznimi vrstami. Ta učinek nam prikazuje svetlobno onesnaževanje pri vodnih nevretenčarjih. Veliko vodnih nevretenčarjev, kot je na primer zooplankton, se po vodi premika proti gladini in spet nazaj v globino. To premikanje poteka v 24-urnem ciklu, ki je poznan kot dnevna vertikalna migracija. Ta cikel omogoča, da se zooplankton izogne plenilcem, zato je na površini le v nočnem času, v temnih pogojih. Svetloba, ki jo »oddaja« luna med prvim in zadnjim krajcem ($< 10^{-1}$ lx), ima vpliv na nekatere vodne nevretenčarje (zooplankton), saj jih privablja na gladino, zaradi tega se razlikujeta vzorca dnevne vertikalne migracije in luninega cikla (Longcore in Rich, 2004).

Moore in sodelavci (2000) so dokazali vpliv umetne svetlobe na dnevne migracije zooplanktona *Daphnia*. Umetna svetloba je povzročila tako zmanjšanje obsega vertikalnega gibanja v dnevni migraciji kot tudi število migracij. Hipoteza raziskave dnevnega vertikalnega gibanja je bila, da imajo spremembe v ciklu škodljiv učinek na ekosistem. Z zmanjšanjem migracij zooplanktona na površino se večja populacija alg. Tak razcvet alg pa bi potem imel resen, škodljiv vpliv na kvaliteto voda (Longcore in Rich, 2004).

3.7.3 Vpliv svetlobe na rastline

Večina rastlin potrebuje svetlobo za svojo rast. Zelene rastline potrebujejo svetlobo za proces fotosinteze, ki je nujen življenjski proces za te vrste rastlin. Svetloba ima vplive na fiziološke aktivnosti rastlin (asimilacijo) in morfologijo (rast), vpliva na cvetenje, razmnoževanje, rast in mirovanje rastlin (Kohei, Schreuder, 2004).

O vplivih svetlobnega onesnaževanja na rastline ni še veliko raziskanega, tako da imajo različni avtorji različna mnenja o vplivu umetne svetlobe na rastline.

Večina rastlin ima sezonski ritem. Spremembe v dolžini dneva in noči vplivajo na reprodukcijo, to je cvetenje, opravevanje in nastajanje nove rastline.

Nekatere rastline »čakajo«, da se spremeni dolžina dneva oz. noči, preden začnejo cveteti. Za cvetenje je odgovoren fitokrom – vrsta pigmenta, ki se nahaja v listih rastlin. Pod vplivom rdeče svetlobe se ta pigment spremeni iz neaktivne v aktivno obliko. Neaktivna oblika pigmenta pripomore k nastajanju »cvetnega hormona«, ki je sestavljen iz več različnih signalov. Ko je noč »prekratka«, ni dovolj fitokroma za zadostno tvorjenje »cvetnega hormona«. Sprememba dneva in noči vpliva na rast in cvetenje rastlin (Kohei, Schreuder, 2004).

Zelo pomembni signali za rastline, ki so odgovorni za njihovo rast, so signali iz okolja, predvsem svetlobe. Med evolucijo so si rastline pridobile različne fotoreceptorje, ki zaznavajo signale različnih valovnih dolžin in nanje ustrezno reagirajo. V vzorcu rastline

Arabidopsis thaliana so odkrili devet različnih fotoreceptorjev. Receptorji, ki absorbirajo in reagirajo na valovne dolžine UV-A in valovne dolžine modre svetlobe, predstavljata dve vrsti kriptokromov (cry1 in cry2) in dve vrsti fototropinov (phot1 in phot2). Za absorpcijo rdeče dolgovalovne svetlobe pa so našli pet vrst fitokromov. Odkrili so tudi fotoreceptorje, ki absorbirajo UV-B sevanje. Vsi ti fotoreceptorji so občutljivi na štiri parametre svetlobnega okolja, to so: spektralna porazdelitev svetlobe, svetlobna intenzivnost, smer svetlobe in trajanje osvetljevanja. Nekateri receptorji so zelo občutljivi, saj reagirajo že pri nizkih osvetlitvah, ki jih človeško oko komaj zazna. Svetloba je pomembna pri velikih procesih, kot so: kaljenje, elongacija stebela, odpiranje in zapiranje listnih rež, cvetenje, razvijanje plodov in staranje rastlin. O vplivih svetlobnega onesnaževanja na rastline še ni veliko raziskanega. Nezanosljivi podatki nakazujejo na to, da listi dreves, ki rastejo bližje uličnim svetilkam, odpadejo prej, vendar pa bi bilo potrebno to bolj podrobno raziskati (Briggs, 2002).

