

Svetlobna onesnaženost na območju Pohorja

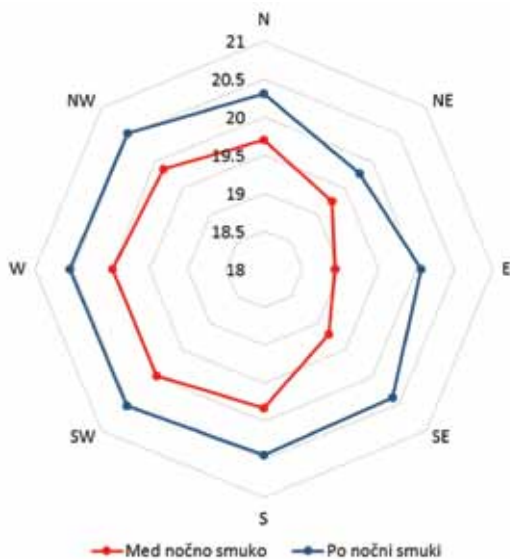
Igor Žiberna, Jurij Gulič

Svetlobno onesnaževanje kot razmeroma nova oblika onesnaževanja okolja je v Sloveniji že od osemdesetih 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, zaradi bleščanja ogroža varnost v prometu, zaradi neposrednega in posrednega sevanja proti nebu pa moti tudi življenje ali selitev ptic, netopirjev in žuželk. Seveda pa svetlobno onesnaževanje vpliva tudi na ekosisteme, predvsem na nočne živali (žuželke, netopirje in druge živali). 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 zaznavamo v naravnih, regijskih in krajinskih parkih oziroma območjih *Nature 2000* (Žiberna, Ivajnsič, 2018).

Metodologija

Stanje svetlobne onesnaženosti na območju Pohorja smo analizirali na več ravneh. Pregledno stanje svetlobne onesnaženosti na celotnem območju smo analizirali na podlagi satelitskih posnetkov *Suomi*. Prostorska ločljivost slikovne točke (piksela) v nadi ru (točki na površini Zemlje, ki se nahaja točno pod satelitom) je približno 750 metrov x 750 metrov (Jensen, 2018). Vrednosti svetlobnih virov so izraženi v nanovatih na steradian na kvadratni centimeter ($nW/sr\ cm^2$). Satelitske podatke smo zaradi primerljivosti analizirali za mesec marec leta 2018, v katerem smo opravili tudi večino ostalega terenskega dela. Na izbranih mestih na Pohorju smo opravljali tudi meritve sija neba z merilcem *Sky Quality Meter (SQM)* proizvajalca *Unihedron*, ki v svetu predstavlja standardizirani način merjenja sija neba za potrebe analize stopnje svetlobnega onesnaženja. Vrednosti meritev se izražajo v magnitudah na kvadratno



Roža svetlobnega onesnaženja na razglednem stolpu na Mariborskem Pohorju v času nočne smuke in po njej (v mag/arc sec²) 8. marca leta 2018. Vir: lastne meritve, 2018.



Panorama z razglednega stolpa na Mariborskem Pohorju v smeri osvetljenih smučišč med nočno smuko (zgoraj) in po njej (spodaj). Vir: Igor Žiberna, 8. marca leta 2018.

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 temnejša mesta 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 potem, predvsem zaradi primerjave stanja. Meritve smo opravili tudi ob izbranih osvetljenih sakralnih objektih (cerkvi svetega Lovrenca in svete Radegunde v Lovrencu na Pohorju ter cerkvi svetega Jerneja in svetega Lenarta v Ribnici na Pohorju), v

katerih prebivajo netopirji, ki so še posebej občutljivi za učinke svetlobnega onesnaževanja. Meritve smo izvajali v zenitu neposredno ob objektu ter na razdaljah 50 in 100 metrov stran od objekta.

Rezultati in diskusija

Svetlobna onesnaženost na osvetljenih smučiščih na Mariborskem Pohorju

Meritve in fotografiranja na Mariborskem Pohorju smo izvedli 8. marca leta 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



Svetlobna kupola nad razsvetljenimi smučišči na Mariborskem Pohorju je vidna celo z razglednega stolpa na Rogli (na levi strani fotografije). Vir: Igor Žiberna, 2018.

