

SVETLOBNA ONESNAŽENOST NA OBMOČJU POHORJA

Igor Žiberna

Dr., prof. geografije in zgodovine, izredni profesor
Oddelek za geografijo
Filozofska fakulteta
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: igor.ziberna@um.si

Anja Kisilak

dipl. geog. (UN)
Kruplivnik 35, SI - 9264 Grad, Slovenija
e-mail: anja.kisilak@gmail.com

Mojca Rajh

dipl. geog. (UN)
Jakob pri Šentjurju 27, SI - 3230 Šentjur, Slovenija
e-mail: mojca.rajh2@gmail.com

Iztok Zagorc

študent univerzitetnega dvopredmetnega študijskega programa prve stopnje
Geografija
Ljubljanska cesta 59, SI - 8000 Novo mesto, Slovenija
e-mail: iztok.zag@gmail.com

Žan Hozjan

študent univerzitetnega dvopredmetnega študijskega programa prve stopnje
Geografija
Lendavske gorice 321b
9220 Lendava
e-mail: zan.hozjan@student.um.si

UDK: 504.05:628.93:528.88

COBISS: 1.01

Izvleček

Svetlobna onesnaženost na območju Pohorja

Svetlobno onesnaževanje kot sorazmerno nova oblika onesnaževanja okolja predstavlja v Sloveniji že od 80. let prejšnjega stoletja vedno večji okoljski problem. Vir svetlobne onesnaženosti v Sloveniji je predvsem javna razsvetljava ob cestah in ob kulturnih ali sakralnih objektih, ki so osvetljeni tudi ponoči. Če pri ostalih oblikah onesnaževanja okolja lahko s prostorskim omejevanjem vzrokov vplivamo na njihovo širjenje na zavarovana območja, pa pri zvoku in svetlobi tega ni mogoče storiti. Svetlobno onesnaženost tako zaznajo tudi sicer zaščitena območja znotraj naravnih, regijskih in krajinskih parkov oziroma območij Natura 2000. V prispevku smo se omejili na analizo stanja svetlobne onesnaženosti na območju Pohorja, katerega osredje pripada zavarovanemu območju Natura 2000. Analizirali smo stanje na osnovi satelitskih posnetkov v nočnem kanalu. Posebej smo obravnavali vpliv nočne smuke na območjih Mariborskega Pohorja in Rogle na stanje svetlobne onesnaženosti. Obravnavali smo tudi vplive izbranih osvetljenih sakralnih objektov na območju Pohorja, ki so habitati netopirjev, na stanje svetlobne onesnaženosti v neposredni bližini objekta in v njegovi širši okolici.

Ključne besede

svetlobna onesnaženost, nočna smuka, osvetljeni objekti, daljinsko zaznavanje, geografski informacijski sistemi, Pohorje

Abstract

Light Pollution in the Pohorje area (ali region)

Light pollution as a relatively new form of environmental pollution has been an increasing environmental problem since the 1980s. The source of light pollution in Slovenia is primarily public lighting along roads and cultural or sacral buildings, which are illuminated at night. In the article we were focused on the analysis of the state of light pollution in the Pohorje region, which mainly belongs to the protected area of Natura 2000. We analyzed the situation on the basis of satellite data by considering the night spectral channel. We especially discussed the impact of night skiing in the Mariborsko Pohorje and Rogla ski resorts on the actual state of light pollution. Additionally, we evaluated the effect of selected illuminated buildings in the Pohorje region, which are habitats of bats, on the current state of light pollution in the direct vicinity of these facilities and in their surroundings.

Keywords

Light Pollution, night skiing, illuminated objects, remote sensing, geographical information system, Pohorje

1. Uvod

Svetlobno onesnaževanje kot sorazmerno nova oblika onesnaževanja okolja predstavlja v Sloveniji že od 80. let prejšnjega stoletja vedno večji okoljski problem. Vir svetlobne onesnaženosti v Sloveniji je predvsem javna razsvetljava ob cestah in ob kulturnih ali sakralnih objektih, ki so osvetljeni tudi ponoči. Svetlobno onesnaženje bi lahko opredelili kot emisijo svetlobe iz virov svetlobe, ki poveča naravno osvetljenost okolja. Svetlobno onesnaževanje okolja povzroča za človekov vid motečo osvetljenost in občutek bleščanja pri ljudeh, ogroža varnost v prometu zaradi bleščanja, zaradi neposrednega in posrednega sevanja proti nebu moti življenje ali selitev ptic, netopirjev in žuželk. Zlasti v mestih so na težave zaradi množične uporabe svetilk med prvimi začeli opozarjati ljubiteljski in profesionalni astronomi, kasneje ekologi, danes pa na negativne učinke svetlobnega onesnaževanja na zdravje človeka opozarja tudi medicina. Izpostavljenost umetni svetlobi namreč prekine tvorbo hormona melatonina, zaradi česar so take osebe močnejše izpostavljene nevarnostim različnih oblik raka. Pretirana uporaba svetilk v nočnem času predstavlja tudi pomemben vir potrošnje energije. V Sloveniji za javno razsvetljava v povprečju porabimo 83 kWh tokovine na prebivalca na leto, kar je približno dvakrat več kot je poraba v Nemčiji ali na Nizozemskem. Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja zahteva, da se letna poraba električne energije za javno razsvetljava na prebivalca zmanjša pod 44,5 kWh. Seveda pa svetlobno onesnaževanje vpliva tudi na ekosisteme, predvsem na nočne živali (žuželke, netopirje itd.).

Če pri ostalih oblikah onesnaževanja okolja lahko s prostorskim omejevanjem vzrokov vplivamo na njihovo širjenje na zavarovana območja, pa pri zvoku in svetlobi tega ni mogoče storiti. Svetlobno onesnaženost tako zaznajo tudi sicer zaščitena območja znotraj naravnih, regijskih in krajinskih parkov oziroma območij Natura 2000 (Žiberna, Ivajnsič 2018). Zavarovana območja so zaradi neomejenega širjenja svetlobe v spodnjih plasteh atmosfere še posebej izpostavljena svetlobnemu onesnaževanju. Območje Pohorja je varovano kot Območje Natura 2000 (Uredba... 2004), vendar pa je svetlobnemu onesnaževanju izpostavljeno predvsem zaradi večjih virov umetne svetlobe iz naselij v okolici (Maribor, Slovenska Bistrica, Slovenj Gradec, Slovenske Konjice, Zreče, Dravograd), naselij na Pohorju (Lovrenc na Pohorju, Ribnica na Pohorju), v zimskem času osvetljenih smučišč (Mariborsko Pohorje, Rogla, Ribniška koča, Kope) in nestrokovno osvetljenih cerkva in drugih kulturnih objektov.