Glede na dejstvo, da se na novo nameščajo svetilke, ki sevajo veliko modre svetlobe, pa bi lahko pričakovali spremembe v fototropizmu rastlin in v spremembi odpiranja in zapiranja listnih rež, saj pri teh dveh procesih igra pomembno vlogo modra svetloba.

3.7.3.1 Fototropizem

Darvin je ugotovil, da so bili že prvi listi koleoptile kanarske trave (canary grass) zelo občutljivi in odvisni od svetlobe. Preden je rastlina naredila zelene liste, je opazno rasla proti oknu. Kasneje so znanstveniki ta pojav pojasnili z mehanizmom fototropizma (http://149.152.32.5/plant_Physiology/phototropism.html).



Slika 6: Modra svetloba povzroča fototropizem

(http://149.152.32.5/plant_Physiology/phototropism.html).

3.7.3.2 Vpliv modre svetlobe na odpiranje listnih rež in fototropizem koleoptile

Pri poizkusu za določanje dovzetnosti zgornjih zaščitnih celic bombaževca (*Gossypium barbadense*) in koleoptile koruze (*Zea mays*) na modro svetlobo so uporabili fluorescentno spektroskopijo. Ugotovili so, da na zgornjem delu lista potrebujemo nižjo gostoto fotonskega toka modre svetlobe za zaviranje fluorescence, kot bi to dosegli z rdečo svetlobo. V tem primeru modra svetloba stimulira zaviranje fluorescence do 50%. V nasprotju pa na spodnji strani lista modra svetloba ni stimulirala zaviranja rdeče svetlobe. Ta vzorec nakazuje, da modra svetloba vpliva na odpiranje rež na obeh straneh listnih površin. (Quiñones in sod., 1994)

Učinek spektra modre svetlobe povzroča povečanje zaviranja stimulacije rdeče svetlobe in ima maksimum pri valovni dolžini 450 nm in minimuma pri 420 in 470 nm. Ta spekter se ujema s spektrom aktivnosti modre svetlobe za stimulacijo odpiranja listnih rež. (Quiñones in sod., 1994)

Pri merjenju kloroplastov koleoptile nam rezultati tudi prikazujejo, da modra svetloba povzroča zmanjšanje stimulacije rdeče svetlobe. Aktivni spekter za ta primer prikazuje maksimum pri 450 nm, minimum pri 430 nm in neizržit vrh (sholder) pri 470 nm, kar ima podobne vrednosti kot spekter za koleoptilni fototropizem. Oba spektra imata enako obliko kot absorpcijski spekter zeaksantina, fotoreceptorja za modro svetlobo (Quiñones in sod., 1994)

4. ZAKLJUČEK

Svetlobno onesnaževanje ali vsiljena svetloba je pri nas razmeroma malo poznan ekološki problem, saj ga ljudje ne smatrajo kot onesnaževanje. V Sloveniji se iz leta v leto pojavlja več zunanjih svetilk, to so svetilke za javno osvetljevanje mest, cest in v zadnjih letih tudi podeželja, pojavlja pa se tudi vse več svetilk za dekorativno osvetljevanje, kamor spada osvetljevanje spomenikov, objektov in vrtov. Slovenija na področju svetlobnega onesnaževanja še nima sprejete ustrezne zakonodaje, ki bi omejevala oziroma postavljala pogoje, pod katerimi bi se lahko osvetljevalo, in določala vrste svetilk, ki bi se lahko uporabljale.

