

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ŠTUDIJ STRUKTURNE IN FUNKCIONALNE BIOLOGIJE

Nastja KOSOR

**IZLETAVANJE MALIH PODKOVNJAKOV IZ  
IZBRANIH CERKVA Z IN BREZ ZUNANJE  
OSVETLITVE**

MAGISTRSKO DELO  
Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ŠTUDIJ STRUKTURNE IN FUNKCIONALNE BIOLOGIJE

Nastja KOSOR

**IZLETAVANJE MALIH PODKOVNJAKOV IZ IZBRANIH CERKVA Z  
IN BREZ ZUNANJE OSVETLITVE**

MAGISTRSKO DELO  
Magistrski študij – 2. stopnja

**EVENING EMERGENCE OF LESSER HORSESHOE BAT FROM  
SELECTED ILLUMINATED AND NON-ILLUMINATED CHURCHES**

M. SC. THESIS  
Master Study Programmes

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je nastalo kot zaključek drugostopenjskega bolonjskega študija Strukturna in funkcionalna biologija MSc v okviru Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Magistrsko delo je bilo prvič odobreno na seji senata, dne 6. 2. 2013. Za mentorico je bila imenovana doc. dr. Maja Zagmajster, za recenzenta pa doc. dr. Cene Fišer. Za predsednika komisije za oceno in zagovor magistrskega dela je bil imenovan prof. dr. Rudi Verovnik. Veljavnost teme je bila podaljšana s sklepom senata dne 19. 6. 2015.

Komisija za oceno in zagovor

Predsednik: prof. dr. Rudi VEROVNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Mentorica: doc. dr. Maja ZAGMAJSTER

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Recenzent: doc. dr. Cene FIŠER

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 19. 5. 2016

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Nastja Kosor

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)**

|    |  |
|----|--|
| ŠD | Du2  |
| DK | UDK 599.4:591.5(043.2)=163.6   |
| KG | mali podkovnjak/izletavanje/cerkev/zunanja osvetlitev  |
| AV | KOSOR, Nastja, diplomirana biologinja (UN)   |
| SA | ZAGMAJSTER, Maja (mentorica)/ FIŠER, Cene (recenzent)  |
| KZ | SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  |
| ZA | Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Študij strukturne in funkcionalne biologije   |
| LI | 2016   |
| IN | IZLETAVANJE MALIH PODKOVNJAKOV IZ IZBRANIH CERKVA Z IN BREZ ZUNANJE OSVETLITVE   |
| TD | Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)   |
| OP | X, 72 str., 13 pregl., 23 sl., 8 pril., 100 virov  |
| IJ | sl   |
| JI | sl/en  |
| AI | Večina poletnih zatočišč malega podkovnjaka v Sloveniji se nahaja v cerkvah, ki so ponoči z zunanje strani pogosto umetno osvetljene. V naši nalogi nas je zanimal vpliv umetnega osvetljevanja cerkvenih zatočišč na večerno izletavanje malih podkovnjakov. Primerjali smo izletavanje netopirjev med tremi neosvetljenimi cerkvami (V Zideh, Verd, Lazec) in tremi osvetljenimi cerkvami, ki so bile paroma v bližini vsake neosvetljene cerkve (Špitalič, Stara Vrhnika, Otalež). Zanimala sta nas predvsem čas večernega izleta in trajanje izletavanja. Naredili smo tudi eksperiment, ko smo na osvetljeni cerkvi v Mali Ligojni ugasnili osvetlitev in izletavanje spremljali v obeh svetlobnih režimih. Ugotovili smo, da je bil čas večernega izletavanja netopirjev pozitivno povezan s časom sončnega zahoda. Pokazali smo razlike v času izleta medianega netopirja pri parih V Zideh - Špitalič in Lazec - Otalež, kjer so netopirji iz neosvetljene cerkve izleteli prej; to pomeni, da je umetna svetloba povzročila časovni zamik v izletavanju. Pri paru Verd - Stara Vrhnika te razlike nismo potrdili, verjetno zato, ker so netopirji na osvetljeni cerkvi izletavali iz manj osvetljene odprtine. Razlike v času izletavanja so se pokazale med različnimi preletnimi odprtinami posamične cerkve in med različnimi reproduktivnimi obdobji. Tudi v eksperimentu so netopirji izleteli kasneje, ko je bila cerkev osvetljena, vendar to ni bilo statistično značilno. Rezultati kažejo, da bi bilo pri osvetljevanju cerkva potrebno zmanjšati jakost zunanje osvetlitve, preletne odprtine pa dodatno zatemniti ter tako zmanjšati vpliv umetne svetlobe na netopirje in ostale nočne živali. |

**KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)**

DN Du2  
DC UDC 599.4:591.5(043.2)=163.6  
CX lesser horseshoe bat/evening emergence/church/illumination  
AU KOSOR, Nastja  
AA ZAGMAJSTER, Maja (supervisor)/ FIŠER, Cene (reviewer)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Structural and Functional Biology  
PY 2016  
TI EVENING EMERGENCE OF LESSER HORSESHOE BAT FROM SELECTED ILLUMINATED AND NON-ILLUMINATED CHURCHES  
DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)  
NO X, 72 p., 13 tab., 23 fig., 8 ann., 100 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB Majority of lesser horseshoe bat summer roosts in Slovenia are in churches which are often artificially illuminated at night. We investigated the effect of artificial illumination on lesser horseshoe bats evening emergence. We compared evening emergence from three non-illuminated churches (V Zideh, Verdi Lazec) and three illuminated churches (Špitalič, Stara Vrhnika, Otalež), each in vicinity of one non-illuminated church. We were mostly interested in the time and duration of evening emergence. In the experiment we turned off the lights in the primarily illuminated church in Mala Ligojna and investigated evening emergence in both light regimes. Our results show positive association of time of emergence and the time of sunset. We showed differences in the time of median emergence in pairs V Zideh - Špitalič and Lazec - Otalež; bats emerged sooner from non-illuminated church; meaning that artificial light delayed the emergence. In pair Verd - Stara Vrhnika there was no difference in time of emergence, probably because bats emerged from a less illuminated exit of illuminated church. Time of emergence differed from different exits of the same church and in different reproductive periods. In the experiment bats emerged later in illuminated regime, but that was not statistically significant. Results show that it would be necessary to reduce the illumination of churches and dim the exits to reduce the impact of artificial illumination on bats and other nocturnal animals.

**KAZALO VSEBINE**

|   |            |
|---|------------|
| <b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI) .....</b>                              | <b>III</b> |
| <b>KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD).....</b>   | <b>IV</b>  |
| <b>KAZALO VSEBINE .....</b>   | <b>V</b>   |
| <b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>  | <b>VII</b> |
| <b>KAZALO SLIK .....</b>  | <b>IX</b>  |
| <b>1 UVOD .....</b>   | <b>1</b>   |
| <b>2 PREGLED OBJAV .....</b>  | <b>3</b>   |
| 2.1 OPIS VRSTE MALI PODKOVNJAK.....   | 3          |
| 2.1.1 Sistematska uvrstitev.....  | 3          |
| 2.1.2 Morfologija in ehlokacija.....  | 3          |
| 2.1.3 Razširjenost.....   | 4          |
| 2.1.4 Prehranjevanje .....  | 4          |
| 2.1.5 Zatočišča, razmnoževanje in življenjski cikel .....                           | 5          |
| 2.1.6 Ogroženost in zakonsko varstvo.....   | 6          |
| 2.2. VEČERNO IZLETAVANJE NETOPIRJEV IZ ZATOČIŠČ.....                                | 8          |
| 2.2.1 Izbor preletnih odprtih .....   | 8          |
| 2.2.2 Začetek in trajanje večernega izletavanja.....                                | 9          |
| <b>3 MATERIAL IN METODE.....</b>  | <b>13</b>  |
| 3.1. OPIS IZBRANIH CERKVA .....   | 13         |
| 3.2 TERENSKO DELO.....  | 21         |
| 3.2.1 Dnevni popis netopirjev na cerkvah .....                                      | 21         |
| 3.2.2 Večerno izletavanje netopirjev iz zatočišč.....                               | 22         |
| 3.2.3 Časovni potek opazovanj .....   | 24         |
| 3.2.4 Izvedba eksperimentna z ugašanjem/prižiganjem reflektorja .....               | 24         |
| 3.3 ANALIZE PODATKOV .....  | 25         |
| 3.3.1 Spreminjanje številčnosti in starostne sestave kolonij .....                  | 25         |
| 3.3.2 Primerjave večernih izletavanj pri neosvetljenih in osvetljenih cerkvah ..... | 25         |
| 3.3.3 Primerjave na eksperimentalni cerkvi .....                                    | 28         |
| <b>4 REZULTATI.....</b>   | <b>29</b>  |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.1 DINAMIKA ŠTEVILČNOSTI MALIH PODKOVNJAKOV NA NEOSVETLJENIH CERKVAH.....   | 29        |
| <b>4.1.1 Prisotnost drugih vrst netopirjev na neosvetljenih cerkvah.....</b>   | <b>33</b> |
| 4.2 IZLETAVANJE MALIH PODKOVNJAKOV IZ NEOSVETLJENIH CERKVA.....  | 34        |
| <b>4.2.1 Izletavanje na posamični cerkvi .....</b>   | <b>34</b> |
| <b>4.2.2 Vpliv reproduktivnega obdobja na izletavanje.....</b>   | <b>35</b> |
| <b>4.2.3 Primerjava izletavanj med neosvetljenimi cerkvami .....</b>   | <b>36</b> |
| 4.3 PRIMERJAVA IZLETAVANJA MED NEOSVETLJENIMI IN OSVETLJENIMI CERKVAMI.....  | 39        |
| 4.4 PRIMERJAVA IZLETAVANJA NA EKSPERIMENTALNI CERKVI Z IN BREZ OSVETLITVE.....                                       | 46        |
| <b>5 RAZPRAVA.....</b>   | <b>51</b> |
| 5.1 DINAMIKA ŠTEVILČNOSTI MALIH PODKOVNJAKOV NA NEOSVETLJENIH CERKVAH.....   | 51        |
| 5.2 VEČERNO IZLETAVANJE MALIH PODKOVNJAKOV GLEDE NA RAZLIČNE DEJAVNIKE .....   | 52        |
| <b>5.2.1 Čas sončnega zahoda .....</b>   | <b>52</b> |
| <b>5.2.2 Temperature v in zunaj zatočišč .....</b>   | <b>53</b> |
| <b>5.2.3 Položaj preletnih odprtin .....</b>   | <b>54</b> |
| <b>5.2.4 Vpliv velikosti kolonije.....</b>   | <b>54</b> |
| <b>5.2.5 Izletavanje v različnih reproduktivnih obdobjih.....</b>  | <b>55</b> |
| <b>5.2.6 Vpliv umetne zunanje osvetlitve.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>5.2.7 Primerjava izletavanja malih podkovnjakov med osvetljeno in neosvetljeno cerkvijo na Mali Ligojni .....</b> | <b>59</b> |
| <b>6 SKLEPI .....</b>  | <b>60</b> |
| <b>7 POVZETEK.....</b>   | <b>61</b> |
| <b>8 VIRI .....</b>  | <b>64</b> |