2. Metodologija

Stanje svetlobne onesnaženosti na območju Pohorja smo analizirali na več nivojih. Pregledno stanje svetlobne onesnaženosti na celotnem območju smo analizirali na osnovi satelitskih posnetkov satelita Suomi. Med senzorji, montiranimi na satelitu je tudi Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), ki ga sestavlja nabor 22 različnih tipal, med katerimi eno snema površje v t.i dnevno-nočnem kanalu (Day/Night band ali DNB). Prostorska resolucija piksla v nadiru (točki na površini Zemlje, ki se nahaja točno pod satelitom) je okoli 750 m x 750 m (Jensen 2018). Podatki snemanj so dostopni na spletni strani Ameriške agencije za oceane in atmosfero (Medmrežje 1). V bazi podatkov se nahajajo georeferencirani sloji mesečnih povprečij, pri čemer so izločene situacije, v katerih so podatki o nočnih virih svetlobe na zemeljskem površju popačeni zaradi oblačnega vremena, vpliva svetlobe Lune (zlasti ob polni Luni) in požarov v naravi. Vrednosti svetlobnih virov so izraženi

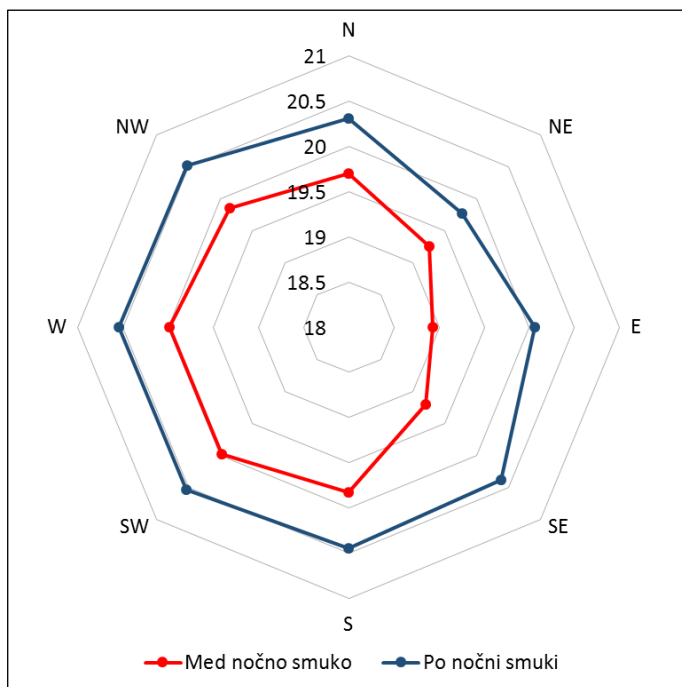
v nanowatih na steradian na kvadratni centimeter ($nW/sr\text{ cm}^2$). Ena od slabosti tipala je ta, da je spektralni razpon svetlobe, ki jo zaznava med 500 in 900 nanometri. Tipalo je torej »slepo« za skrajni modri del v vidnem delu spektra. Večina novejših t.i. »belih« LED sijalk, ki so na pohodu v zadnjem desetletju in s katerimi zamenjujejo visoko in nizkotlačne natrijeve sijalke, ima maksimum sija prav v modrem delu spektra. Zamenjavo oranžnih natrijevih z »belimi« LED sijalkami tipalo torej zazna kot padec sija, čeprav se je stanje po namestitvi »belih« LED sijalk v resnici poslabšalo. Nameščanje »belih« LED sijalk povzroča bistveno intenzivnejše sipanje svetlobe v nočnem času, s tem pa večje svetlobno onesnaženje, česar pa tipalo VIIRS žal ne zazna. Kljub vsemu so podatki satelita Suomi NPP trenutno najkakovostnejši podatki v dnevno-nočnem kanalu, tako glede prostorske in časovne resolucije, kot tudi glede dinamičnega razpona informacij o stanju svetlobne onesnaženosti. Satelitske podatke smo zaradi primerljivosti analizirali za mesec marec 2018, v katerem smo opravili tudi večino ostalega terenskega dela.

Na izbranih lokacijah na Pohorju smo meritve sija neba opravljali z merilcem Sky Quality Meter (SQM) proizvajalca Unihedron, ki v svetu predstavlja standardiziran način merjenja sija neba za potrebe analize stopnje svetlobnega onesnaženja. Vrednosti meritev se izražajo v magnitudah na kvadratno ločno sekundo ($\text{mag}/\text{arc sec}^2$). Vrednost pomeni sij točke na nebu, ki je velika $1'' \times 1''$, v magnitudah. Za urbana, svetlobno močno onesnažena območja so značilne vrednosti reda velikosti med 16 in 18 $\text{mag}/\text{arc sec}^2$, medtem ko so za temnejše lokacije značilne vrednosti okoli 22 $\text{mag}/\text{arc sec}^2$ in več. Meritve smo opravili ob jasnem vremenu in brez Lune na nebu. Na območjih z nočno smuko (Mariborsko Pohorje, Rogla) smo izvedli meritve v času delovanja osvetljenih smučišč in po tem, predvsem zaradi primerjave stanja. Na osnovi meritev smo z GIS orodji izdelali karto izofot (linij, ki povezujejo točke z enakim sijem neba). V naseljih Lovrenc na Pohorju in Ribnica na Pohorju in njihovi bližnji okolici smo izvedli meritve z SQM in na osnovi meritev prav tako izdelali karto z izofotami. Meritve smo opravili tudi ob izbranih osvetljenih sakralnih objektih (cerkvi sv. Lovrenc in sv. Radegunda v Lovrencu na Pohorju ter cerkvi sv. Jernej in sv. Lenart v Ribnici na Pohorju), v katerih prebivajo netopirji, ki so še posebej občutljivi na učinke svetlobnega onesnaževanja. Meritve smo izvajali v zenitu neposredno ob objektu ter na razdaljah 50 in 100 m vstran od objekta.

3. Rezultati in diskusija

3.1 Svetlobna onesnaženost na osvetljenih smučiščih na Mariborskem Pohorju

Meritve in fotografiranje na Mariborskem Pohorju smo izvedli 8. marca 2018. Meritve sija neba na razgledniku na Ciglenicah smo izvedli okoli 20. ure (v času obratovanja nočne smuke) in ob 22:15 (po koncu nočne smuke). V zenitu je v času obratovanja nočne smuke sij znašal 19,83 $\text{mag}/\text{arc sec}^2$, po koncu nočne smuke pa se je izboljšal na 20,54 $\text{mag}/\text{arc sec}^2$, torej za 0,71 $\text{mag}/\text{arc sec}^2$. Največje izboljšanje se je pri meritvah pokazalo v vzhodni in jugovzhodni smeri, čemur pa je botrovala spremenljiva srednja oblačnost v tej smeri, zato rezultati meritev sija neba v tej smeri niso povsem realni. Da izboljšanje sija neba v smeri razsvetljenih smučišč po knočne smuke ni tako očitno je posledica svetlobne onesnaženosti »ozadja«. V tej smeri se namreč nahaja svetlobno zelo onesnaženi Maribor, kar lahko prepoznamo tudi na roži svetlobnega onesnaženja, kjer se sij neba tudi po nočni smuki ni povečal nad 20 $\text{mag}/\text{arc sec}^2$ in kot tak predstavlja daleč najbolj svetlobno onesnažen del neba. Najmanj svetlobno onesnažen del neba je zahodni, torej v smeri proti osrčju Pohorja, kjer je v času nočne smuke sij neba 20,0 $\text{mag}/\text{arc sec}^2$, po nočni smuki pa 20,5 $\text{mag}/\text{arc sec}^2$ (Slika 1).