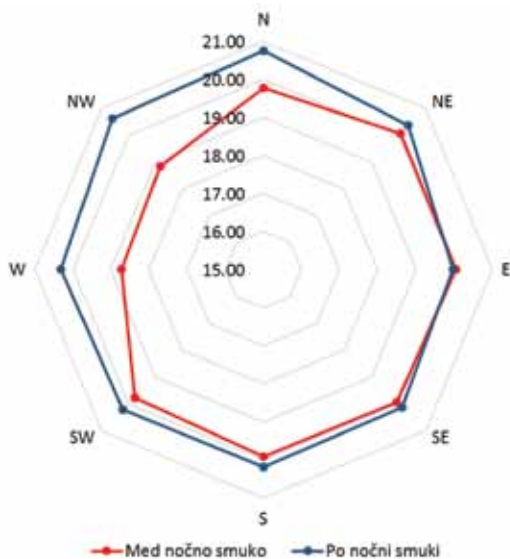
mag/arc sec², po koncu nočne smuke pa se je izboljšal na 20,54 mag/arc sec², torej za 0,71 mag/arc sec². Da izboljšanje sija neba v smeri razsvetljenih smučišč po koncu nočne smuke ni tako očitno, je posledica svetlobne onesnaženosti »ozadja«. V tej smeri se namreč nahaja svetlobno zelo onesnaženi Maribor, kar lahko prepoznamo tudi na roži svetlobnega onesnaženja, kjer se sij neba tudi po nočni smuki ni povečal na več kot 20 mag/arc sec² in kot tak predstavlja daleč najbolj svetlobno onesnaženi del neba. Najmanj svetlobno onesnaženi del neba je zahodni, torej v smeri proti osrčju Pohor-

ja, kjer je v času nočne smuke sij neba 20,0 mag/arc sec², po nočni smuki pa 20,5 mag/arc sec² (slika na strani 115).

Večjo sporočilnost imajo fotografije, posnete z razglednega stolpa v smeri osvetljenih smučišč med nočno smuko in po njej. 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 na strani 116). Omenjeno svetlobno kupolo smo zaznali celo z razglednega stolpa na Rogli (slika zgoraj).

Svetlobna onesnaženost na osvetljenih smučiščih na Rogli

Meritve in fotografiranja svetlobne onesnaženosti na Rogli smo izvedli 16. marca leta 2018, in sicer na razglednem stolpu na Rogli ter na osvetljenih smučiščih Košuta in Jasa. Na razglednem stolpu je sij neba v zenitu v času nočne smuke znašal 20,20 mag/arc sec², po nočni smuki pa 21,04 mag/arc sec², kar pomeni izboljšanje stanja za 0,84 mag/arc sec². Še večje razlike so nastopile pri rožah svetlobnega onesnaženja v smeri razsvetljenih



Roža svetlobnega onesnaženja na razglednem stolpu na Rogli v času nočne smuke in po njej (v mag/arc sec²) 16. marca leta 2018. Vir: lastne meritve, 2018.



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.

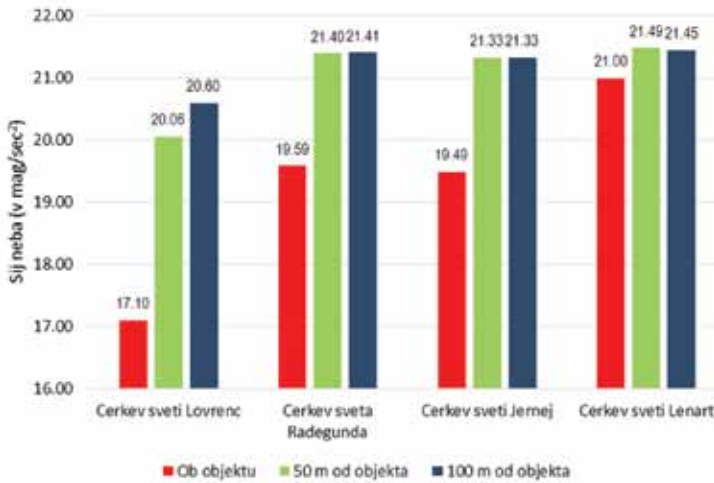
Vir: Igor Žiberna, 8. marca leta 2018.

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 na strani 117 spodaj).

Svetlobna onesnaženost v bližini izbranih osvetljenih sakralnih objektov, življenjskih prostorov netopirjev

Po podatkih Slovenske škofovske konference je samo katoliških cerkva v Sloveniji 2.864. V Registru nepremične kulturne dediščine Slovenije je bilo leta 2013 kot kulturni spomenik vpisanih 1.445 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, vendar 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 loviti k svetilkam kot v naravni življenjski prostor (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 na primer mali netopirji (*Pipistrellus pipistrellus*) (Stone in sod., 2015). Zaradi namestitve cestne razsvetljave v nekaj gorskih dolinah v Švici so se v te bolj razširili mali



Sij neba ob izbranih sakralnih objektih na Pohorju in v njihovi neposredni bližini.