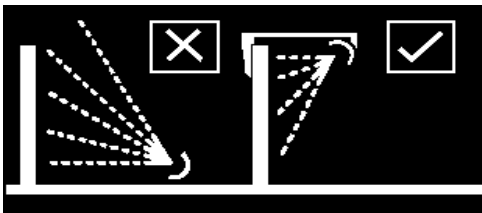
Kar zadeva zmanjšanega izločanja melatonina pod vplivom svetlobe in s tem raka dojke in debelega črevesja, bi bilo potrebno narediti še dodatne raziskave, saj so bili poizkusi narejeni le na miših. Pri pogostejšem obolenjem za rakom dojke in debelega črevesja pri delavcih, ki delajo v izmenah, pa bi bilo potrebno izključiti tudi ostale dejavnike, ki lahko poleg tega škodljivo vplivajo na zdravje. Dokler ni prepričljivih dokazov, da vsiljena svetloba deluje škodljivo na zdravje, bi bilo potrebno upoštevati previdnostno načelo.

O vplivih svetlobe na rastline še ni veliko raziskanega. Vplivi modre svetlobe na fototropizem in odpiranje-zapiranje listnih rež so bili narejeni pod določenimi laboratorijskimi pogoji (mikroklima, osvetlitev), tako da kljub temu da se za osvetljevanje pojavlja čedalje več svetilk, ki oddajajo valovne dolžine modre svetlobe med 464 nm in 484 nm, ne moremo z gotovostjo trditi, da so le-te tako močne, da bi imele vpliv na rastline. Pri načrtovanju osvetljevanja pa bi bilo potrebno upoštevati, da bi svetilke sevale čim manj valovnih dolžin modre svetlobe.

4.1 Ukrepi

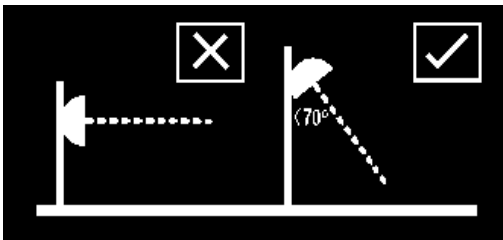
Svetilke bi morali postaviti samo tam, kjer ponoči potrebujemo osvetlitev, in sicer na način, da ne bi motilo okoliških prebivalcev. Uporabljali naj bi svetilke z manjšo porabo električne energije in svetilke, ki ne vsebujejo škodljivih sestavnih delov. Svetilke naj bi

bile orientirane tako, da bi osvetljevale fasade zgradb ali spomenike od zgoraj navzdol, kot prikazuje slika 7. Orientirane naj bi bile pod kotom, da ne bi povzročale bleščanja voznikom ali mimoidočim, slika 8. Za osvetljevanje naj bi uporabljali zasenčene svetilke, s tem bi zmanjšali porabo energije, saj bi lahko uporabljali žarnice z manjšimi močmi, ker imajo zasenčene svetilke zaslone, ki svetlobo usmerjeno v neželjeno smer odbijejo proti tlu. S tem bi zmanjšali osvetljevanje tam, kjer ga ne potrebujemo, predvsem osvetlitev bivalnih prostorov in ekosistemov.



Slika 7: Pravilno in nepravilno orientirana svetilka

(<http://personales.alumno.upv.es/~ossanji/astro/contlum.htm> , 20. 12. 2005).



Slika 8: Nepravilno in pravilno usmerjeno žarišče svetilke.

(<http://personales.alumno.upv.es/~ossanji/astro/contlum.htm> , 20. 12. 2005).

Uporabljali naj bi nizkotlačne natrijeve žarnice, saj ne vsebujejo težkih kovin, poleg tega pa porabijo petkrat manj energije kot navadne žarnice, 2,2 krat manj kot živosrebrne žarnice in 1,5 krat manj energije kot visokotlačne natrijeve žarnice in fluorescentne. Vse zunanje svetilke naj bi bile prižgane samo takrat, kadar in kjer je to potrebno.

Za svoje zdravje lahko poskrbimo tudi sami, tako da spimo v zatemnjeni sobi, zamenjamo fluorescentne svetilke z navadnimi žarnicami, ki ne oddajajo toliko svetlobe z valovnimi dolžinami med 464 in 484 nm, ne spimo pred prižganimi televizorji ali računalniškimi monitorji.