ZAHVALA

PRILOGE

## KAZALO PREGLEDNIC

|  |    |
|--|----|
| Pregl. 1: Seznam cerkva, na katerih smo opazovali izletavanje netopirjev v letu 2013, s podatki o osvetljenosti in paru, kateremu pripadajo.....   | 14 |
| Pregl. 2: Velikosti zunanjih preletnih odprtih na vseh opazovanih cerkvah (širina in višina oz. premer), podane v centimetrih; vrednosti so zaokrožene ..  | 15 |
| Pregl. 3: Zaporedni tedni opazovanja in dejanski datumi opazovanja na vseh treh neosvetljenih in osvetljenih cerkvah v letu 2013.....  | 24 |
| Pregl. 4: Datumi izvedbe treh eksperimentov z ugašanjem reflektorja na Mali Ligojni poleti 2013; posebej so zapisani datumi, ko je bila cerkev cerkev osvetljena in ko ni bila osvetljena. ....  | 25 |
| Pregl. 5: Povprečen prvi izlet, mediani izlet in trajanje izletavanja s standardnim odklonom za obdobje brejosti samic, obdobje dojenja, in obdobje samostojnosti mladičev na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013.....   | 35 |
| Pregl. 6: Povprečen prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet in trajanje izletavanja s standardnim odklonom za posamezno odprtino vsake neosvetljene cerkve (V Zideh, Verd, Lazec) in združeni podatki (»združeno«) za vsako cerkev skupaj (odprtine obravnavane skupaj) poleti 2013 .....  | 36 |
| Pregl. 7: Korelacije med prvim (ali medianim) izletom s časom sončnega zahoda in z različnimi temperaturami, merjenimi v in zunaj zatočišč.; podatki so združeni za vse tri neosvetljene cerkve (V Zideh, Verd, Lazec) ..  | 37 |
| Pregl. 8: Povprečen prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet in trajanje izletavanja s standardnim odklonom za vse tri pare osvetljenih - neosvetljenih cerkva poleti 2013.....   | 40 |
| Pregl. 9: Korelacije med prvim (ali medianim) izletom s časom sončnega zahoda in z različnimi temperaturami, merjenimi v in zunaj zatočišč.; podatki so združeni za vse tri osvetljene cerkve (Špitalič, Stara Vrhnika in Otalež).....   | 40 |
| Pregl. 10: Povprečno število izletelih netopirjev (št. izl.), število dogodkov (št. dog) in število intervalov z dogodki (št. int. z dog.) s podanim standardnim odklonom za vse tri pare osvetljenih - neosvetljenih cerkva .....   | 41 |
| Pregl. 11: Koeficienti korelacije (rs) števila izletelih netopirjev (IZL) s številom dogodkov (DOG), številom intervalov z dogodki (INT) in trajanjem izletavanja (TRAJ); podatki so združeni za vse tri neosvetljene cerkve (V Zideh, Verd, Lazec) in vse tri osvetljene cerkve (V Zideh, Verd, Lazec) in vse tri osvetljene cerkve (Špitalič, Stara Vrhnika in Otalež) ... | 41 |
| Pregl. 12: Povprečen prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet in trajanje izletavanja s standardnim odklonom za cerkev na Mali Ligojni – posebej so predstavljeni podatki, ko je bila cerkev osvetljena in ko ni bila osvetljena; podatki so podani tudi za dogajanje na posamezni odprtini v vsakem svetlobnem režimu .....  | 47 |



Pregl. 13: Povprečno število izletelih netopirjev (št. izl.), število dogodkov (št. dog.) in število intervalov z dogodki (št. int. z dog.) s podanim standarnim odklonom za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013 - posebej so predstavljeni podatki, ko je bila cerkev osvetljena in ko ni bila osvetljena; podatki so podani tudi za dogajanje na posamezni odprtini v vsakem svetlobnem režimu..... 48

**KAZALO SLIK**

|  |    |
|--|----|
| Sl. 1: Lokacije parov cerkva z zunanjo osvetlitvijo in brez zunanje osvetlitve ter eksperimentalna cerkev .....  | 13 |
| Sl. 2: Tloris in skica cerkve V Zideh z označenima preletnima odprtinama (A in B) ter grmičevjem v bližini .....   | 16 |
| Sl. 3: Tloris in skica cerkve v Verdu z označeno preletno odprtino (A) ter grmičevjem v bližini .....  | 16 |
| Sl. 4: Tloris in skica cerkve v Lazcu z označenimi preletnimi odprtini (A, B in C) ter grmičevjem v bližini .....  | 17 |
| Sl. 5: Tloris in skica cerkve v Špitaliču z označenimi preletnimi odprtini (A, B in C) ter grmičevjem v bližini .....  | 18 |
| Sl. 6: Tloris in skica cerkve na Stari Vrhniki z označenimi preletnimi odprtini (A, B in C) ter grmičevjem v bližini.....  | 19 |
| Sl. 7: Tloris in skica cerkve v Otaležu z označenimi preletnimi odprtini (A, B, C, D, E, F, G, Azg, Bzg, Fzg, Gzg, rozeta) ter grmičevjem v bližini.....               | 20 |
| Sl. 8: Tloris in skica cerkve na Mali Ligojni z označenima preletnima odprtinama (A in B) ter grmičevjem v bližini .....   | 21 |
| Sl. 9: Skupina malih podkovnjakov na podstrešju cerkve na Stari Vrhniki poleti 2013 (Foto: Nastja Kosor).....  | 22 |
| Sl. 10: Število malih podkovnjakov na cerkvi V Zideh poleti 2013 .....   | 31 |
| Sl. 11: Število malih podkovnjakov na cerkvi v Verdu poleti 2013 .....   | 32 |
| Sl. 12: Število malih podkovnjakov na cerkvi v Lazcu poleti 2013 .....   | 33 |
| Sl. 13: Čas prvega izleta netopirja na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013 .....   | 37 |
| Sl. 14: Čas medianega izleta netopirja na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013 .....  | 38 |
| Sl. 15: Trajanje izletavanja netopirjev na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013 .....   | 39 |
| Sl. 16: Število dogodkov (zgoraj) in število intervalov z dogodki (spodaj) na vseh treh parih cerkva poleti 2013 .....   | 42 |
| Sl. 17: Povprečen delež izletelih netopirjev v posameznem 5-minutnem intervalu, pridobljen iz podatkov z vseh 10 opazovanj na vseh treh parih cerkva poleti 2013 ..... | 44 |

|   |    |
|---|----|
| Sl. 18: Časovni interval med prvim in medianim izletelim netopirjem na vseh treh parih cerkva poleti 2013 .....   | 45 |
| Sl. 19: Trajanje izletavanja na vseh treh parih cerkva poleti 2013.....   | 45 |
| Sl. 20: Čas prvega izleta, medianega izleta in zadnjega izleta za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013 .....  | 46 |
| Sl. 21: Število izletelih netopirjev, število dogodkov in število intervalov z dogodki za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013.....   | 48 |
| Sl. 22: Povprečen odstotek izletelih netopirjev v posameznem 5-minutnem intervalu, pridobljen iz podatkov iz vseh 5 opazovanj za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013 ..... | 49 |
| Sl. 23: Časovni interval (Interv). med prvim in medianim izletom (med. izl) in trajanje izletavanja za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013 .....                           | 50 |

## 1 UVOD

Netopirji so edini sesalci sposobni aktivnega letenja (Dietz in sod., 2009). Skoraj vsi netopirji so izključno nočno aktivni (Speakman, 1991). Na svetu je do sedaj opisanih čez 1300 vrst netopirjev (Fenton in Simmons, 2015). V Sloveniji potrjeno živi 28 vrst netopirjev, ki pripadajo družinam podkovnjakov (Rhinolophidae), gladkonosih netopirjev (Vespertilionidae) in dolgokrilcev (Miniopteridae) (Presetnik in sod., 2009).

Mali podkovnjak, *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800), je ena izmed treh vrst podkovnjakov v Sloveniji (Presetnik in sod., 2009) in je med najbolj ogroženimi evropskimi vrstami netopirjev (Bontadina in sod., 2002; Motte in Libois, 2002). Poleg uničevanja zatočišč (Petrinjak, 2009) in krčenja njegovih prehranjevalnih habitatov (Motte in Libois, 2002), malega podkovnjaka ogroža tudi umetno osvetljevanje njegovih zatočišč (Downs in sod., 2003; Fure, 2006; Boldogh in sod., 2007; Stone in sod., 2009).

Mali podkovnjaki so poleti pri nas izrazito vezani na stavbe – večina porodniških kolonij se nahaja v zvonikih in na podstrešjih cerkva (Petrinjak, 2009). Številne cerkve so ponoči z zunanje strani osvetljene, a večinoma pretirano in tako, da večina svetlobe uhaja mimo objekta v nebo. Več raziskav je že pokazalo negativen vpliv umetne osvetlitve na obnašanje netopirjev (Downs in sod., 2003; Fure, 2006; Boldogh in sod., 2007; Stone in sod., 2009).

Umetna osvetlitev lahko negativno vpliva na populacijo malega podkovnjaka preko dveh mehanizmov. Čas izletavanja netopirjev iz zatočišč je povezan z jakostjo svetlobe. Mali podkovnjak izleti iz zatočišč kmalu po sončnem zahodu (Gaisler, 1963a; McAney in Fairley, 1988; Jones in Rydell, 1994; Stone in sod., 2009). Če so zatočišča osvetljena, je čas izletavanja lahko zakasnen (Duvergé in sod., 2000; Boldogh in sod., 2007), ko se številčnost njegovega glavnega plena v zraku že zmanjša (Jones in Rydell, 1994; Rydell in sod., 1996); s poznejšim izletom zamudi optimalen čas za prehranjevanje. Preko negativnega vpliva na žuželke pa umetna svetloba zmanjšuje tudi številčnost glavnega plena netopirjev (Boldogh in sod., 2007; Stone in sod., 2009).

V evropskem projektu Life+ “Življenje ponoči”, ki je potekal od 2010 do 2014, so spremenili osvetlitev izbranih cerkva, da bi ugotovili, ali lahko tako zmanjšajo vpliv

svetlobe na tam živeče male podkovnjake (Zagmajster, 2011). Za razumevanje morebitnega vpliva osvetlitve na netopirje pa je treba poznati tudi dinamiko številčnosti in obnašanje netopirjev na neosvetljenih zatočiščih, kjer neposrednega vpliva umetne zunanje osvetlitve na zatočišče ni. V naši nalogi smo primerjali obnašanja netopirjev ob večernem izletavanju iz treh parov geografsko bližnjih cerkva, pri katerih je bila po ena cerkev osvetljena, druga pa ne. V nalogi smo testirali naslednje hipoteze:

1. Čas večernega izletavanja netopirjev bo povezan s časom sončnega zahoda.
2. Netopirji bodo iz neosvetljenih cerkva izletavali prej kot iz osvetljenih.
3. Večerno izletavanje netopirjev se bo med različnimi preletnimi odprtinami iste cerkve razlikovalo, prej bodo izleteli iz manj osvetljenih odprtin ali tistih, ki bodo bližje vegetaciji. Pričakujemo, da bodo te razlike vidne tudi pri neosvetljenih cerkvah.
4. Ne glede na osvetljenost cerkva, bodo prisotne razlike v času izletavanja samic v času brežosti, v obdobju hranjenja neletečih mladičev in v obdobju, ko bodo mladiči sposobni leteti.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 OPIS VRSTE MALI PODKOVNJAK

#### 2.1.1 Sistematska uvrstitev

Netopirji (Chiroptera) so drugi največji red sesalcev, ki ga delimo na dve skupini – skupina, v katero spada tudi družina podkovnjakov (Rhinolophidae), se imenuje Pteropodiformes, njena sestrška skupina pa Vespertilioniformes (Dietz in sod., 2009). Za predstavnike družine podkovnjakov je najbolj značilna kompleksna kožno-hrstančna struktura v obliki podkve okoli nosnic (Dietz in sod., 2009). V družino uvrščamo le rod *Rhinolophus*, v katerem je bilo do zdaj opisanih 77 različnih vrst (Dietz in sod., 2009). V Evropi živi pet vrst, štiri so bile najdene v Sloveniji, a ena med njimi (*R. blasii*) je domnevno izumrla (Dietz in sod., 2009; Presetnik in sod., 2009).