Vir: lastne meritve, 2018.

netopirji, medtem ko so mali podkovnjaki izginjali (Arlettaz in sod., 2000). Vendar se, ker umetna osvetlitev negativno vpliva na pogostost in raznolikost žuželk, zmanjšuje količina njihovega plena, zaradi česar dolgoročno izgublajo 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 več kot 130 objektov (med njimi 112 cerkva in 11 gradov) vključenih v omrežje *Natura 2000* zaradi netopirjev (Mohar in sod., 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 metrov in 100 metrov od nje. Za meritve smo izbrali cerkve svetega Lovrenca, svete Radegunde (v Lovrencu na Pohorju), svetega Jerneja in svetega Lenarta (v Ribnici na Pohorju). Razen v primeru cerkve svetega 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 svetega Lovrenca v Lovrencu na Pohorju, kjer je sij neba 17,10 mag/arc sec², vendar se ta že 50 metrov stran dvigne na 20,06 mag/arc sec², 100 metrov stran pa na 20,60 mag/arc sec². Svetlobno zelo onesnažena je tudi okolica cerkve svete Radegunde v Lovrencu na Pohorju (19,59 mag/arc sec²) in svetega Jerneja v Ribnici na Pohorju (19,49 mag/arc sec²), vendar se v obeh primerih 50 metrov stran od cerkve sij neba dvigne na 21,40 mag/arc sec² oziroma 21,33 mag/arc sec² (slika zgoraj).

Svetlobna onesnaženost na širšem območju Pohorja na podlagi 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 ozračju 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

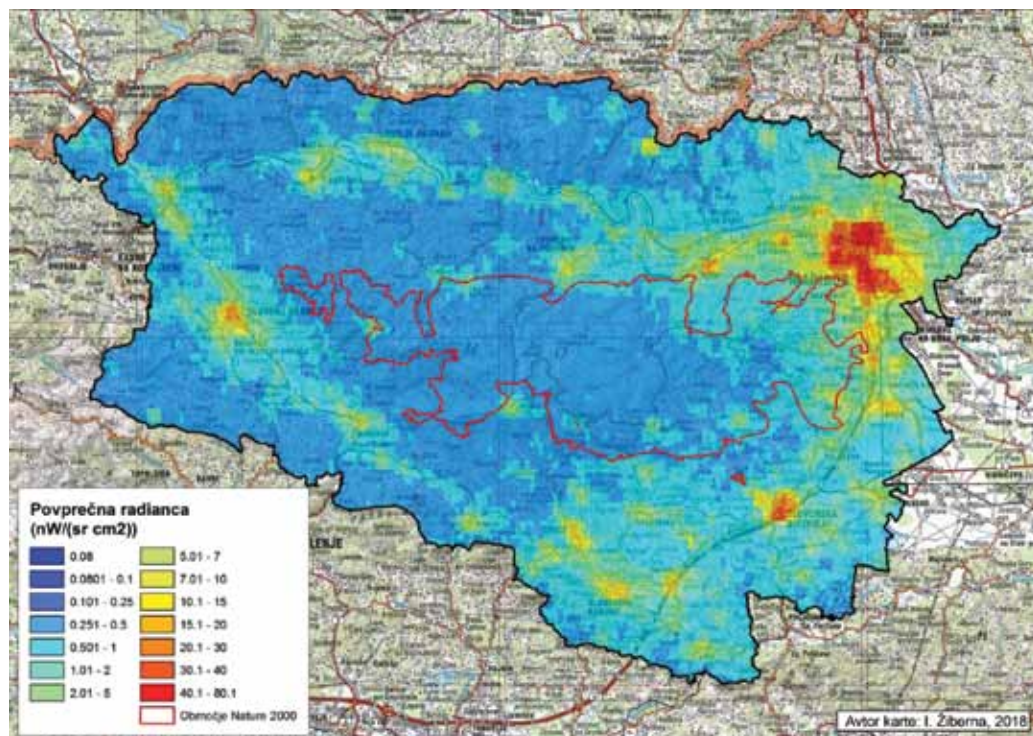
na Pohorju nahajajo v neposredni bližini, to je na gostejše poseljenih dolinskih in ravninskih območjih (na Dravskem Polju ter v Dravski in Mislinjski dolini) ter na območju Dravinjskih gor. Pri tem so vplivi izrazitejši na območju vzhodnega Pohorja, predvsem kot posledica močnih virov svetlobe večjih naselij (Maribora, Slovenske Bistrice, Ruš, Hoč, razpršene poselitve 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 na-

selja, 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 so nekatera turistična središča na Pohorju (Rogla, Kope, Bellevue in Trije kralji) (slika spodaj).

Povprečna svetlobna onesnaženost na celotnem obravnavanem območju je znašala 1,46 nW/sr cm², maksimalna pa 55,84 nW/sr cm² (na območju mesta Maribor). Povprečna svetlobna onesnaženost na območju *Nature 2000* na Pohorju je znašala 0,59 nW/sr cm², največja pa 8,55 nW/sr cm², in sicer v tistih delih naselja Fram, ki že segajo na območje *Nature 2000*. Nadpovprečno visoke vrednosti svetlobne onesnaženosti na območju *Nature 2000* beležimo 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

Povprečna svetlobna onesnaženost (radianca) v marcu leta 2018 na širšem območju Pohorja (v nW/sr cm²).