5. VIRI IN LITERATURA

1. Ekrutt J. Sprehodi v naravo Zvezde. Ljubljana: Cankarjeva založba, 1988: 4 – 8.
2. Emmerich M., Melchert S. Astronomija: Čudovito vesolje, opazovanje planetov, zvezd in galaksij. Kranj: Narava, 2006: 12.
3. Guštin A. Morilska svetloba. Več. Tednik časopisne hiše Delo., Ljubljana, leto IV, 5: 48 – 51.
4. <http://www.celfosc.org/>
 - 4.1 Dolsa G., Albarrán A. La problemática de la Contaminación lumínica en la conservación de la Biodiversidad, I Sesión de trabajo sobre la Contaminación Lumínica Departament de Medi Ambient Generalitat de Catalunya, 1998
Dostopno na internetu:
<http://www.astrogea.org/jmgomez/celfosc/biodiver.htm>.
 - 3.2 Introducción: el consumo energético y los problemas ambientales, 27. 11. 2005
Dostopno na internetu:
http://www.astrogea.org/celfosc/contaminacio_luminica.htm.
5. <http://www.darksky.org>
 - 5.1 Blask D. E. Growth and fatty acid metabolism of human breast cancer (MCF-7) xenografts in nude rats: impact of constant light-induced nocturnal melatonin suppression, 2003
Dostopno na internetu:
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=AbstractPlus&list_uids=12846415&query_hl=3&itool=pubmed_docsum.

- 5.2 Briggs R Winslow. Plant photoreceptors: proteins that perceive information vital for plant development from the light environment, 2002
Dostopno na internetu: <http://www.darksky.org/links/abstracts.html>.
- 5.3 Longcore T., Rich C. Ecological light pollution, 2004.
Dostopno na internetu:
<http://www.urbanwildlands.org/Resources/LongcoreRich2004.pdf>, 2004.
- 5.4 Pauley S. M., Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue, 2004
Dostopno na internetu: <http://www.darksky.org/links/pauleylhh.pdf>.
- 5.5 Quiñones, M. A. Lu Z., Zeiger E.: Close correspondence between the action spectra for the blue light responses of the guard cell and coleoptile chloroplasts, and the spectra for blue light-dependent stomatal opening and coleoptile phototropism, 1994
Dostopno na internetu: <http://www.pnas.org/cgi/reprint/93/5/2224.pdf>.
6. Kohei N., Schreuder D. Light pollution handbook. Nizozemska: Springer, 2004: 91 – 93.
7. Krušič M., Dolinar K., Jeraša C. Leksikon Cankarjeve založbe. Ljubljana: Cankarjeva založba, 1984: 940.
8. Marcon E., Mongini M. Svetovna enciklopedija živali. Ljubljana: Mladinska knjiga, 1986: 248.
9. Mikuž H. Svetlobno onesnaževanje v Sloveniji. V: Svetlobno onesnaženje. Javna predstavitev mnenj. Državni zbor. Odbor za infrastrukturo in okolje. Ljubljana, 2001: 41 – 62.
10. Mikuž H. Za temno nebo nad Slovenijo. Spika 1998; 5: 202 - 207, 232.

11. Mizon. B. Light pollution: responses and remedies. London, Springer – Verlag London Limited, 2002: 1.
12. Požar H. Osnove energetike 1. Zagreb: Školska knjiga Zagreb, 1992: 6.
13. Smole J. Vpliv zunanje razsvetljave na insekte. Spika 2000; 11: 468 – 469.
14. Stanković T. Svetlobno onesnaževanje. Nakup. Potrošniški vodnik. Priloga Dela in Slovenskih novic Ljubljana, št. 21, 2006: 8.
15. Tavzes R. Uredba o svetlobnem onesnaževanju okolja. V: Svetlobno onesnaženje. Javna predstavitev mnenj. Državni zbor. Odbor za infrastrukturo in okolje. Ljubljana, 2001: 15 – 25.
16. Trilar T. Vpliv svetlobnega onesnaževanja na žuželke. V: Svetlobno onesnaženje. Javna predstavitev mnenj. Državni zbor. Odbor za infrastrukturo in okolje. Ljubljana, 2001: 117 – 123.
17. Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS, št. 41/2004, 17/2006, 20/2006, 28/2006.
18. Zupan G. Javna razsvetljava v Ljubljani Petdeset let Javne razsvetljave. Javna razsvetljava d.d. Ljubljana, 2002: 23.