#### 2.1.2 Morfologija in ehlokacija

Mali podkovnjak je najmanjši od evropskih podkovnjakov, z dolžino podlakti do 43 mm in težo 5-6 g (Dietz in sod., 2009). Barva kožuha je na hrbtni strani sivo do rumenkasto-rjava, na trebušni strani pa nekoliko svetlejša (Petrinjak, 2009). Mladiči so sive barve. Prhuti so zelo široke, kratke in zaokrožene, stopala so majhna. Ušesa so brez ušesnega poklopca, a imajo kožno strukturo, ki izrašča na bazi uhlja – antitragus (Dietz in sod., 2009). Hrstančno-kožnata struktura ob nosnicah je sestavljena iz več izrastkov; pod nosnicami in okoli nosnic je v obliki podkve, nad nosnicama pa je t.i. sedlo. Zgornji izrastek sedla je kratek in top, spodnji pa daljši in špičast. Pri malih podkovnjakih je bil opažen spolni dimorfizem, samci so nekoliko manjši od samic (Petrinjak, 2009).

Podkovnjaki oddajajo ehlokacijske klice v katerih prevladuje komponenta konstantne frekvence (CF), ki traja 10-120 ms, na začetku in koncu klica pa je kratek del FM (frekvenčno-modulirane) komponente (Neuweiler, 1989). Take klice imenujemo FM/CF/FM klici, ki omogočajo zelo dobro zaznavo ovir in plena v prostoru – tako tudi letelih žuželk med gosto vegetacijo (Neuweiler, 1989). Najglasnejši del ehlokacijskih klicev malih podkovnjakov je druga harmonična frekvenca, dolga do 60 ms in s konstantno frekvenco med 108 in 114 kHz (Dietz in sod., 2009). Podkovnjaki pri zaznavi okolice uporabljajo informacije o spremembi zvoka zaradi Dopplerjevega efekta, v zvezi s tem

imajo zelo specializiran slušni sistem za sprejemanje eholokacijskih klicev (Dietz in sod., 2009).

### **2.1.3 Razširjenost**

Mali podkovnjak se od vseh podkovnjakov v Evropi pojavlja najbolj severno – do zahodne Irske in jugo-zahodne Velike Britanije (Dietz in sod., 2009). Pogost je v Sredozemlju – najdemo ga v severni Afriki, na vseh večjih otokih v Sredozemskem morju in okoli Črnega morja. Živi tudi na Bližnjem Vzhodu, t.j. Iraku, Iranu in Arabskem polotoku, in delu vzhodne Afrike (Jacobs in sod., 2008; Dietz in sod., 2009).

V Sloveniji naseljuje vsa območja države, razen Pomurja, kjer ni jam in drugih primernih prezimovališč, in visokogorja Alp zaradi prenizkih temperatur (Petrinjak, 2009).

### **2.1.4 Prehranjevanje**

Mali podkovnjak se prehranjuje predvsem z dvokrilci, kožekrilci, majhnimi nočnimi metulji, mladoletnicami in pravimi mrežekrilci (McAney in Fairley, 1989; Dietz in sod., 2009; Lino in sod., 2014). Mali podkovnjak naj bi plen izbiral neselektivno oz. oportunistično (McAney in Fairley, 1989), vendar pa so Lino in sod. (2014) pokazali, da ni tako – čeprav se hrani s številnimi vrstami, pa aktivno izbira dvokrilce kot priljubljen plen.

Podkovnjaki imajo široke prhuti z ozkimi konicami. Zaradi tega imajo relativno počasen, vendar izredno okreten let (Neuweiler, 1989). Za male podkovnjake je značilen tako lov plena v zraku, kot tudi neposredno pobiranje plena s površin (Jones in Rydell, 1994). Prehranjuje se skoraj izključno v gozdnih sestojih (Bontandina in sod., 2002; Holzhaider in sod., 2002; Motte in Libois, 2002; Zahn in sod., 2007). Izogiba se prečkanju odprtih habitatov in lovi plen znotraj vegetacije, največkrat vzdolž odsekov gozda, grmovja in linije dreves (Neuweiler, 1989; Schofield, 1996; Motte in Libois, 2002; Zahn in sod., 2007). Med drevjem in grmovjem leti na višini 1-4 metra in nikoli več kot 1 meter stran od pasu zelenja (Motte in Libois, 2002). Dostopnost gozdnih površin, razdalja od zatočišča do gozda in bližina vode so pomembni dejavniki, ki vplivajo na izbiro lokacije rodniške kolonije (Schofield, 1996; Reiter, 2004a; Hercog, 2013; Dietz in sod., 2009).

Največkrat se prehranjuje v oddaljenosti do 600 metrov od zatočišča, redkeje pa tudi do 4,2 km stran od zatočišča (Bontadina in sod., 2002). Pogosto uporablja začasna nočna zatočišča, ki služijo zmanjšanju razdalje med dnevnimi zatočišči in območji prehranjevanja in počivanju ter prebavljanju hrane v času prehranjevanja (McAney in Fairley, 1988; Knight in Jones, 2009).

### **2.1.5 Zatočišča, razmnoževanje in življenjski cikel**

Netopirji se pariyo jeseni, ovulacija in razvoj zarodka pa se začneta spomladi, ko se samice prebudijo iz hibernacije (zimskega spanja). Samice se od maja naprej začnejo zbirati v porodniške kolonije, kjer skotijo mladiče in skrbijo za njih (Dietz in sod., 2009). V porodniških kolonijah malih podkovnjakov med samicami pogosto najdemo tudi odrasle samce, teh je lahko do 20 % (Dietz in sod., 2009). Porodniške kolonije v Sloveniji štejejo od 2 do 150 osebkov (Petrinjak, 2009), ponekod v Evropi pa števila presegajo 800 osebkov (Dietz in sod., 2009).

Poletna zatočišča malega podkovnjaka so na severnem delu njegovega areala največkrat na podstrešjih cerkva, gradov in zapuščenih hiš, proti jugu, kjer je topleje, pa jih pogosteje najdemo v jamah (Dietz in sod., 2009). V Sloveniji so porodniške kolonije predvsem na zvonikih in podstrešjih cerkva, v gradovih in manj obljudenih zgradbah. Izjemi sta le porodniški koloniji, ki so ju našli pod mostom v Črnem Kalu na Primorskem (Petrinjak, 2009) in v jami Pod kevdrom v zahodni Sloveniji (Presetnik in Kumar, 2012).

Samica skoti enega mladiča letno med sredino junija in sredino julija (Reiter, 2004b; Dietz in sod., 2009). Tri tedne po skotitvi mladiči že vadijo letanje znotraj zatočišča, po štirih tednih prvič zapustijo zatočišče, po šestih tednih pa postanejo popolnoma neodvisni od mame (Dietz in sod., 2009). Spolno zrelost samci in večina samic dosežejo šele drugo jesen po rojstvu, a le 15 % odraslih samic skoti mladiča že v prvem letu spolne zrelosti (Dietz in sod., 2009).

Večina samic zapusti poletna zatočišča v obdobju od avgusta do oktobra (Gaisler, 1963b). Obdobje pred hibernacijo je zelo pomembno – to je obdobje parjenja in tudi nabiranja zalog za prezimovanje (Dietz in sod., 2009). V obdobju od novembra do začetka marca (Hudoklin, 1999) prezimuje v jamah ali drugih podzemnih prostorih (rudnikih, kletih) pri



povprečni temperaturi okoli 7,3 °C (Petrijak, 2009). Med prezimovanjem se popolnoma ovije s prhutmi; zimo preživi v pravem zimskem spanju – zniža se mu telesna temperatura in tako prihrani ogromno potrebne energije (Dietz in sod., 2009).

Mali podkovnjak velja za t.i. sedentarno vrsto; razdalja med zimskimi in poletnimi zatočišči po navadi znaša med 5 do 10 km (Mitchell-Jones in sod., 1999). Med selitvami iz prezimovališč v poletna zatočišča in obratno lahko uporablja začasna zatočišča, kjer ostane le kratek čas (Gaisler, 1963b).

Povprečna življenjska doba malih podkovnjakov je 4-5 let (Dietz in sod., 2009), več kot 22 let pa je doživel samec najden v jami v Sloveniji, kar je tretja najvišja znana starost malega podkovnjaka na svetu (Presetnik in Trilar, 2013).

#### **2.1.6 Ogroženost in zakonsko varstvo**

Mali podkovnjak je ena izmed najbolj ogroženih evropskih vrst netopirjev (Bontadina in sod., 2002; Motte in Libois, 2002). Nekoč je njegova razširjenost segala do južne Nizozemske in južnega dela severne Nemčije vzdolž 51-52 ° severne geografske širine čez Nemčijo, Poljsko in Ukrajino. Po katastrofalnem upadu populacije v 1960h letih je izginil iz večine Nemčije, delov zahodne Francije, Poljske in Švice ter je izumrl na Nizozemskem in v Luksemburgu (Dietz in sod., 2009). Glavna razloga za upad populacije sta bila najverjetneje uničenje avtohtonih gozdnih površin, ključnih prehranjevalnih habitatov, in negativni učinki pesticidov (Bontadina in sod., 2000).

Na Rdečem seznamu IUCN ima oznako (LC) »najmanj ogrožena vrsta«, vendar je populacija v upadu (Jacobs in sod., 2008). V Sloveniji je populacija malega podkovnjaka glede na podatke s prezimovališč kot tudi kotišč v zadnjih desetih letih zmeroma narasla (a ne več kot 5 %) (Presetnik in sod., 2013), a se ponekod razmnoževalna populacija ni obnovila (Petrijak, 2009).

Male podkovnjake ogroža vznemirjanje na njihovih zatočiščih – prenove stavb v neustreznem času, zapiranje preletnih odprtih, vznemirjanje na zatočiščih (povečevanje jamskega turizma in tako motenje prezimovanja, ali motenje v obdobju, ko imajo samice mladiče) (Petrijak, 2009). Ogrožajo jih tudi raba pesticidov in spremembe naravne

krajine, kot je fragmentacija gozda in manjšanje količine mejic (Bontadina in sod., 2000; Motte in Libois, 2002). Na male podkovnjake negativno vpliva tudi umetno osvetljevanje njihovih zatočišč (Downs in sod., 2003; Fure, 2006; Boldogh in sod., 2007; Stone in sod., 2009).

Mali podkovnjak, kot vse vrste netopirjev v Sloveniji, je zavarovan z Uredbo o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Ur. l. RS, 2004a) in vključen v Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Ur. l. RS 2002). V tem ima status prizadete vrste.

Slovenija je podpisnica mednarodnih sporazumov: Banske konvencije oz. Konvencije o varstvu selitvenih vrst prostoživečih živali (Ur. l. RS 1998) in iz nje izhajajočega Sporazuma o varstvu netopirjev v Evropi – Sporazuma EUROBATS (Ur. l. RS 2003) ter Bernske konvencije oz. Konvencije o varstvu prostoživečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov (Ur. l. RS 1999a).

Mali podkovnjak je zavarovan tudi po Uredbi o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (Ur. l. RS 2004b), ki je bila sprejeta na podlagi Direktive o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst (Ur. l. RS 1992) – Direktive o habitatih. V Prilogi II so predlagana posebna varstvena območja – območja Natura 2000; 74 varstvenih območij je bilo opredeljenih prav za malega podkovnjaka (Ogorelec, 2007). V Prilogi IV pa so vrste, ki jih je treba v interesu skupnosti strogo varovati; sem spadajo tudi vsi slovenski netopirji.

Netopirji so vsebina naravnih vrednot (Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot; Ur. l. RS 2004c) in prebivalci ekološko pomembnih območij (Uredba o ekološko pomembnih območjih, Ur. l. RS 2004d). Na netopirje se nanašajo tudi Zakon o ohranjanju narave (uradno prečiščeno besedilo 2) (Ur. l. RS 2004e), Zakon o varstvu podzemnih jam (Ur. l. RS 2004f), Zakon o zaščiti živali (Ur. l. RS 1999b) in Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS 2004g).

Na male podkovnjake in njihova zatočišča, ki se nahajajo v objektih kulturne dediščine, se nanaša tudi Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Ur. l. RS 2007), ki določa omejitve za osvetljevanje kulturnih spomenikov.