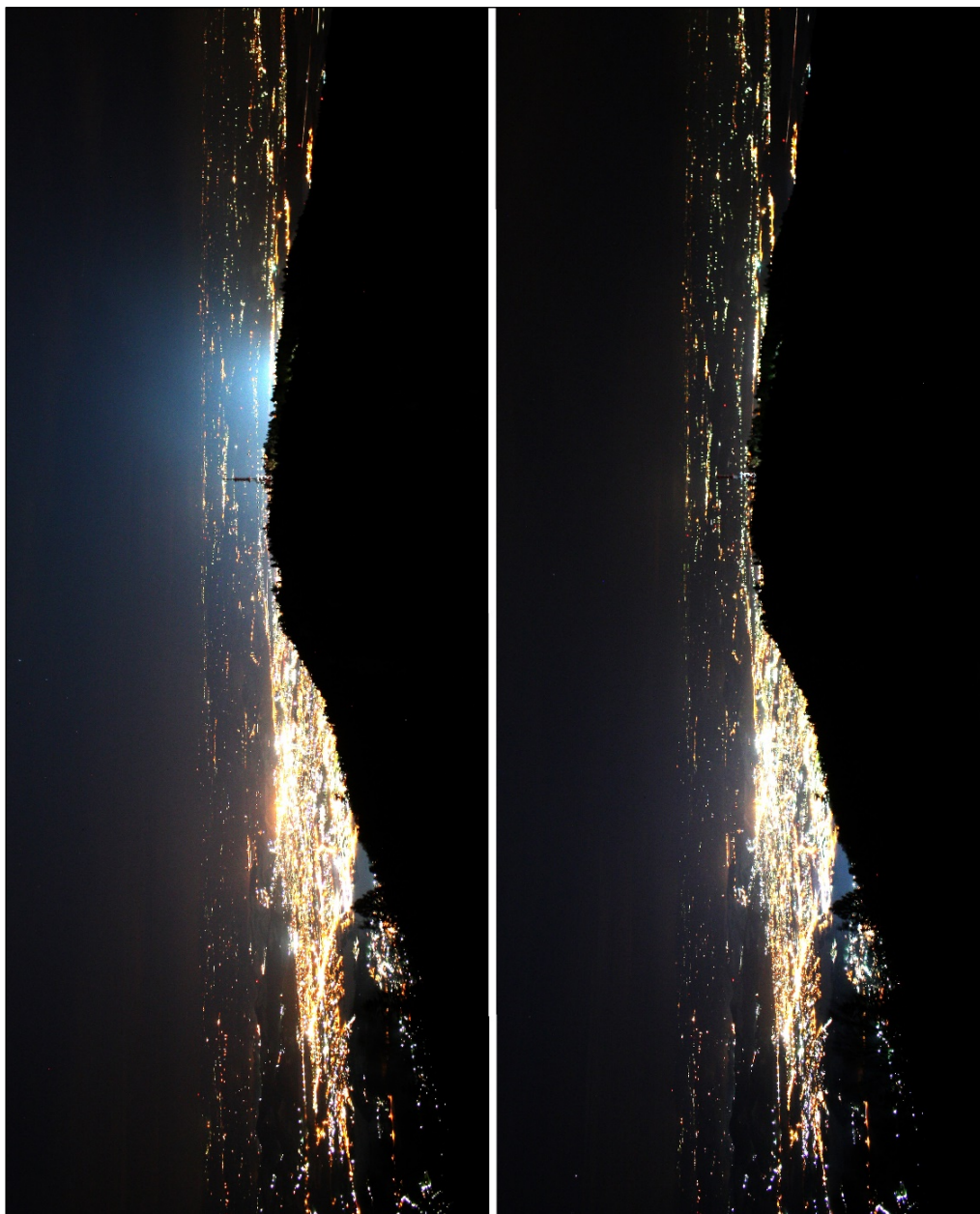


Slika 1: Roža svetlobnega onesnaženja na razglednem stolpu na Mariborskem Pohorju v času nočne smuke in po njej (v mag/arc sec²) 8.3.2018.

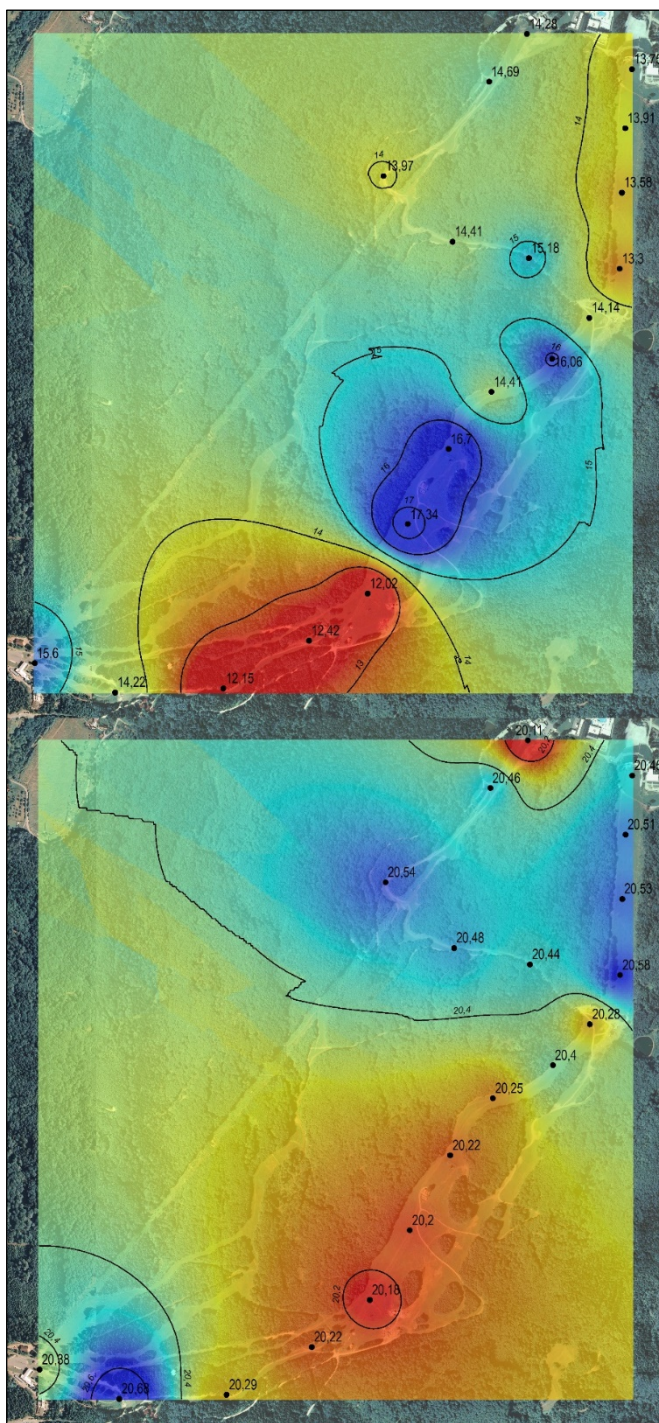
Vir: lastne meritve, 2018.

Večjo sporočilnost imajo fotografije, posnete z razglednega stolpa v smeri osvetljenih smučišč med in po nočni smuki. Vidno je, da se nad osvetljenimi smučišči oblikuje lokalna svetlobna kupola, ki je zaradi svetlobe, odbite od snežnih površin z visokim albedom še intenzivnejša (Slika 2). Omenjeno svetlobno kupolo smo zaznali celo z razglednega stolpa na Rogli (Slika 4).

Meritve sija neba smo izvajali tudi na smučiščih Mariborskega Pohorja med in po nočni smuki. Meritve sija neba med nočno smuko kažejo, da so svetlobno najbolj onesnaženi deli v zgornjem delu smučišč, med hotelom Bellevue in Habakukom, kjer je smučišče ožje. Vrednosti sija neba se na tem območju gibljejo med 15,60 mag/arc sec² (pri hotelu Bellevue) in 12,02 mag/arc sec² (na Habakuku). Na območju med Habakukom in kočjo Luka znaša sij med 17,34 mag/arc sec² in 16,70 mag/arc sec², nato pa se stanje ponovno poslabša na območju med Trikotno jaso (13,30 mag/arc sec²) in snežnim stadionom (13,70 mag/arc sec²). Na drugem delu kraka nižje ležečih smučišč (t.i. »Čopova proga«) je sij znašal med 15,18 mag/arc sec² in 13,97 mag/arc sec². Po nočni smuki se je stanje občutno izboljšalo, saj sij neba na nobenem delu smučišč ni padel pod 20 mag/arc sec² (Slika 3). Največje razlike v pozitivnem smislu nastopajo na delih smučišč med Bellevuejem in Habakukom (na spodnjem delu otroškega smučišča pod Bellevuejem smo zabeležili sij neba celo 20,68 mag/arc sec²), ter na odseku »Čopova proga« med Trikotno jaso in spodnjo postajo pohorske vzpenjače. Najmanj se je stanje izboljšalo na odprtih, proti Mariboru usmerjenih delih smučišč med Habakukom in kočjo Luka, kjer pa je očitno viden vpliv zaledja (to je mesta Maribor) in kjer se je sij neba tudi po izklopu svetilk ob smučiščih komaj dvignil nad 20 mag/arc sec².