Vir: SUOMI VIIRS, marec leta 2018; lastni izračuni, 2018.



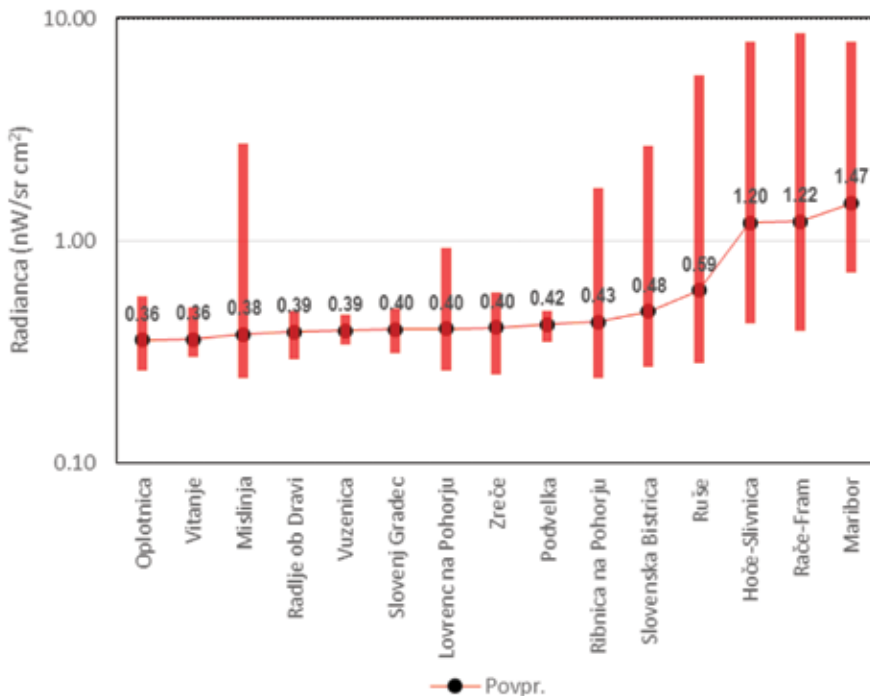
Bellevueju na Mariborskem Pohorju, ki stojijo na robu zavarovanega območja (do 7,83 nW/sr cm²). Povišane vrednosti svetlobne onesnaženosti znotraj območja *Nature 2000* so še v Šmartnem na Pohorju (do 2,65 nW/sr cm²), na Treh kraljih (do 2,19 nW/sr cm²), na Kopah (do 2,72 nW/sr cm²) in na Rogli (do 1,06 nW/sr cm²).

Razporeditev najmanjše, največje in povprečne svetlobne onesnaženosti na tistih površinah občin, ki segajo na območje *Nature 2000* na Pohorju, je vidno na spodnji sliki. Opazimo lahko, da izstopajo občine na vzhodnem delu Pohorja, pri čemer je najvišja povprečna svetlobna onesnaženost znotraj območja *Nature 2000* na območju občine Maribor (1,47 nW/sr cm², največja svetlobna onesnaženost 7,87 nW/sr cm²), sledijo pa občine Rače-Fram, Hoče-Slivnica, Ruše in Slovenska Bistrica.

Zaključek

Svetlobna onesnaženost na območju Pohorja je rezultat povišane stopnje svetlobne onesnaženosti v neposrednem zaledju, zlasti v središčih na Dravskem polju, v Dravski in Mislinjski dolini ter v Dravinjskih goricah. Pri tem je vpliv zalednega svetlobnega onesnaženja večji na vzhodnem Pohorju. K svetlobnem 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 izvirajo 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

Svetlobna onesnaženost na območju Nature 2000 po občinah. Prikazane so najmanjša, največja in povprečna vrednost svetlobne onesnaženosti. Vir: lastni izračuni, 2018.



predstavljajo tudi neustrezno in s premočnimi sijalkami osvetljeni sakralni objekti na Pohorju, ki so tudi življenjski prostori zaščiteneh 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 tako imenovanih prehodnih območij, za katera bi morala veljati strožje omejitve kot za 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*. Hoboken, New Jersey, ZDA: Pearson.

- 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*. Ljubljana: Društvo Temno nebo Slovenije.
- Rydell, J., 2006: *Bats and Their Insect Prey at Streetlights*. V: Rich, C., Longcore, T., Editors: *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Washington: Island Press.
- 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, z dopolnitvami*.
- Žiberna, I., Ivajnsič, D., 2018: *Daljinsko zaznavanje svetlobne onesnaženosti v Sloveniji*. Revija za geografijo, 25. Maribor.