## 2.2. VEČERNO IZLETAVANJE NETOPIRJEV IZ ZATOČIŠČ

Netopirji so nočno aktivne živali, razlag za to je več: ponoči se izognejo tveganju, da jih ujamejo dnevno-aktivne plenilske ptice, izognejo se tekmovanju za hrano z dnevno aktivnimi pticami in nevarnosti pregretja s sončno svetlobo, ker njihove prhuti absorbirajo ogromno toplote (Speakman, 1991, 1995; Dietz in sod., 2009). V hladnih obdobjih, ko je zvečer v zraku prisotnih manj žuželk, pa se nekatere vrste prehranjujejo tudi podnevi (Speakman, 1991, 1995).

Pred večernim izletom iz zatočišča poteka pri netopirjih faza socialnih interakcij, ki lahko traja 1-2 uri (Erkert, 1982, 1987). Temu sledi t.i. »obdobje preverjanja osvetljenosti«, ko netopirji s kratkimi leti ven in spet nazaj v zatočišče preverjajo zunanje razmere (DeCoursey in DeCoursey, 1964; Fure, 2006). Tako obnašanje je bilo opaženo tudi pri malih podkovnjakih (Gaisler, 1963a; McAney in Fairley, 1988; Ramovš in sod., 2010; Zagmajster, ustno).

### 2.2.1 Izbor preletnih odprtín

Če imajo netopirji na voljo več preletnih odprtín, izletijo iz zatemnjenih prej kot iz osvetljenih odprtín (Kunz, 1974) in tako zmanjšajo tveganje, da jih ujamejo plenilci (Speakman, 1991). Da bi zmanjšali izpostavljenost plenilcem, izletijo bolj zgodaj iz preletnih odprtín, ki se nahajajo v bližini gozdnatih površin, kot iz bolj izpostavljenih oz. odprtih zatočišč, kot so pokazali za velikega podkovnjaka (*R. ferrumequinum*) (Jones in sod., 1995, cit. po Duvergé in sod., 2000), obvodnega netopirja (*M. daubentonii*) (Rydell in sod., 1996) in tudi malega podkovnjaka (Duvergé in sod., 2000). Poleg svetlobe je pomemben dejavnik, ki vpliva na izletavanje, tudi fizična prisotnost plenilca. Ob prisotnosti plenilca oz. lutke plenilca pred zatočiščem in predvajanju njegovih klicev netopirji izletijo iz drugih preletnih odprtín, kot sicer (Fenton in sod., 1994).

Mali podkovnjak za vstop v zatočišče potrebuje ustrezno veliko odprtino, skozi katero lahko neovirano preleti (Mitchell-Jones in sod., 2004). Velikost preletne odprtine mora biti vsaj 5 x 15 cm (Hercog, 2013), najprimernejša velikost pa je 30 x 20 cm (Mitchell-Jones in sod., 2004).

## 2.2.2 Začetek in trajanje večernega izletavanja

Večerno prebuditev netopirjev iz dnevnega spanja kontrolira endogeni ritem, ki je sinhroniziran s 24-urnim svetlobnim ciklom (Erkert, 1982). Čas večernega izleta iz zatočišča je tudi pod vplivom zunanjih dejavnikov, kot je jakost svetlobe zunaj zatočišča (Gaisler, 1963a; Kunz, 1974; Erkert, 1982; McAney in Fairley, 1988), prisotnost plenilcev, vremenske razmere, velikost kolonije in reproduktivno obdobje.

### 2.2.2.1 Vpliv zunanje osvetljenosti zatočišč

Večerno izletavanje netopirjev je najbolj povezano s časom sončnega zahoda, saj s tem upada jakost svetlobe zunaj zatočišča (Kunz, 1974; Bullock in sod., 1987; Kunz in Anthony, 1996; Boldogh in sod., 2007). To velja tudi za male podkovnjake (Gaisler, 1963a; McAney in Fairley, 1988; Stone in sod., 2009).

Čas večernega izletavanja netopirjev naj bi se ujemal s časom največje aktivnosti njihovega plena (Erkert, 1982; Jones in Rydell, 1994), vendar je vsaj ponekod bolj ključna stopnja osvetlitve in s tem povezana izpostavljenost plenilskim pticam (Rydell in sod., 1996). Tudi v Skandinaviji je čas izletavanja netopirjev bolj povezan z zmanjšano osvetljenostjo, ki nastopi okoli polnoči, kot z viškom aktivnosti žuželk, ki nastopi v zgodnjem večeru (Rydell, 1992a).

Svetlobno onesnaženje je sprememba v osvetlitvi zaradi svetlobe človeškega izvora (Cinzano in sod., 2001). V zadnjih šestih desetletjih se je globalno povišanje umetne svetlobe bistveno povečalo (6% povišanje na leto), spremenil se je tudi njen barvni spekter (Hölker in sod., 2010). Več raziskav je že pokazalo negativen vpliv umetne osvetlitve na obnašanje netopirjev (Downs in sod., 2003; Fure, 2006; Boldogh in sod., 2007; Stone in sod., 2009). Umetno osvetljevanje zatočišč lahko vpliva na prehranjevanje netopirjev, njihovo obnašanje v zatočišču in ob večernem izletavanju (Downs in sod., 2003). Visoka intenziteta svetlobe lahko oslabi netopirjev vid in povzroči motnje v naravnih vzorcih premikanja in lova (Fure, 2006). Svetlobno onesnaženje lahko spremeni letalne poti netopirjev (Fure, 2006; Stone in sod., 2009). Izletavanje se začne kasneje v zatočiščih, ki so osvetljena (DeCoursey in DeCoursey, 1964; Erkert, 1982; Boldogh in sod., 2007).

Podaljša se tudi čas izletavanja (Boldogh in sod., 2007). Umetna osvetlitev lahko zakasni rojstvo in rast mladičev (Boldogh in sod., 2007).

Vpliv pa je tudi posreden. Dnevno aktivne živali pod vplivom umetne svetlobe npr. podaljšajo svojo aktivnost, kar pripelje do povišanega plenilskega pritiska na nočno aktivne živali vključno z netopirji (Hölker in sod., 2010). Dalje, veliko žuželk močno privlači svetloba (Rydell, 1992b). Mnogo žuželk na umetnih virih svetlobe obsedi ali umre od izčrpanosti, kar zmanjša njihovo številčnost (Hölker in sod., 2010). Nekatere vrste netopirjev izkoriščajo zbiranje žuželk okoli virov svetlobe oz. luči in prilagodijo lovno strategijo (Rydell, 1991, 1992b; Arlettaz in sod., 2000). Plen okoli luči izkoriščajo predvsem hitro leteče vrste netopirjev (Svensson in Rydell, 1998), medtem ko se mali podkovnjaki ne prihajajo hranit k lučem (Arlettaz in sod., 2000). V Švici domnevajo, da so se mali netopirji (*P. pipistrellus*) na račun prehranjevanja ob lučeh razširili, medtem ko se je razširjenost malih podkovnjakov zmanjšala, saj njihov potencialni plen iz gozdnih habitatov izvablja luči – tam pa ga uspešno lovijo mali netopirji (Arlettaz in sod., 2000).

V okviru evropskega projekta Life+ »Življenje ponoči« so ugotavljali, ali lahko prirejena osvetlitev cerkva zmanjša škodljive učinke umetnega osvetljevanja na nočne živali – nočne metulje in netopirje (Zagmajster, 2013). Na izbranih cerkvah so zamenjali stare reflektorje z novimi reflektorji, ki imajo kontroliran snop svetlobe, svetijo manj intenzivno in v omejenem svetlobnem spektru (brez UV, en tip luči tudi brez modrega spektra; Zagmajster, 2013). V nekaj primerih so potrdili pozitiven učinek prirejene osvetlitve na male podkovnjake. Netopirji so iz cerkve s prirejeno osvetlitvijo izleteli prej kot takrat, ko je imela originalno osvetlitev. Čas izletavanja je bil krajši pri cerkvah s prirejeno osvetlitvijo. Tip osvetlitve je vplival tudi na uporabo preletnih odprtin. Zanimivo, pri nekaterih cerkvah sprememba osvetlitve ni vplivala na izlet netopirjev (Zagmajster, 2013).

#### 2.2.2.2 Vpliv vremenskih razmer

Na čas večernega izletavanja vplivajo sezonske in klimatske razmere. Večerno izletavanje je glede na sončni zahod relativno zgodnejše spomladi in v poznem poletju oz. jeseni, kasnejše pa poleti (Kunz, 1974; Erkert, 1982; Kunz in Anthony, 1996). To je bilo zabeleženo tudi za male podkovnjake (McAney in Fairley, 1988). Pri višjih temperaturah

netopirji izletijo kasneje (Frick in sod., 2012) ali pa jih je izletelo več (Warren in Witter, 2002). Če temperatura pade pod določeno kritično mejo, netopirji sploh ne izletijo in se ne prehranjujejo (Erkert, 1982), kar je povezano z aktivnostjo žuželk (Yela in Holyoak, 1997).

Večerno izletavanje se lahko začne bolj zgodaj na oblačne kot jasne večere (Herreid in Davis, 1966; Kunz, 1974; Erkert, 1982, 1987; McAney in Fairley, 1988; Kunz in Anthony, 1996). Močan dež in veter zakasnit ali zmotita izletavanje – netopirji izletijo kasneje ali pa sploh ne (Gaisler, 1963a; DeCoursey in DeCoursey, 1964; Erkert, 1982, 1987; McAney in Fairley, 1988; Kunz in Anthony, 1996). Rahel dež ali šibak veter nimata večjega vpliva na izletavanje (Erkert, 1982).

#### 2.2.2.3 Vpliv velikosti kolonije

Pri malem netopirju in malih podkovnjakih traja izletavanje dlje v koloniji z več osebki (Swift, 1980; McAney in Fairley, 1988; Warren in Witter, 2002). McAney in Fairley (1988) sta pokazala tudi pozitivno korelacijo med velikostjo kolonije in časom medianega izleta pri malem podkovnjaku; številčnejše kolonije so izletele kasneje.

Izletavanje netopirjev ne poteka vedno enakomerno; pri nekaj vrstah so opazili t.i. izbruhe povečane aktivnosti – obdobje, ko v zelo kratkem času izleti veliko število osebkov, ki mu sledi obdobje z manj izletelimi netopirji (Swift, 1980). Izbruhi povečane aktivnosti so pogostejši pri večjih kolonijah in pri zatočiščih z ožjimi preletnimi odprtini (Kunz, 1974, Bullock in sod., 1987). Pri malih podkovnjakih na Irskem tovrstnih izbruhov niso opazili (McAney in Fairley, 1988).