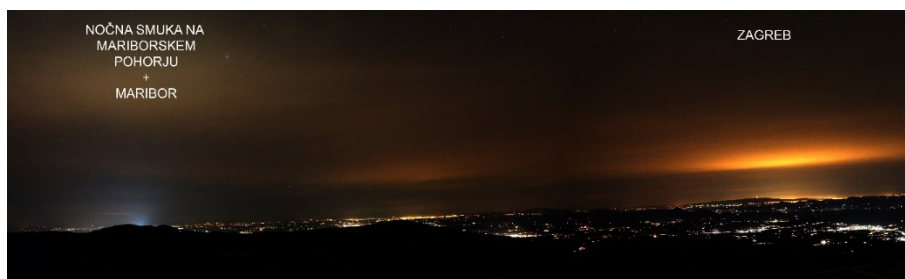


Slika 2: Panorama z razglednega stolpa na Mariborskem Pohorju v smeri osvetljenih smučišč med nočno smuko (zgoraj) in po njej (spodaj)
Vir: I. Žiberna, 8.3.2018.



Slika 3: Karta sija neba na smučiščih na Mariborskem Pohorju v času nočne smuke (zgoraj) in po nočni smuki (spodaj), v mag/arc sec².

Vir: lastne meritve in izračuni, 2018.

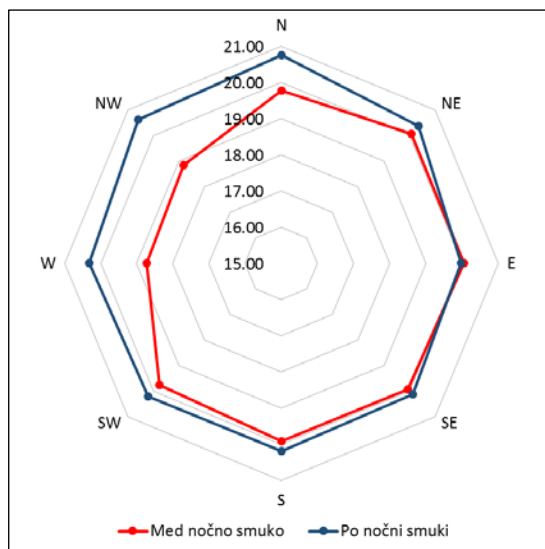


Slika 4: Svetlobna kupola nad razsvetljenimi smučišči na Mariborskem Pohorju je vidna celo z razglednega stolpa na Rogli (na levi strani fotografije).

Vir: I. Žiberna, 2018.

3.2 Svetlobna onesnaženost na osvetljenih smučiščih na Rogli

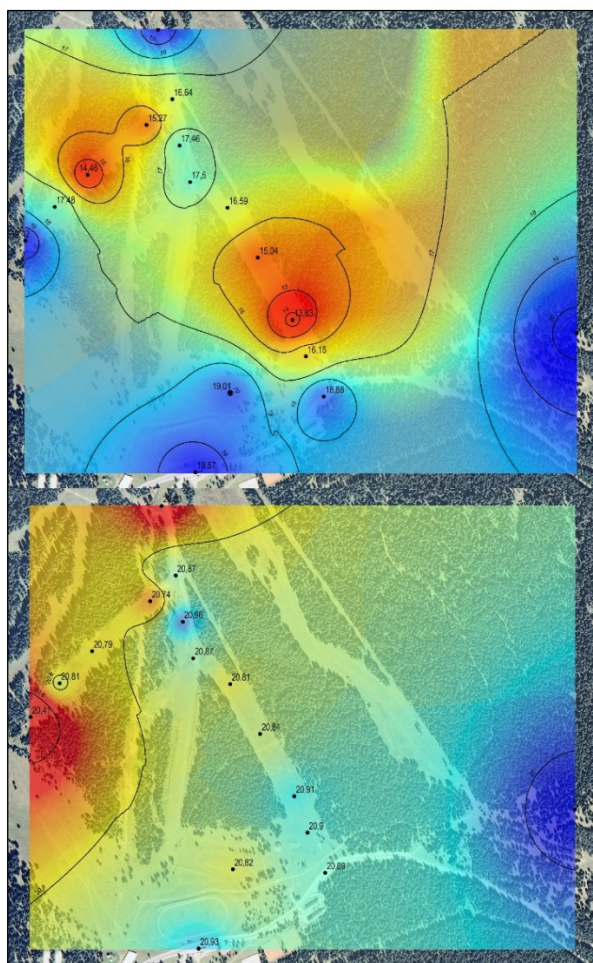
Meritve in fotografiranje svetlobne onesnaženosti na Rogli smo izvedli 16. marca 2018 in sicer na razglednem stolpu na Rogli ter na osvetljenih smučiščih Košuta in Jasa. Na razglednem stolpu je sij neba v času nočne smuke znašal $20,20 \text{ mag/arc sec}^2$, po nočni smuki pa $21,04 \text{ mag/arc sec}^2$, kar pomeni izboljšanje stanja za $0,84 \text{ mag/arc sec}^2$. Še večje razlike so nastopile pri rožah svetlobnega onesnaženja v smeri razsvetljenih smučišč, to je v zahodni in severozahodni smeri. V času nočne smuke je sij neba iz zahodne smeri znašal $18,72 \text{ mag/arc sec}^2$, iz severozahodne smeri pa $18,83 \text{ mag/arc sec}^2$, po koncu nočne smuke pa iz zahodne smeri $20,31 \text{ mag/arc sec}^2$, iz severozahodne smeri pa $20,60 \text{ mag/arc sec}^2$ (razlika kar $1,59 \text{ mag/arc sec}^2$ oziroma $1,77 \text{ mag/arc sec}^2$). Tudi v primeru Rogle smo imeli opravka s sevanjem ozadja, katerega vir je predvsem razsvetljena infrastruktura okoli hotela Planja. V delu neba med severovzhodom in jugom so bile razlike manjše in so znašale manj kot $0,30 \text{ mag/arc sec}^2$. Tudi po nočni smuki sij neba v nobeni smeri ni bil višji od 21 mag/arc sec^2 (Slika 5).



Slika 5: Roža svetlobnega onesnaženja na razglednem stolpu na Rogli v času nočne smuke in po njej (v mag/arc sec^2) 16.3.2018.

Vir: lastne meritve, 2018.

Na osvetljenih smučiščih je bilo stanje sija neba najbolj neugodno v višjih delih smučišča (13,83 mag/arc sec²) in v srednjem ter nižjem delu smučišča Jasa (med 14,46 mag/arc sec² in 15,27 mag/arc sec²). Svetlobno najmanj onesnažena dela sta bila v najvišjem delu smučišča Jasa (19,42 mag/arc sec²), torej v najzahodnejšem delu smučišč na Rogli, in v najnižjem delu smučišča Košuta (19,43 mag/arc sec²), torej že v smeri Mašinžage. Po koncu nočne smuke se je stanje sija neba na vseh merilnih mestih občutno izboljšalo in razen v najvišjem delu smučišča Jasa nikjer ni padlo pod 20,50 mag/arc sec², parviloma pa se je povsod približalo celo vrednosti 21,00 mag/arc sec² (Slika 7). Razlike na nekaterih merilnih mestih so znašale celo do 7 mag/arc sec². Vpliv zalednih virov na smučiščih na Rogli ni tako očiten kot na Mariborskem Pohorju, vseeno pa je mogoče registrirati vpliv virov svetlobe okoli turističnih objektov, vendar ta proti spodnjim delom smučišč zaradi oddaljenosti in zastiranja pobočja slabi.