#### 2.2.2.4 Vpliv reproduktivnega obdobja

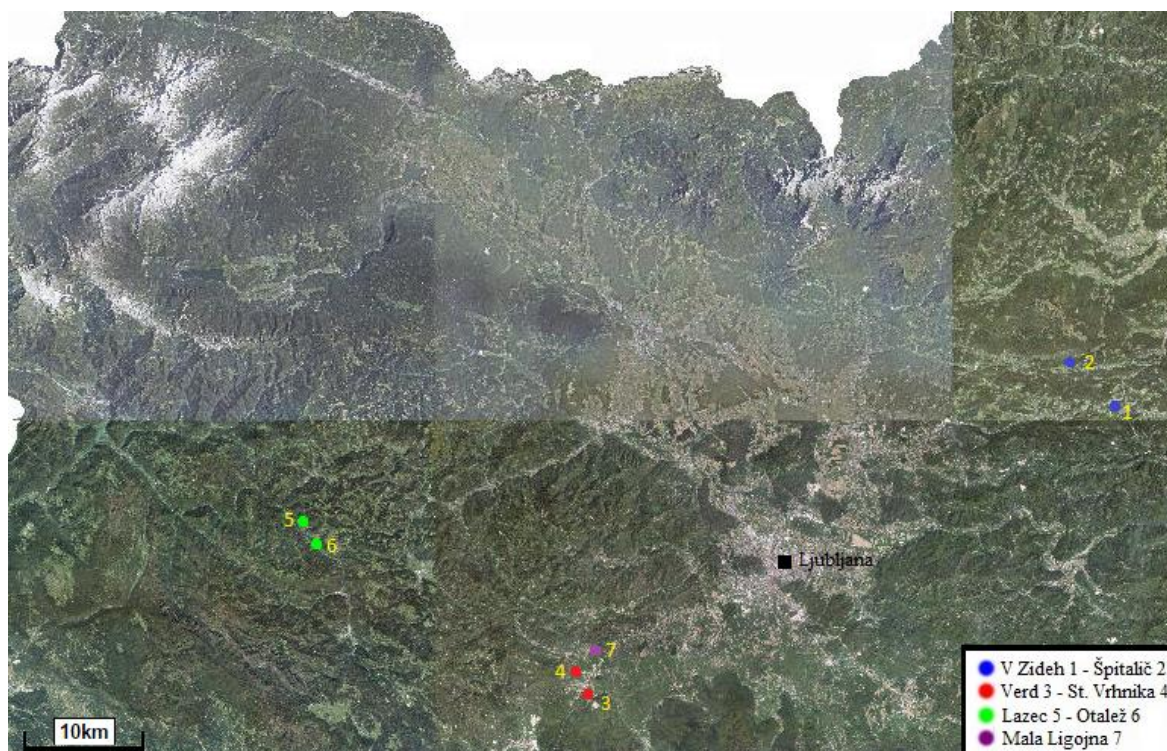
Energetske zahteve samic so v času brejosti in dojenja povečane (Kunz, 1974; Kurta in sod., 1989; Kunz in sod., 1995), hkrati pa so v pozni brejosti manj okretne, manj spretno v letu in tako tudi manj uspešne pri lovu (Kunz, 1974; Hughes in Rayner, 1991). Tako je izletavanje samic v pozni brejosti kasnejše, v obdobju dojenja pa postaja postopoma zgodnejše (Duvergé in sod., 2000). Opaženo pa je bilo tudi obratno (Kunz, 1974), ali pa da razlik v času izletavanja brejih in doječih samic ni bilo (Kunz in Anthony, 1996).

Tri tedne po rojstvu so mladiči sposobni preleteti majhne razdalje znotraj zatočišča (Reiter, 2004a; Dietz in sod., 2009), po štirih tednih pa prvič zapustijo zatočišče (Dietz in sod., 2009). Odraslim podoben čas izleta in lov plena pri mladičih opazimo dva tedna po tem, ko prvič zapustijo zatočišče (Kunz, 1974; Kunz in Anthony, 1996).

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1. OPIS IZBRANIH CERKVA

V okviru projekta Življenje ponoči Life+ so izbrali 9 cerkva, na katerih so spreminjali zunanjo osvetlitev skozi tri leta (Zagmajster, 2011). Vsaka cerkev je bila v enem izmed treh let osvetljena z originalno osvetlitvijo, v drugih dveh letih pa z reflektorjem, ki je svetil z manjšo jakostjo in različnim tipom svetlobe – enkrat rumenkasto, drugič modrikasto; zaporedje različnih osvetlitev pa je bilo na vsaki cerkvi drugačno (Zagmajster, 2013, 2014). Po tri cerkve, na katerih so spreminjali osvetlitev, so bile razporejene v t.im. trojčke: v okolici Vrhnike, Cerknega in Trojan (Zagmajster, 2014). V naši nalogi smo primerjali po eno cerkev iz vsakega trojčka s cerkvijo brez zunanje osvetlitve (Sl. 1; Pregl. 1). Cerkvi na Stari Vrhniki in v Špitaliču sta bili v letu naših opazovanj osvetljeni z običajno osvetlitvijo, cerkev v Otaležu pa s prirejeno, modrikasto. Eksperimentalna cerkev, na kateri smo izvedli eksperiment z ugašanjem osvetlitve, ni bila del nobenega trojčka, nahajala pa se je v bližini Vrhniskega trojčka.



**Slika 1: Lokacije parov cerkva z zunanjo osvetlitvijo in brez zunanje osvetlitve ter eksperimentalna cerkev. V Zideh, Verd, Lazec – neosvetljene cerkve; Špitalič, Stara Vrhnika, Otalež – osvetljene cerkve; Mala Ligojna – eksperimentalna cerkev.**



Geografski podatki o cerkvah so predstavljeni v Pregl. 1; v nadaljevanju naloge bomo cerkve na kratko imenovali po krajih, kjer se nahajajo, in ne po svetnikih.

**Preglednica 1: Seznam cerkva, na katerih smo opazovali izletavanje netopirjev v letu 2013, s podatki o osvetljenosti in paru, kateremu pripadajo. Oznake pomenijo: Osv. – osvetljenost preletnih odprtin; NMV – nadmorska višina; Razd. drevo – razdalja med cerkvijo in najbližjim drevesom oz. mejico (\*m); Razd. gozd - razdalja med cerkvijo in najbližjim gozdom. Podane so Gauss-Krueger koordinate. Podatke o nadmorski višini in Gauss-Krueger koordinate smo dobili iz spletne aplikacije Atlas okolja (Atlasa okolja, 2015). Razdaljo do najbližjega drevesa, mejice in gozda smo pridobili iz spletne aplikacije Geopedia (2015).**

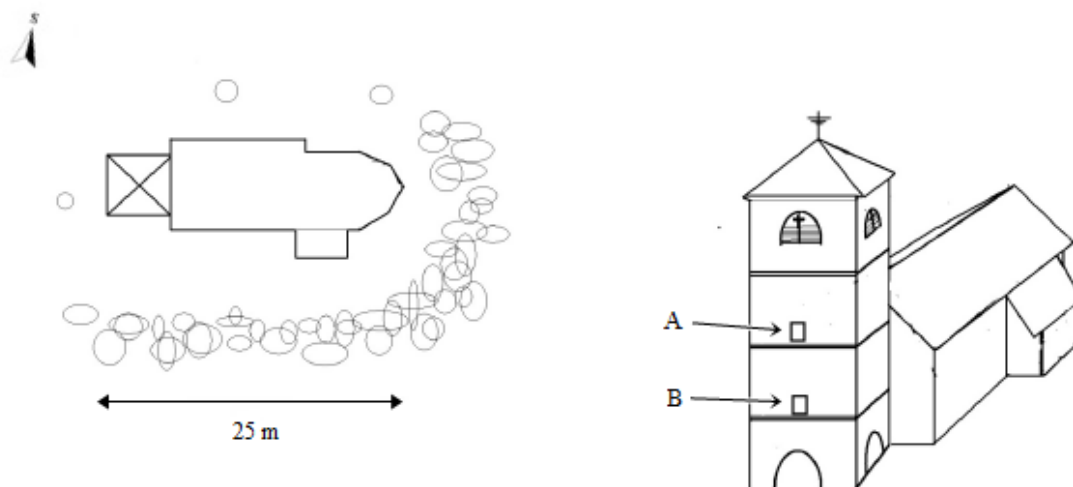
| Trojček/<br>par | Št. | Ime cerkve            | Vas           | Najbližji kraj | Osv.      | X, Y           | NMV [m] | Razd. drevo [m] | Razd. gozd [m] |
|-----------------|-----|-----------------------|---------------|----------------|-----------|----------------|---------|-----------------|----------------|
| Trojane         | 1   | Sv. Mohor in Fortunat | V Zideh       | Trojane        | NE        | 115750, 492134 | 487,2   | 2               | 40             |
|                 | 2   | Marijinega obiskanja  | Špitalič      | Trojane        | DA        | 119226, 488375 | 508     | 2               | 225            |
| Vrhnika         | 3   | Sv. Anton             | Verd          | Vrhnika        | NE        | 90316, 446136  | 295,4   | 3               | 70             |
|                 | 4   | Sv. Lenart            | Stara Vrhnika | Vrhnika        | DA        | 92688, 444693  | 324,4   | 24*m            | 70             |
| Cerkno          | 5   | Sv. Jurij             | Lazec         | Cerkno         | NE        | 105692, 420831 | 550,6   | 6               | 35             |
|                 | 6   | Sv. Katarina          | Otalež        | Cerkno         | DA        | 104411, 422359 | 604     | 14              | 75             |
| /               | 7   | Sv. Lenart            | Mala Ligojna  | Vrhnika        | DA/<br>NE | 94753, 446666  | 359,3   | 4               | 100            |

Podatki o velikosti preletnih odprtin so podani v Pregl. 2, opisi neposredne okolice cerkva so podani v Prilogi B.

**Preglednica 2: Velikosti zunanjih preletnih odprtih na vseh opazovanih cerkvah (širina in višina oz. premer), podane v centimetrih; vrednosti so zaokrožene. Za imena odprtih in njihov položaj glej slike pri odstavkih z opisi cerkva. Za pregled prehodnosti med notranjimi prostori glej Pril. A – Pregl. A1. Oznake pomenijo: Št. odprt. – število odprtih posamezne cerkve, dovolj velikih za prelet netopirjev; Azg, Bzg, Fzg, Gzg – odprtine nad odprtinami A, B, F in G na cerkvi v Otaležu; rozeta – odprtina v obliki rozete na cerkvi v Otaležu, sestavljena iz več posameznih odprtih; podana je velikost enega dela znotraj rozete; d – premer; el. – elipsa; odprt. – odprtine; ogr. - ograja.**

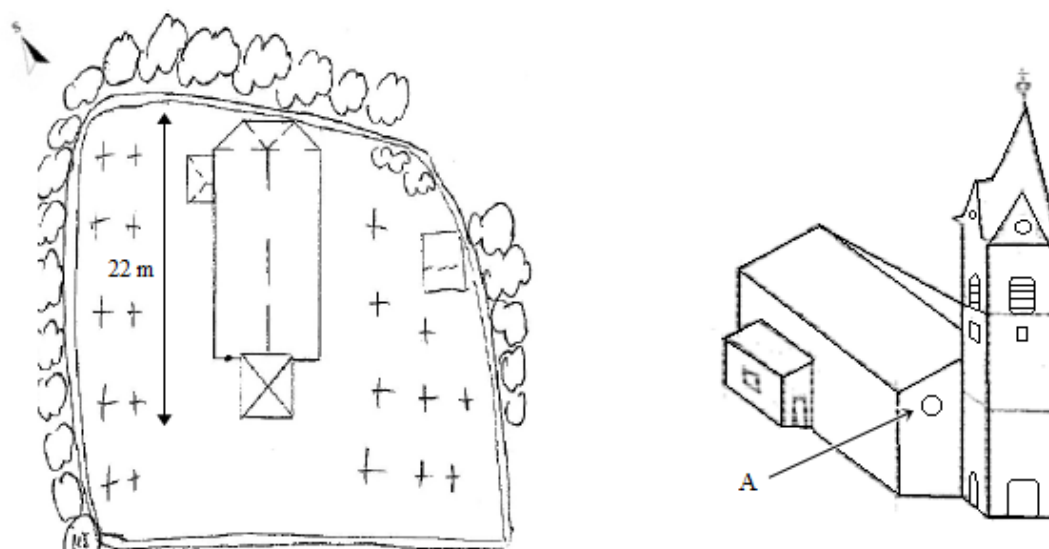
| Cerkev        | Št. odprt. | Podstrešje  | Zvonik pod zvonovi                              | Zvonik pri zvonovih in nad njimi   |
|---------------|------------|---|---|--|
| V Zideh       | 2          | /   | A: 30 x 30 cm<br>B: 30 x 60 cm                  | okna zaprta s polkni; odprt. max. 2 cm   |
| Verd          | 1          | A: d = 42 cm  | /   | okna zaprta s polkni; odprt. max. 2 cm   |
| Lazec         | 3          | C: el. 50 x 48  | A: 20 x 47 cm<br>B: 22 x 48 cm                  | odprta okna; odprt. 125 x 145 cm; ogr. do 80 cm višine   |
| Špitalič      | 3          | A: d = 55 cm<br>B: d = 55 cm<br>C: 30 x 10 cm               | /   | okna zaprta s polkni; odprt. 25 x 7 cm   |
| Stara Vrhnika | 3          | A: el. 30 x 20 cm<br>B: el. 30 x 25 cm<br>C: el. 30 x 25 cm | /   | okna zaprta s polkni; odprt. 15 x 4 cm   |
| Otalež        | 12         | Rozeta: 30 x 11 cm  | C: 25 x 35 cm<br>D: 25 x 35 cm<br>E: 25 x 35 cm | A, B, F, G: 2 odprt. 60 x 200 cm; ogr. do 125 cm višine<br>Azg, Bzg, Fzg, Gzg: 25 x 45 in d=30 |
| Mala Ligojna  | 2          | /   | A: 15 x 40 cm<br>B: 15 x 40 cm                  | okna zaprta s polkni; odprt. max. 2 cm   |

**Cerkev V Zideh** je neosvetljena cerkev para Trojane. Prehod med zvonikom in podstrešjem cerkve je odprt (Priloga A - Pregl. A1). Prehod na vrh zvonika je odprt. Zvonik nima zvonov, prehod na podstrešje zvonika je odprt. Okna v vrhu zvonika so zaprta s polkni in so neprehodna za netopirje. Nižje v zvoniku sta dve preletni odprtini (Sl. 2) – odprtina A (Pregl. 2) je v enaki višini kot odprtina, ki povezuje podstrešje in zvonik, odprtina B pa je nadstropje nižje; obe sta obrnjeni na zahod.