Slika 7: Karta sija neba na smučiščih na Rogli v času nočne smuke (zgoraj) in po nočni smuki (spodaj), (v mag/arc sec²) 16.3.2018.

Vir: lastne meritve in izračuni, 2018.



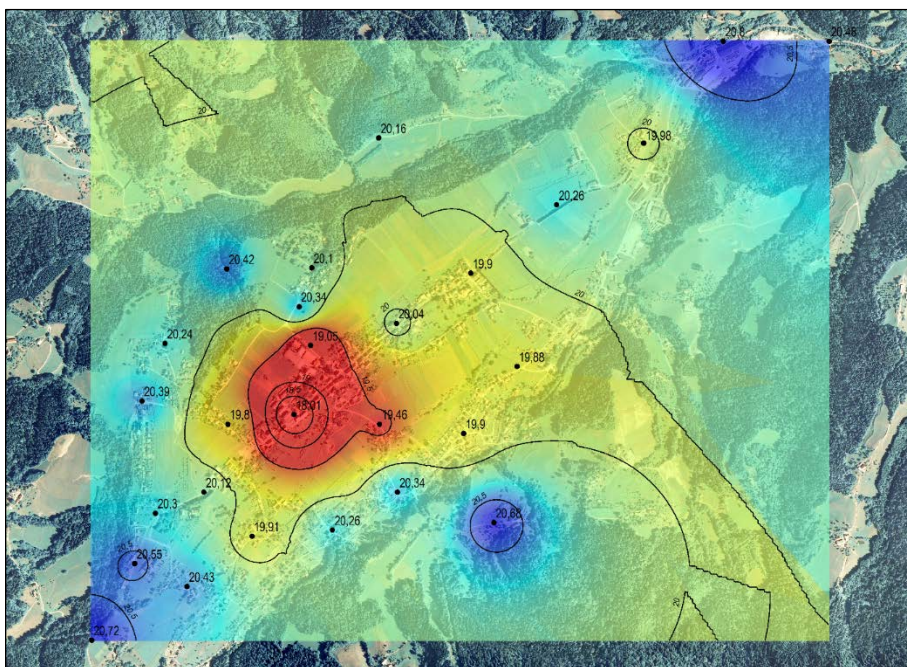
Slika 6: Panorama z razglednega stolpa na Rogli v smeri osvetljenih smučišč Košuta in Jasa med nočno smuko (zgoraj) in po njej (spodaj). Osvetljeno površje na desni strani obeh fotografij v ozadju je smučišče na Kopah.

Vir: I. Žiberna, 8.3.2018.

3.3 Svetlobna onesnaženost v Lovrencu na Pohorju in Ribnici na Pohorju

Lovrenc na Pohorju in Ribnica na Pohorju sta občini, katero celotno ozemlje leži znotraj naravne enote Pohorje. Kot taki ne čutita pretirano vplive svetlobne onesnaženosti, ki bi prihajala iz bolj urbanizirane okolice. Po drugi strani pa je primerjava obeh naselij zanimiva tudi z vidika števila prebivalcev: sredi leta 2018 je v Lovrencu na Pohorju živelo 1939 prebivalcev, v naselju Ribnica na Pohorju pa le 396 prebivalcev, torej skoraj pet krat manj.

Naselje Lovrenc na Pohorju leži na vršaju potoka Radoljna na mestu, kjer se ozka dolina razširi v podolgovato, proti severovzhodu nagnjeno uravnano pobočje, na katerem je nastalo naselje. Gosteje pozidani del naselja poteka v dveh oseh: po sredini vršaja in v nižjem, jugovzhodnem delu vršaja ob potoku Radoljna. Meritve sija neba smo opravili 11. aprila 2018. Višjo stopnjo svetlobnega onesnaženja smo zaznali v jugozahodnem delu naselja, v bližini cerkve sv. Lovrenca, kjer je sij neba v zenitu znašal $18,01 \text{ mag/arc sec}^2$, vendar se je radialno v vseh smereh stanje izboljšalo. Redkeje poseljeni severovzhodni del naselja je beležil sij $19,90 \text{ mag/arc sec}^2$, v nepozidanem delu med Spodnjim trgom in Kovaško cesto, pa je sij znašal celo $20,26 \text{ mag/arc sec}^2$. V okolici naselja se je stanje naglo izboljševalo, tako da je sij ponekod bil celo višji od $20,50 \text{ mag/arc sec}^2$ (Slika 8).



Slika 8: Karta sija neba v naselju Lovrenc na Pohorju (v mag/arc sec^2) 11.4.2018. Vir: lastne meritve in izračuni, 2018.

Gostota pozidanosti pa v primeru naselja Lovrenc na Pohorju ni edini dejavnik, ki vpliva na svetlobno onesnaženost, pač pa se je izkazalo, da temu botruje tudi tip sijalk. V severovzhodnem delu naselja še vedno prevladujejo ponekod sicer polzastrite visokotlačne natrijeve sijalke, v jugozahodnem delu pa že »bele« LED sijalke, katerih učinek na stopnjo svetlobnega onesnaženja je višji, kar se med drugim kaže tudi na panoramskem posnetku naselja, narejenem s pobočja Kumna, vzhodno od naselja

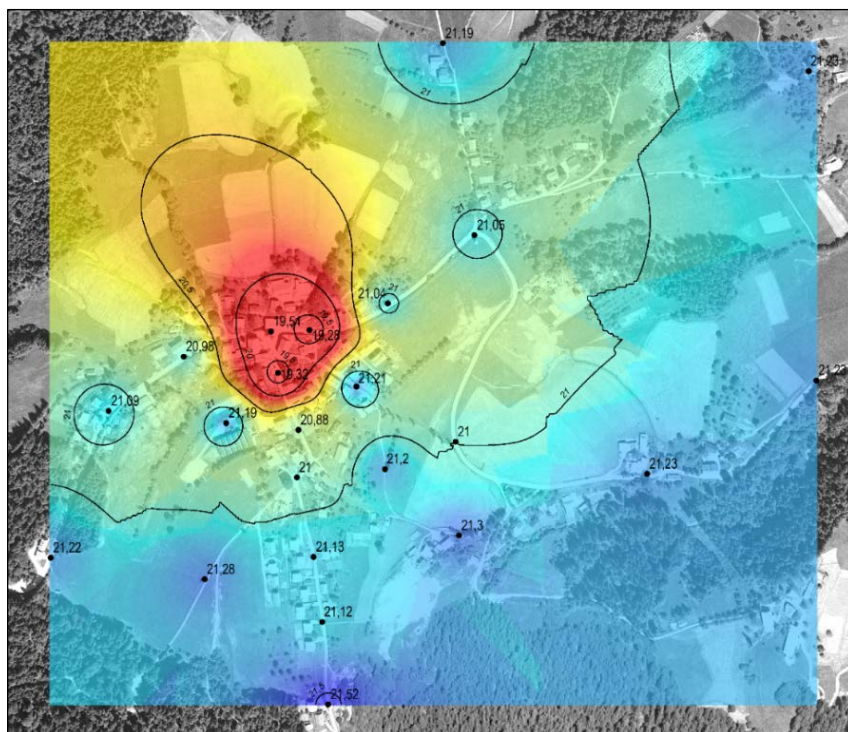
(Slika 9). V delu naselja na desni strani fotografije (severovzhodni del naselja) prevladujejo oranžne sijalke, na levi strani (jugozahodni del naselja) pa bolj agresivne LED sijalke.



Slika 9: Panoramski posnetek naselja Lovrenc na Pohorju 11.4.2018.

Vir: I. Žiberna, 2018.

Naselje Ribnica na Pohorju je tako po površini kot po številu prebavcev manjše od naselja Lovrenc na Pohorju, kar se odraža tudi v stopji svetlobnega onesnaženja. Tudi v središču Ribnice na Pohorju sij neba ni padel pod 19 mag/arc sec^2 , medtem ko se je v neposredni okolici hitro dvignil celo nad 21 mag/arc sec^2 , česar nismo zabeležili niti na višjih nadmorskih višinah Pohorja, ki so bolj oddaljene od večjih virov svetlobe v dolinah. V skrajnem južnem delu naseljana cesti ob Velki je ta narasel celo na $21,50 \text{ mag/arc sec}^2$ (Slika 10).



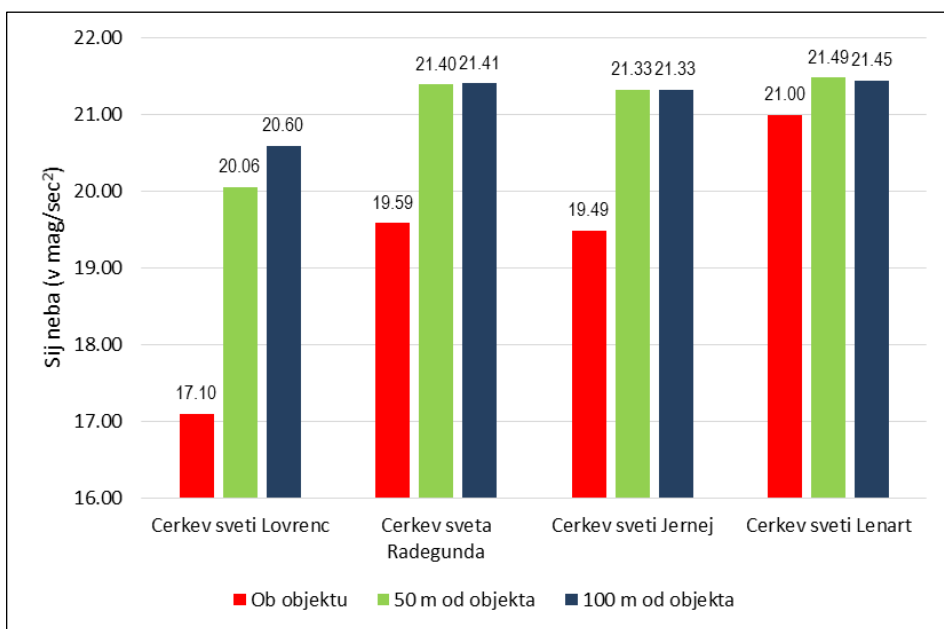
Slika 10: Karta sija neba v naselju Ribnica na Pohorju (v mag/arc sec^2) 11.4.2018.

Vir: lastne meritve in izračuni, 2018.

3.4 Svetlobna onesnaženost v bližini izbranih osvetljenih sakralnih objektov, habitatov netopirjev

Po podatkih Slovenske škofovske konference je samo katoliških cerkva v Sloveniji 2864. V Registru nepremične kulturne dediščine Slovenije je bilo leta 2013 kot kulturni spomenik vpisanih 1445 cerkva. Večina cerkva je osvetljenih. Za razliko od javne razsvetljave in osvetljevanja stavb, kjer je prepovedano uporabljati svetilke, ki svetijo nad vodoravnico, je kulturne spomenike dovoljeno osvetljevati od spodaj navzgor, venar takšen način osvetljevanja povzroča veliko svetlobno onesnaženje. Umetni svetlobni viri ponoči k sebi privlačijo številne žuželke, te pa pritegnejo plenilce – tudi netopirje. Nekaj vrst netopirjev je začelo uspešno izrabljati ta način dostopa do hrane, tako da gredo ponekod celo raje lovit k svetilkam kot v naravni habitat (Rydell 2006). Spet druge vrste pa se svetilkam izogibajo. V raziskavi v Veliki Britaniji so v poskusu namestili svetilke na znane letalne poti malih podkovnjakov (*Rhinolophus hipposideros*) in ugotovili, da so te poti nehali uporabljati. Svetilkam so se ogibale tudi vrste iz rodu navadnih netopirjev (*Myotis spp.*), medtem ko so se k svetilkam prišli prehranjevat npr. mali netopirji (*Pipistrellus pipistrellus*) (Stone et al. 2015). Zaradi namestitve cestne razsvetljave v nekaj gorskih dolinah v Švici so se v te bolj razširili mali netopirji, medtem ko so mali podkovnjaki izginjali (Arlettaz et al. 2000). Vendar se, ker umetna osvetlitev negativno vpliva na pogostost in raznolikost žuželk, zmanjšuje količina njihovega plena, zaradi česar dolgoročno izgubljajo vse vrste netopirjev. Stavbe so zelo pomembna zatočišča za številne vrste netopirjev, kar 24 evropskih vrst je vsaj deloma vezanih na bivanje v gradovih in cerkvah (Marnell, Presetnik 2010). V stavbah imajo številne vrste porodniške kolonije, varstvo teh pa je ključno za ohranjanje vrst na določenem območju in v širši regiji. Tako objekti združujejo kulturno in naravno dediščino, zato mora biti skrb za varstvo obeh usklajena. V Sloveniji je preko 130 objektov (med njimi 112 cerkva in 11 gradov) vključenih v omrežje Natura 2000 zaradi netopirjev (Mohar et al. 2014).

Tudi na območju Pohorja se nahaja nekaj ponoči razsvetljenih sakralnih objektov, ki so bivališča netopirjev. V naši raziskavi smo analizirali sij neba v zenitu v neposredni bližini cerkve, 50 m od objekta in 100 m od objekta. Za meritve smo izbrali cerkve sv. Lovrenca, sv. Radegunde (v Lovrencu na Pohorju), sv. Jerneja in sv. Lenarta (v Ribnici na Pohorju). Razen v primeru cerke sv. Lenarta, ki se nahaja v neposredni okolici naselja Ribnica na Pohorju so okolice ostalih treh razsvetljenih cerkva močno svetlobno onesnažene. Najslabše je stanje ob cerkvi sv. Lovrenca v Lovrencu na Pohorju, kjer je sij neba $17,10 \text{ mag/arc sec}^2$, vendar se ta že 50 m vstran dvigne na $20,06 \text{ mag/arc sec}^2$, 100 m vstran pa na $20,60 \text{ mag/arc sec}^2$. Svetlobno zelo onesnažena je tudi okolica cerkva sv. Radegunde v Lovrencu na Pohorju ($19,59 \text{ mag/arc sec}^2$) in sv. Jerneja v Ribnici na Pohorju ($19,49 \text{ mag/arc sec}^2$), vendar se v obeh primerih 50 m vstran od cerkve sij neba dvigne na $21,40 \text{ mag/arc sec}^2$ oziroma $21,33 \text{ mag/arc sec}^2$ (Slika 11).