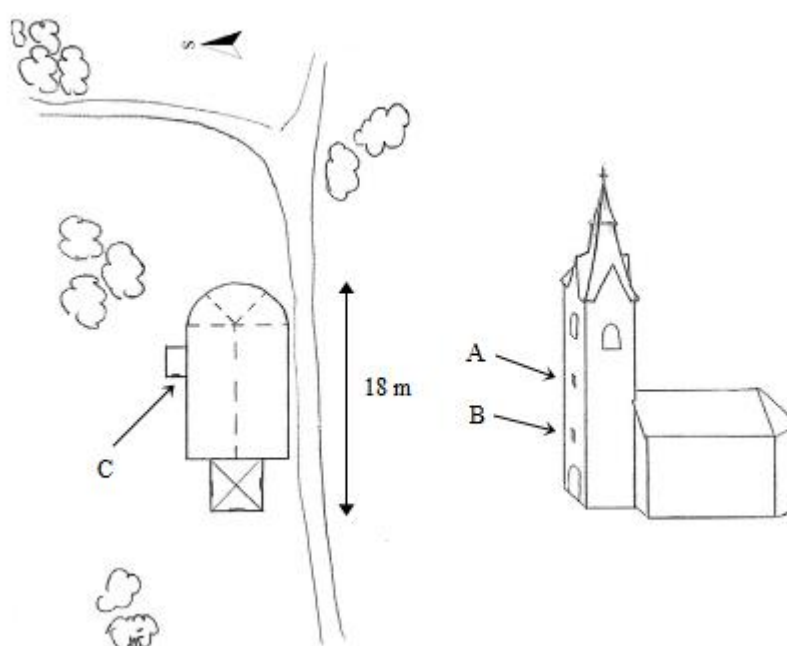
**Slika 2:** Tloris in skica cerkve V Zideh z označenima preletnima odprtinama (A in B) ter grmičevjem v bližini. Skica povzeta iz Popisnega lista B Life+ projekta »Življenje ponoči« (Zagmajster, 2014).

**Cerkev v Verdu** je neosvetljena cerkev para Vrhnika. Prehod med zvonikom in podstrešjem cerkve je odprt (Priloga A - Pregl. A1). Prehod na vrh zvonika, kjer so zvonovi, je odprt; prisotna so štiri okna, zastrta s polkni. Prehod na podstrešje zvonika je odprt. Edina preletna odprtina A (Sl. 3) je na podstrešju, na jugozahodnem delu (Pregl. 2).



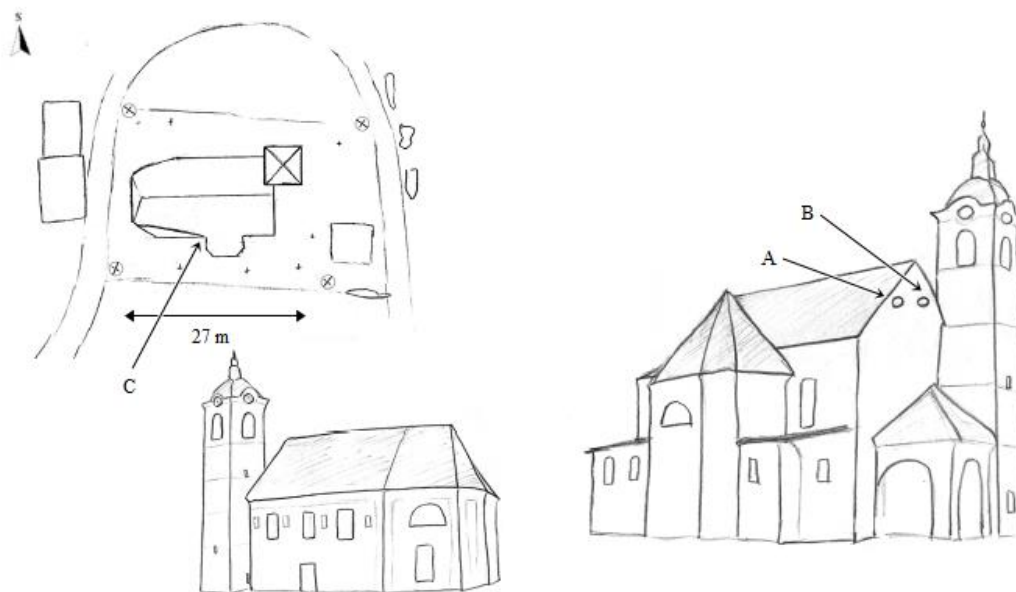
**Slika 3:** Tloris in skica cerkve v Verdu z označeno preletno odprtino (A) ter grmičevjem v bližini. Skica povzeta iz Popisnega lista B Life+ projekta »Življenje ponoči« (Zagmajster, 2014).

**Cerkev v Lazcu** je neosvetljena cerkev para Cerkno. Prehod med podstrešjem in zvonikom cerkve je odprt (Priloga A - Pregl. A1), prav tako prehod med podstrešjem in prizidkom. Prehod na vrh zvonika, kjer so zvonovi, je zaprt. V prostoru z zvonovi so štiri odprtine (Pregl. 2). Prehod nad zvonove je odprt. V zvoniku sta dve preletni odprtini (Sl. 4) – odprtina B je v enaki višini, kot prehod na podstrešje, odprtina A pa eno nadstropje višje. Obe odprtini sta obrnjeni na zahod. V prizidku je preletna odprtina C in je obrnjena proti zahodu.



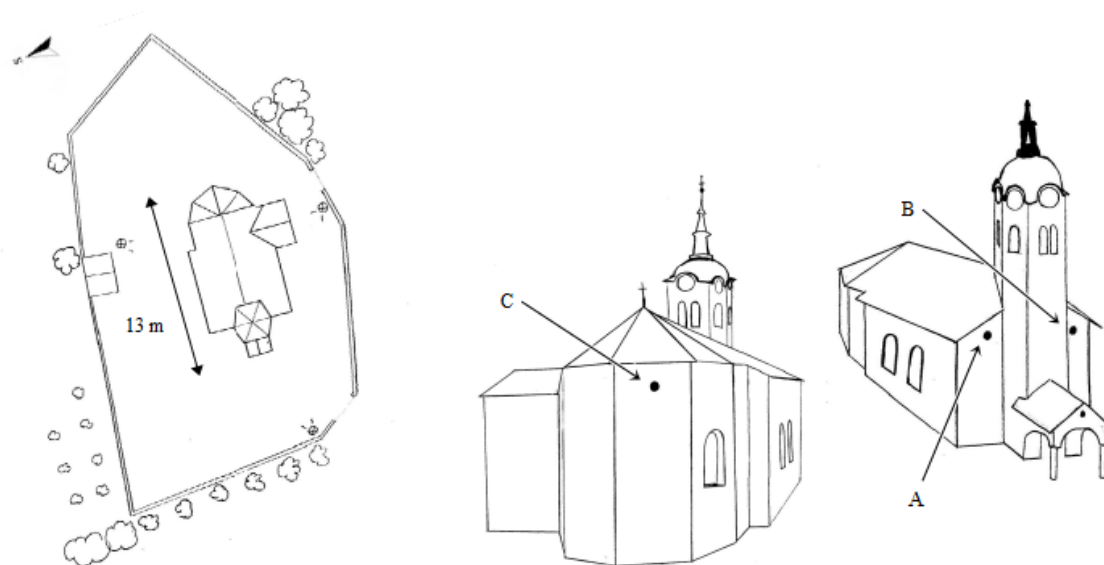
**Slika 4:** Tloris in skica cerkve v Lazcu z označenimi preletnimi odprtinami (A, B in C) ter grmičevjem v bližini. Vir skice: Presetnik in sod., 2008, povzeto iz Popisnega lista B Life+ projekta »Življenje ponoči« (Zagmajster, 2014).

**Cerkev v Špitaliču** je osvetljena cerkev para Trojane. Prehod med podstrešjem in zvonikom cerkve je odprt (Priloga A - Pregl. A1), prav tako prehod med podstrešjem in prizidkom. Na podstrešju sta preletni odprtini A in B (Pregl. 2; Sl. 5), obrnjeni proti vzhodu. Odprtina C se nahaja na južni strani cerkve, na meji med glavnim delom cerkve in prizidkom. Prehod na vrh zvonika, kjer so zvonovi, je odprt; v prostoru so 4 okna s polkni, ki so razprta. Prehod nad zvonove je odprt. Cerkev osvetljujejo štirje reflektorji, ki se nahajajo severozahodno, jugozahodno, severovzhodno in jugovzhodno.



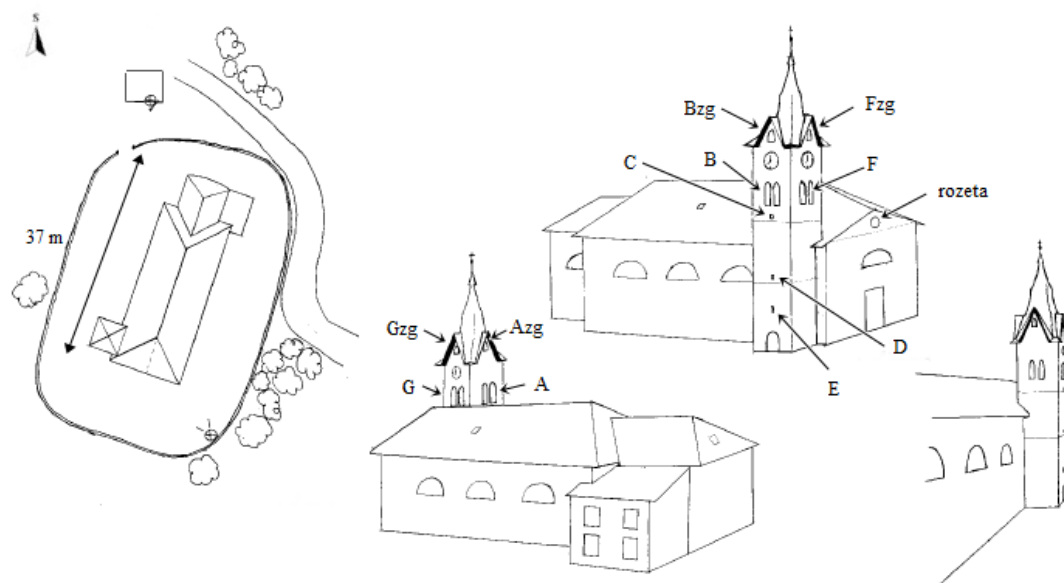
**Slika 5: Tloris in skica cerkve v Špitaliču z označenimi preletnimi odprtini (A, B in C) ter grmičevjem v bližini. Znak križec v krogu označuje reflektor. Skica povzeta iz Popisnega lista B Life+ projekta »Življenje ponoči« (Zagmajster, 2014).**

**Cerkev na Stari Vrhniki** je osvetljena cerkev para Vrhnika. Prehod med zvonikom in podstrešjem cerkve je zaprt (Priloga A - Pregl. A1). Na podstrešju so tri preletne odprtine (Pregl. 2; Sl. 6); odprtini A in B sta obrnjeni na zahod, odprtina C pa na vzhod. Prehod na vrh zvonika je zaprt, prehod na podstrešje zvonika pa je odprt. Trije reflektorji cerkev osvetljujejo z južne, severne in zahodne strani.



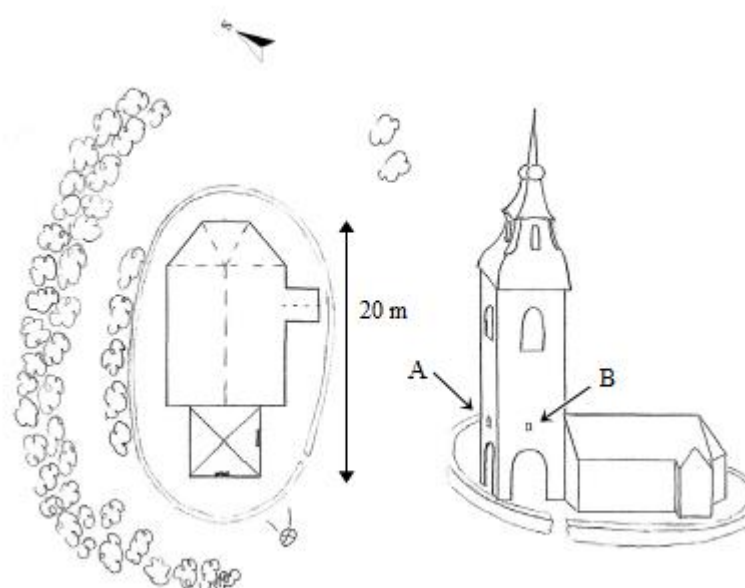
**Slika 6:** Tloris in skica cerkve na Stari Vrhniki z označenimi preletnimi odprtinami (A, B in C) ter grmičevjem v bližini. Znak križec v krogu označuje reflektor. Skica povzeta iz Popisnega lista B Life+ projekta »Življenje ponoči« (Zagmajster, 2014).

**Cerkev v Otaležu** je osvetljena cerkev para Cerčno. Prehod med podstrešjem in zvonikom cerkve je odprt (Priloga A - Pregl. A1). Na podstrešju je ena preletna odprtina v obliki »rozete« (Pregl. 2; Sl. 7), ki je obrnjena proti jugozahodu; znotraj rozete je več odprtin. Prehod do prostora z zvonovi je odprt; odprt je tudi prehod na podstrešje zvonika. Na severozahodni strani zvonika so prisotne preletne odprtine C, D in E, ki si sledijo po zvoniku navzdol. V prostoru pri zvonovih sta na vseh 4 straneh zvonika prisotni po dve podolgovati, zgoraj polkrožni odprtini. Po dve odprtini, ki sta na isti strani zvonika, smo poimenovali kot isto; to so odprtine A, B, F in G. Odprtina A je obrnjena na severovzhod, odprtina B na severozahod, odprtina F na jugozahod in odprtina G na jugovzhod. Nad vsako izmed omenjenih odprtin je prisotna še ena preletna odprtina, sestavljena in dveh podolgovatih, zgoraj polkrožnih odprtin in ene okrogle odprtine. Te 4 odprtine smo poimenovali Azg (A zgoraj), Bzg, Fzg in Gzg. Dva reflektorja sta postavljena na severozahodni in jugovzhodni strani cerkve.



**Slika 7: Tloris in skica cerkve v Otaležu z označenimi preletnimi odprtinami (A, B, C, D, E, F, G, Azg, Bzg, Fzg, Gzg, rozeta) ter grmičevjem v bližini. Znak križec v krogu označuje reflektor. Skica povzeta iz Popisnega lista B Life+ projekta »Življenje ponoči« (Zagmajster, 2014).**

**Cerkev na Mali Ligojni** je eksperimentalna cerkev in ni del nobenega para. Prehoda med zvonikom cerkve in glavnim delom stavbe ni. Prehod na vrh zvonika, kjer so zvonovi, je odprt; tam so prisotne 4 odprtine, zaprte s polkni. Prehod nad zvonove je odprt (Priloga A - Pregl. A1). V zvoniku sta dve preletni odprtini (Sl. 8); odprtina A (Pregl. 2) je obrnjena proti jugozahodu, odprtina B pa proti jugovzhodu. En reflektor osvetljuje cerkev z jugozahodne strani. Svetloba, ki jo oddaja reflektor, je oranžne barve.



**Slika 8:** Tloris in skica cerkve na Mali Ligojni z označenima preletnima odprtinama (A in B) ter grmičevjem v bližini. Znak križec v krogu označuje reflektor. Vir skice: Presetnik in sod., 2008, povzeto iz Popisnega lista B Life+ projekta »Življenje ponoči« (Zagmajster, 2014).

## 3.2 TERENSKO DELO

### 3.2.1 Dnevni popis netopirjev v cerkvah

Dnevni popisi netopirjev na cerkvenih podstrešjih in zvonikih so potekali v dopoldanskih in popoldanskih urah. Vsak pregled smo zaključili najmanj 2 uri pred sončnim zahodom, da so se netopirji pomirili in da obiski cerkva niso vplivali na njihovo večerno izletavanje.

Za iskanje netopirjev smo uporabili čelne svetilke in včasih tudi halogenske ročne reflektorje (Conrad Electronic). Da bi netopirje čim manj vznemirjali, smo na čelnih svetilkah nastavili rdečo svetlobo (Downs in sod., 2003), medtem ko so reflektorji svetili le z belo svetlobo. Zabeležili smo število odraslih netopirjev, število mladičev, ki so bili še na samicah, in število samostojnih visečih mladičev za vsak del cerkve posebej (podstrešje, zvonik, predel nad zvonovi,...). Mladiče smo od rjavih samic razlikovali po sivem kožuhu (Dietz in sod., 2009); za to razločevanje smo za čim krajši čas uporabljali svetila z belo svetlobo.





**Slika 9: Skupina malih podkovernjakov na podstrešju cerkve na Stari Vrhniki poleti 2013 (Foto: Nastja Kosor).**

Na vseh cerkvah razen na eksperimentalni, smo z avtomatskimi higro-termometri Telehum (Euromix d.o.o.) beležili temperaturo in vlago v 10 minutnih intervalih. Osvetljene cerkve so imele nameščene merilce v več različnih prostorih, na neosvetljenih pa so bili postavljeni v delih, kjer so bili najpogosteje opaženi mali podkovernjaki v opazovanjih iz preteklih let. Na nobenem pregledu nismo opazili, da bi kak netopir visel na merilcu, ti so bili večinoma postavljeni na za male podkovernjake nedostopna mesta (npr. na gornji del trama). Tako lahko morebitni vpliv na meritve zaradi direktnega stika z netopirji izločimo. Ponekod nam zaradi tehničnih težav manjka po nekaj dni meritev, vendar je bilo teh celokupno še vedno dovolj, da smo podatke lahko uporabili v analizah. Na vsakem dnevnem pregledu smo v delu cerkve, kjer so se nahajali netopirji, temperaturo izmerili tudi s prenosnim digitalnim termometrom (WS-8117 IT, Technoline, ltd.).

### **3.2.2 Večerno izletavanje netopirjev iz zatočišč**

Opazovanje večernega izletavanja netopirjev smo večinoma izvedli na isti dan kot dnevni pregled zatočišč, le izjemoma smo v primeru dežja opazovali dan ali dva kasneje.

Opazovanja smo pričeli 30 minut pred sončnim zahodom, zaključili pa, ko vsaj 15 minut nismo zabeležili nobenega izleta netopirjev. Opazovali smo vse preletne odprtine, zato smo morali pri nekaterih cerkvah (Lazec, Otalež, Špitalič in Stara Vrhnika) opazovati z različnih mest ob pomoči več opazovalcev. Beležili smo vsak izlet in povratek netopirjev iz vsake odprtine, dogodke pa zapisovali v 15 sekundne intervale. Metodo smo povzeli po protokolu, uporabljenem v projektu Life+ Življenje ponoči (Zagmajster, 2011). Zabeležili smo si čas prižiga zunanjih reflektorjev na zunanje osvetljenih cerkvah. Pri štetju netopirjev na cerkvah brez zunanje osvetlitve smo si pomagali tudi z ultrazvočnim detektorjem Pettersson D200 (Pettersson Elektronik AB), ki smo ga postavili pod preletno odprtino. Nastavljen je bil na frekvenco 110 kHz, na kateri se oglašajo mali podkovnjaki (Dietz in sod. 2009). S tem smo lahko tudi razlikovali male podkovnjake od drugih vrst netopirjev, ki so bile prisotne na nekaterih cerkvah. Nekajkrat smo si pri opazovanjih pomagali s čelno lučko rdeče svetlobe. Za vsako opazovanje smo si izrisali pot netopirjev od posamezne preletne odprtine do mesta, kjer smo jih še lahko videli.

Ob vsakem opazovanju smo z digitalnim prenosnim termometrom merili zunanjo temperaturo zraka in opisno zabeležili vremenske razmere (oblačnost, prisotnost in jakost vetra...). Temperaturo zraka smo izmerili trikrat – ob sončnem zahodu, ob prvi aktivnosti malih podkovnjakov (izlet s povratkom ali direkten izlet) in ob zaključku opazovanja ter si vsakič zabeležili tudi vremenske razmere.

Podatke o zunanjih temperaturah za izbrane datume smo pridobili tudi iz najbližjih samodejnih merilnih postaj Agencije RS za okolje (ARSO). Za cerkvi v Lazcu in Otaležu smo podatke dobili iz meteoroloških postaj Boršt pri Gorenji vasi in Idrija – čistilna naprava, za cerkvi v Verdu in na Stari Vrhniki iz meteoroloških postaj v Ljubljani in Logatcu, za cerkvi V Zideh in Špitaliču pa iz meteorološke postaje v Čemšeniku. Temperature na postajah v Čemšeniku in v Logatcu so beležene vsako uro, na postajah v Ljubljani, Idriji in Borštu pa vsake pol ure.

Na vsaki cerkvi smo izmerili osvetljenost vseh preletnih odprtin in sicer vsaj 1,5 ure po sončnem zahodu. Svetlost smo izmerili z ročnim luxmetrom T-10 (Minolta), ki smo ga postavili na sredino preletne odprtine in usmerili pravokotno proti tlom, proti nebu, in v smeri reflektorja oz. cestne svetilke, če sta bila prisotna. Vsako smer meritve smo ponovili

trikrat, upoštevali pa smo le povprečje treh meritev ob držanju luxmetra na sredi odprtine pravokotno na tla.

### 3.2.3 Časovni potek opazovanj

Dnevni pregledi zatočišč in opazovanje večernega izletavanja malih podkovnjakov iz vseh cerkva v parih so potekali od sredine maja do konca septembra 2013. Na vsaki od cerkva smo opravili po 10 dnevnih pregledov in po 10 večernih opazovanj izletavanja (Pregl. 3).