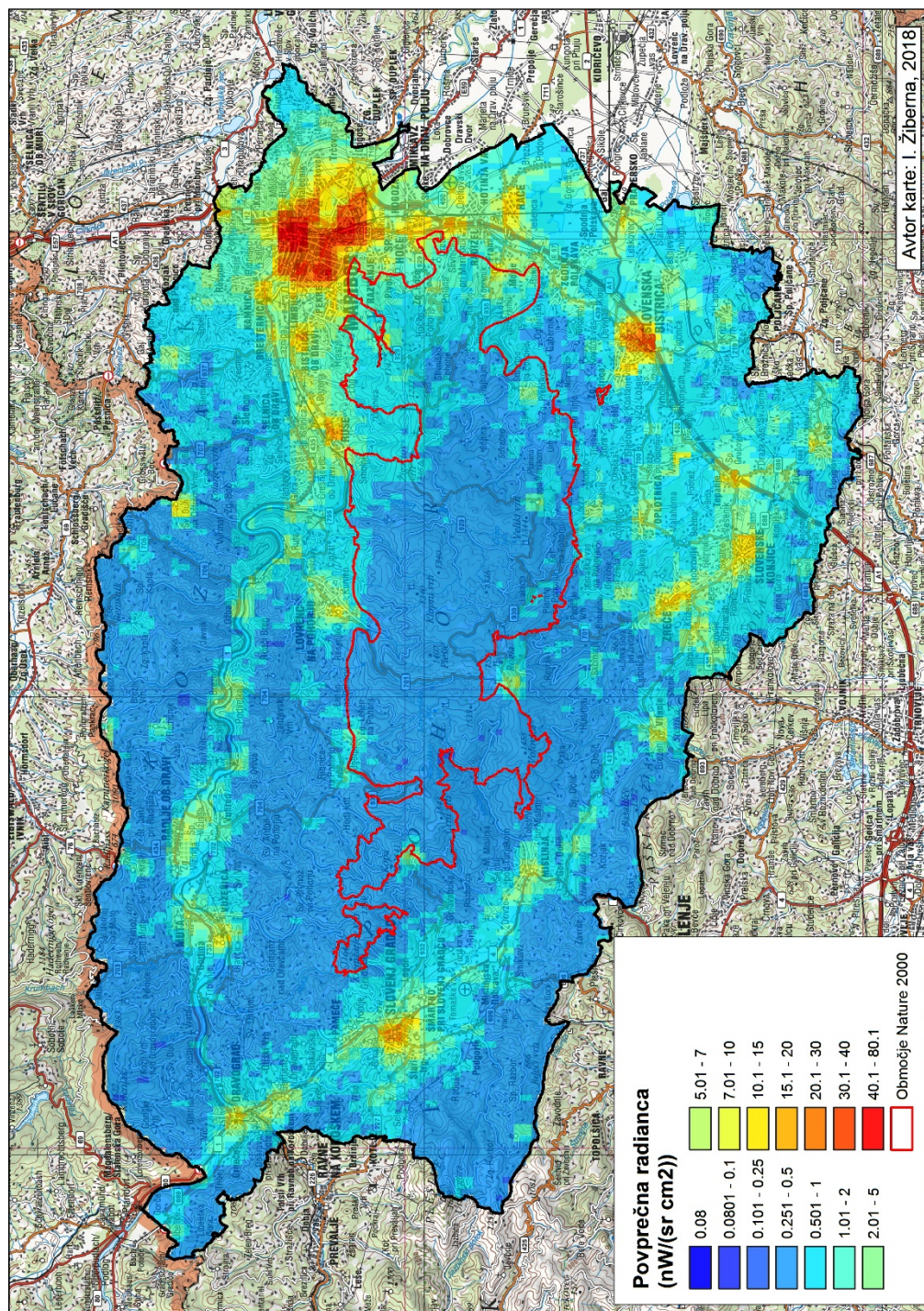


Slika 11: Sij neba ob izbranih sakralnih objektih na Pohorju in v njihovi neposredni bližini. Vir: lastne meritve, 2018.

3.5 Svetlobna onesnaženost na širšem območju Pohorja na osnovi satelitskih posnetkov

V analizo svetlobne onesnaženosti (radiance) na širšem območju Pohorja smo vključili območja, ki jih pokrivajo občine, ki segajo na Pohorje ali se nahajajo v neposredni bližini. Tako smo lahko zaznali tudi vplive zaledja, saj se svetloba v atmosferi širi prosto in se ne ustavi na mejah zavarovanih območij. Podatke satelitskih posnetkov smo analizirali za mesec marec leta 2018, ko smo tudi sicer opravili večino meritev na Pohorju.

Na satelitskem posnetku je mogoče razbrati, da se glavni viri svetlobnega onesnaževanja na Pohorju nahajajo v neposredni bližini, to je na gostejše poseljenih dolinskih in ravninskih območjih (Dravsko Polje, Dravska dolina, Mislinjska dolina) ter na območju Dravinjskih gor. Pri tem so vplivi izrazitejši na območju vzhodnega Pohorja, predvsem kot posledica močnih virov svetlobe večjih naselij (Maribor, Slovenska Bistrica, Ruše, Hoče, razpršena poselitev na Dravskem polju) in kot taki segajo tudi v višje nadmorske višine in intenzivneje tudi na zavarovano območje Nature 2000. Območje vzhodnega Pohorja je zaradi teh vplivov svetlobno bolj onesnaženo kot območje osrednjega in zahodnega Pohorja. Poleg zalednih virov svetlobnega onesnaženja pa stanje na Pohorju slabšajo tudi avtohtoni viri, predvsem večja naselja kot so Lovrenc na Pohorju, Ribnica na Pohorju, Josipdol in Zreče, opazno pa tudi višje ležeča naselja kot so Šmartno na Pohorju, Kebelj, Skomarje, Gorenje pri Zrečah in Lukanja. Pomemben vir svetlobnega onesnaženja, ki celo posega na zavarovano območje Nature 2000 pa predstavljajo nekatera turistična središča na Pohorju (Rogla, Kope, Bellevue in Trije kralji) (Slika 12).

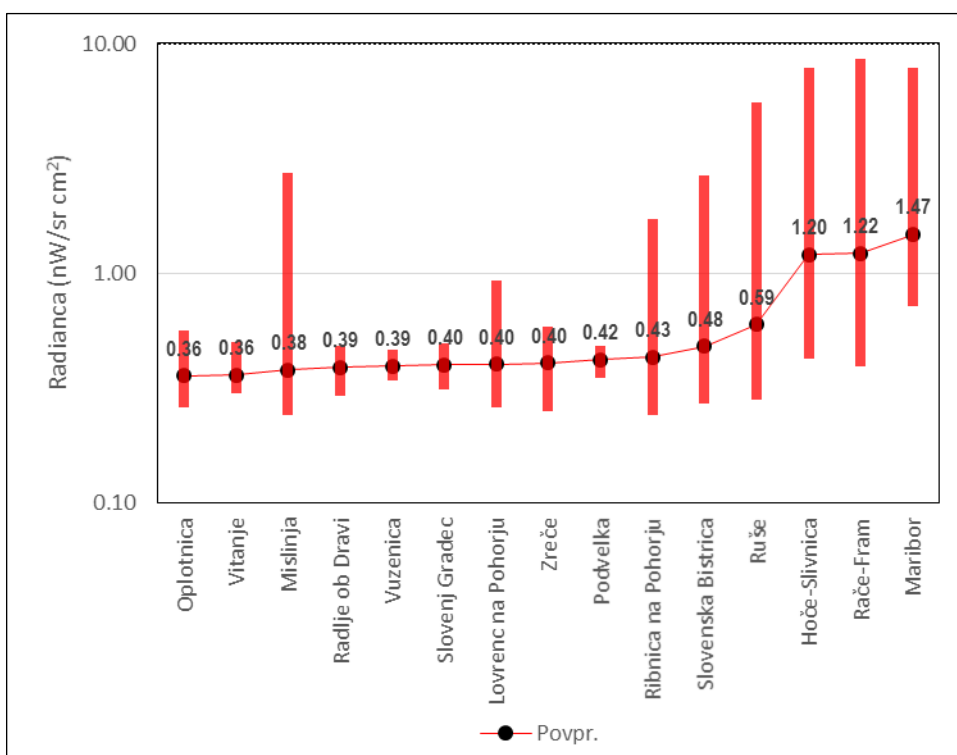


Slika 12: Povprečna radianca v marcu 2018 na širšem območju Pohorja (v nW/sr cm²).

Vir: Medmrežje 1; lastni izračuni, 2018.

Povprečna radianca na celotnem obravnavanem območju je znašala 1,46 nW/sr cm², maksimalna pa 55,84 nW/sr cm² (na območju mesta Maribor). Povprečna radianca na zavarovanem območju Natura 2000 na Pohorju je znašala 0,59 nW/sr cm², maksimalna pa 8,55 nW/sr cm² in sicer na območju tistih delih naselja Fram, ki že segajo na območje Nature 2000. Nadpovprečno visoke vrednosti radianca na območju Nature 2000 nastopajo tudi na območju naselij Ruše (do 5,50 nW/sr cm²) in Morje pri Framu (do 6,50 nW/sr cm²) ter na območju hotelov na Bellevueju na Mariborskem Pohorju, ki stojijo na robu zavarovanega območja (do 7,83 nW/sr cm²). Povišane vrednosti radianca znotraj območja Nature 2000 so še v Šmartnem na Pohorju (do 2,65 nW/sr cm²), na Treh kraljih (do 2,19 nW/sr cm²), na Kopah (do 2,72 nW/sr cm²) in na Rogli (do 1,06 nW/sr cm²).

Razporeditev minimalne, maksimalne in povprečne radianca po tistih površinah občin, ki segajo na območje Nature 2000 na Pohorju je vidno na Sliki 13. Opazimo lahko, da izstopajo občine na vzhodnem delu Pohorja, pri čemer je najvišja povprečna radianca znotraj območja Natura 2000 na območju občine Maribor (1,47 nW/sr cm², maksimalna radianca 7,87 nW/sr cm²), sledijo pa občine Rače-Fram, Hoče-Slivnica, Ruše in Slovenska Bistrica.



Slika 13: Radianca na območju Nature 2000 po občinah. Prikazane so minimalna, maksimalna in povprečna vrednost radianca.

Vir: lastni izračuni, 2018.

4. Zaključek

Svetlobna onesnaženost na območju Pohorja je rezultat povišane stopnje svetlobne onesnaženosti v neposrednem zaledju, zlasti v središčih na Dravskem polju, Dravski dolini, Mislinjski dolini in v Dravinjskih gorinah. Pri tem je vpliv zalednega svetlobnega onesnaženja večji na vzhodnem Pohorju. K svetlobnemu onesnaženju na Pohorju, še posebej znotraj območja Nature 2000 prispevajo tudi nekateri avtohtoni viri (naselja, turistična središča), ki ne ležijo nujno znotraj zavarovanega območja, vendar pa se njihova svetloba ne ustavi na meji zavarovanega območja. V zimskem času so problematični viri umetne svetlobe, ki izhajajo iz osvetljenih smučišč, kar smo dokazali s primerjavo sija neba v času nočne smuke in po njej na smučiščih na Mariborskem Pohorju in na Rogli. Lokalni vir svetlobnega onesnaženja predstavljajo tudi neustrezno in s premočnimi sijalkami osvetljeni sakralni objekti na Pohorju, ki so tudi habitati zaščitenih netopirjev.

Pri varovanju narave, predvsem zavarovanih območij kot so Triglavski narodni park, regijski in krajinski parki ni dovolj, da omejujemo vire onesnaževanja znotraj teh območij, pač pa bi se morali zlasti pri hrupu in svetlobnem onesnaženju, kot tudi pri onesnaževanju zraka osredotočiti na vire v neposrednem zaledju in razmišljati o uvedbi t.i. prehodnih območij, ki bi morala biti podvržena strožjim omejitvam, kot ostala nezavarovana območja.

Literatura

- Arlettaz, R., Godat, S., Meyer, H., 2000: Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*). *Biological Conservation*, 93: 55-60.
- Jensen, J.R., 2018: *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*. 4th Edition. Pearson. Hoboken, New Jersey, ZDA.
- Marnell, F., Presetnik, P., 2010: Protection of overground roosts for bats (particularly roosts in buildings of cultural heritage importance). EUROBATS report.
- Mohar, A., Zagmajster, M., Verovnik, R., Bolta Skaberne, B., 2014: Naravi prijaznejša razsvetljava objektov kulturne dediščine (cerkva) – Priporočila. Društvo Temno nebo Slovenije. Ljubljana.
- Rydell, J., 2006: *Bats and Their Insect Prey at Streetlights. V: Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Rich, C., Longcore, T. Ur. Island Press. Washington.
- Stone, E., Harris, S., Jones, G., 2015: Impacts of artificial lighting on bats: A review of challenges and solutions. *Mammalian Biology*. 80. 213–219.
- Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). UL RS 49/2004. 30.4.2004.
- Žiberna, I., Ivajnsič, D., 2018: Daljinsko zaznavanje svetlobne onesnaženosti v Sloveniji. *Revija za geografijo* 25. Maribor.
- Medmrežje 1:
https://www.ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html
(10.5.2018)

LIGHT POLLUTION IN THE POHORJE AREA (ALI REGION)

Summary

Light pollution in the Pohorje region is the result of an increased level of light pollution in the immediate hinterland, especially in urban centers on the Dravsko polje, the Drava and Mislinja valley and the Dravinjske Gorice. The influence of background light pollution is higher in eastern part of Pohorje. Some of the autochthonous sources (settlements, tourist centers) that are not necessarily within the protected area also contribute to the light pollution on Pohorje, especially within the Natura 2000 area, but their light does not stop at the border of the protected area. In winter, there are problematic sources of artificial light arising from illuminated ski slopes, which was proven by comparing the radiance of the sky during the night skiing and afterwards at the Maribor Pohorje and Rogla ski slopes.

In the analysis of light pollution (radiance) in the area of Pohorje, we considered all municipalities that extend to our study area or are located in the immediate vicinity. The satellite data were analyzed for month March 2018, when we performed the majority of in-situ measurements on Pohorje. The main sources of light pollution in the Pohorje region are located in the immediate vicinity, i.e. in densely populated valley and flatlands (Dravsko Polje, Drava valley, Mislinja valley) and in the area of Dravinjske gorice. The impacts are more pronounced in the area of eastern Pohorje, mainly as a result of the strong sources of light of larger settlements (Maribor, Slovenska Bistrica, Ruše, Hoče, settlement on the Dravsko polje) and as such extend to higher altitudes and more intensively to the protected Natura 2000 area. Because of these effects, the area of eastern Pohorje is more light polluted than the area of central and western Pohorje. Unfortunately, is the situation in the Pohorje region getting worse because of autochthonous sources, especially larger settlements such as Lovrenc na Pohorju, Ribnica na Pohorju, Josipdol and Zreče, and also noticeably higher settlements such as Šmartno na Pohorju, Kebelj, Skomarje, Gorenje pri Zrečah and Lukanja. An additional important source of light pollution are also some tourist centers (Rogla, Kope, Bellevue and Trije kralji).

From the nature conservation perspective, protected areas such as the Triglav National Park, regional and landscape parks are not enough to limit the sources of pollution within these areas. By considering noise and light pollution as well as air pollution, we should focus on resources in direct hinterland and think about the introduction of so called transitional zones that should be the subject to stricter restrictions than other unprotected areas.