**Preglednica 3: Zaporedni tedni opazovanja in dejanski datumi opazovanja na vseh treh neosvetljenih in osvetljenih cerkvah v letu 2013. Datumi, ko smo večerno izletavanje opazovali na drug dan kot dnevni pregled, so zapisani v oklepaju. Dnevne preglede za Verd, Staro Vrhniko, Lazec in Otalež smo največkrat opravili na isti dan in potem zvečer opazovali izletavanje v Lazcu in Otaležu, večer kasneje pa v Verdu in Stari Vrhniki. Okrajšave pomenijo: n – neosvetljena cerkev, o – osvetljena cerkev.**

| teden | V Zideh (n)     | Špitalič (o)    | Verd (n)        | St. Vrhnika (o) | Lazec (n)       | Otalež (o)      |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 19. 5.          | 19. 5.          | 21. 5.          | 20. 5. (21. 5.) | 20. 5.          | 20. 5.          |
| 3     | 2. 6.           | 2. 6.           | 3. 6. (4. 6.)   | 3. 6. (4. 6.)   | 3. 6.           | 3. 6.           |
| 5     | 16. 6.          | 16. 6.          | 18. 6.          | 17. 6. (18. 6.) | 17. 6.          | 17. 6.          |
| 6     | 23. 6.          | 23. 6.          | 24. 6. (25. 6.) | 24. 6. (25. 6.) | 24. 6.          | 24. 6.          |
| 7     | 30. 6.          | 30. 6.          | 1. 7. (2. 7.)   | 1. 7. (2. 7.)   | 1. 7.           | 1. 7.           |
| 8     | 7. 7.           | 7. 7.           | 8. 7. (9. 7.)   | 8. 7. (9. 7.)   | 8. 7.           | 8. 7.           |
| 9     | 14. 7.          | 14. 7.          | 15. 7. (16. 7.) | 15. 7. (16. 7.) | 16. 7. (15. 7.) | 16. 7. (15. 7.) |
| 11    | 28. 7.          | 28. 7.          | 29. 7. (1. 8.)  | 29. 7. (1. 8.)  | 30. 7.          | 30. 7.          |
| 13    | 11. 8.          | 11. 8.          | 12. 8. (13. 8.) | 12. 8. (13. 8.) | 12. 8.          | 12. 8.          |
| 15    | 26. 8. (30. 8.) | 26. 8. (31. 8.) | 27. 8. (31. 8.) | 27. 8.          | 27. 8. (29. 8.) | 27. 8. (29. 8.) |

### 3.2.4 Izvedba eksperimentna z ugašanjem/prižiganjem reflektorja

Eksperiment z ugašanjem/prižiganjem reflektorja na cerkvi v Mali Ligojni je potekal po nekaj dni v obdobju od sredine maja do sredine junija 2013 (Pregl. 4). Na cerkvi smo več zaporednih dni opazovali večerno izletavanje malih podkovnjakov, pri čemer se je spreminjala osvetljenost cerkve (ta je bila ali pa ni bila osvetljena). Eksperiment z ugašanjem osvetlitve na enem zatočišču smo izvedli z namenom, da izničimo vpliv različnih geografskih leg, velikosti kolonije netopirjev, števila preletnih odprtih, itd., ki so sicer prisotne pri primerjavi dveh cerkva. Za prižig ali ugašanje reflektorjev smo se predhodno dogovorili s Komunalnim podjetjem Vrhnika, d.o.o. Poleg eksperimenta z ugašanjem reflektorja smo na Mali Ligojni izvedli tudi tri dnevne preglede zatočišča (13. 5., 27. 5. in 10. 6. 2013).

**Preglednica 4: Datumi izvedbe treh eksperimentov z ugašanjem reflektorja na Mali Ligojni poleti 2013; posebej so zapisani datumi, ko je bila cerkev cerkev osvetljena in ko ni bila osvetljena.**

| Eksp. / režim | Osvetljena       | Neosvetljena     |
|---------------|------------------|------------------|
| Eksperiment 1 | 17. 5. in 18. 5. | 14. 5. in 15. 5. |
| Eksperiment 2 | 27. 5.           | 28. 5.           |
| Eksperiment 3 | 12. 6. in 13. 6. | 11. 6. in 14. 6. |

### 3.3 ANALIZE PODATKOV

Vse podatke smo vnesli v program Excel (Microsoft Office 2010) in v njem izdelali preglednice. Grafe in statistične teste smo izdelali v programskem okolju R ver 3.1.1 ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)) s pripadajočim paketom XL Connect (Mirai Solutions GmbH, 2015) s pomočjo priročnika »Introduction to R« (Blejec, 2010).

#### 3.3.1 Spreminjanje številčnosti in starostne sestave kolonij

Na vseh treh neosvetljenih cerkvah smo analizirali številčnost in starostno sestavo kolonij malih podkovnjakov tekom cele sezone ter grafično primerjali število čez dan prešteti in zvečer izletelih netopirjev.

#### 3.3.2 Primerjave večernih izletavanj pri neosvetljenih in osvetljenih cerkvah

##### 3.3.2.1 Merjeni parametri

Izletavanja netopirjev smo primerjali med vsemi tremi neosvetljenimi cerkvami ter med pari neosvetljenih – osvetljenih cerkva, kjer so nas zanimali:

- čas prvega izletelega netopirja brez povratka (kratko: prvi izlet),
- čas medianega izletelega netopirja (kratko: mediani izlet),
- čas zadnjega izletelega netopirja (kratko: zadnji izlet),
- trajanje izletavanja (čas od prvega izletelega do zadnjega izletelega),
- trajanje izletavanja neodvisno od števila izletelih – med seboj smo primerjali ostanke iz linearne regresije med spremenljivkama število izletelih in čas trajanja izletavanja (razloženo v poglavju Statistične analize).

Pri primerjavi izletavanja med pari neosvetljenih – osvetljenih cerkva so nas zanimali še naslednji parametri:

- število vseh izletelih netopirjev,
- število vseh dogodkov (dogodek: izlet ali vrnitev netopirja skozi odprtino),
- število dogodkov neodvisno od števila izletelih – med seboj smo primerjali ostanke iz linearne regresije med obema spremenljivkama (razloženo v poglavju Statistične analize),
- število vseh 15-sekundnih intervalov z dogodki (kratko: intervali z dogodki),
- število 15-sekundnih intervalov z dogodki neodvisno od števila izletelih – med seboj smo primerjali ostanke iz linearne regresije med obema spremenljivkama,
- dinamika izletavanja v 5 minutnih intervalih: ob sončnem zahodu smo začeli šteti 5 minutne intervale in nato do konca trajanja izletavanja (dokler ni izletel zadnji netopir). Za vsak 5-minutni interval je podano povprečno število odstotka izletelih netopirjev v tem intervalu, pridobljeno iz podatkov iz vseh 10 opazovanj,
- razlika v času intervala med prvim izletom in medianim izletom.

Za primerjanje posameznih parametrov med neosvetljenimi cerkvami oz. pari neosvetljenih – osvetljenih cerkva smo združili podatke za vse preletne odprtine posamezne cerkve. Pri neosvetljenih cerkvah pa smo v primeru prisotnosti več preletnih odprtin posamezne parametre primerjali tudi med različnimi odprtinami posamezne cerkve. Na cerkvi v Lazcu smo zanemarili podatke o številu izletelih iz vrha zvonika. Iz tam so namreč izletavali tako mali podkovnjaki kot usnjebradi uhati netopirji. Izletavali so iz prevelike višine, da bi lahko z detektorjem razlikovali vrsti med seboj. Ker je iz teh odprtin izletel le majhen delež malih podkovnjakov – od 1 do 5 % vseh izletelih – smo privzeli, da je napaka zanemarljiva.

Pri neosvetljenih cerkvah so nas zanimale tudi razlike v izletavanju netopirjev v različnih reprodukcijskih obdobjih. Obdobja smo razdelili na:

- obdobje brejosti – 4 zaporedna opazovanja, ko so bile samice breje (1., 3., 5. in 6. teden opazovanja)
- obdobje dojenja – 3 zaporedna opazovanja, ko so samice dojile (7., 8. in 9. teden opazovanja)
- obdobje samostojnosti mladičev – 3 zaporedna opazovanja, ko so bili mladiči že samostojni (11., 13. in 15. teden opazovanja).

Za vsako reproduktivno obdobje smo za primerjave vzeli povprečje vseh meritev iz tega obdobja.

### 3.3.2.2 Izračunane korelacije

Preverjali smo več korelacij med:

- parametri, ki opisujejo dinamiko izletavanja, in temperaturami, merjenimi v zatočišču,
- parametri, ki opisujejo dinamiko izletavanja, in zunanjo temperaturo,
- temperaturo, merjeno v zatočišču, in zunanjo temperaturo,
- številom izletelih netopirjev in številom dogodkov (vsak izlet oz. povratek netopirja smo upoštevali kot en dogodek),
- številom izletelih netopirjev in številom intervalov z dogodki,
- številom izletelih netopirjev in trajanjem izletavanja.

Za izračun korelacij smo združili podatke za vse tri neosvetljene cerkve in vse tri osvetljene cerkve. Pri Lazcu, Verdu, Otaležu in Stari Vrhniki smo za zunanjo temperaturo upoštevali povprečje meritev iz dveh meteoroloških postaj, ki sta bili prisotni v bližini vsake od cerkva. Za interpretacijo jakosti korelacij smo upoštevali lestvico v Fowler in sod. (1998).

### 3.3.2.3 Statistične analize

Za statistične analize smo uporabili neparametrične teste, saj naši podatki niso bili normalno razporejeni (Fowler in sod., 1998; Košmelj, 2007). Za primerjave dveh med seboj neodvisnih vzorcev smo uporabili Mann-Whitney U-test (imenovan tudi Wilcoxonov test vsote rangov), ki primerja mediane dveh med seboj nepovezanih vzorcev. Za primerjave treh vzorcev smo uporabili Kruskal-Wallisov test. Za izračun korelacij med dvema spremenljivkama smo uporabili neparametrični Spearmanov koeficient korelacije. Korelacijski koeficient ( $r_s$ ) nam pove, kako sta dve spremenljivki med seboj povezani: zavzema vrednosti od +1 (popolna pozitivna korelacija) do -1 (popolna negativna korelacija) (Fowler in sod., 1998; Košmelj, 2007).

Da bi izločili vpliv tretje spremenljivke pri ugotavljanju odnosa med dvema spremenljivkama, smo uporabili ostanke izračunane iz linearne regresije dveh odvisnih spremenljivk (Fowler in sod., 1998). V regresijski analizi matematično opredelimo odnos med dvema spremenljivkama, tako, da z eno spremenljivko napovemo vrednost druge. Ostanki so odstopanja med pričakovano vrednostjo (točko na premici najboljšega ujemanja) in dejansko (izmerjeno) vrednostjo (Fowler in sod., 1998). Če jih uporabimo v nadaljnjih analizah, lahko domnevamo, da smo odstranili učinek neodvisne spremenljivke v prvi analizi.

### **3.3.3 Primerjave na eksperimentalni cerkvi**

Za primerjave smo skupaj združili opazovanja, ko je bila cerkev osvetljena in opazovanja, ko cerkev ni bila osvetljena. Med seboj smo primerjali podatke za posamezno odprtino pod obema režimoma; kot tudi izračun za celotno cerkev med obema svetlobnima režimoma.

Primerjave smo naredili za prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet, trajanje izletavanja, število izletelih netopirjev, število dogodkov, število 15-sekundnih intervalov z dogodki, dinamiko izletavanja (opisano zgoraj), interval med prvim in medianim izletom ter trajanje izletavanja. Za vse primerjave smo uporabili Wilcoxonov test enakovrednih parov, ki primerja mediane dveh med seboj povezanih vzorcev (Fowler in sod., 1998).

## 4 REZULTATI

### 4.1 DINAMIKA ŠTEVILČNOSTI MALIH PODKOVNJAKOV NA NEOSVETLJENIH CERKVAH

Na cerkvi V Zideh so se mali podkovnjaki večinoma zadrževali na podstrešju in sicer v delu bližje zvonika in na nasprotnem delu podstrešja. V zvoniku pod zvonovi so se netopirji nahajali na petih dnevnikih popisih (v 1., 6., 11., 13. in 15. tednu opazovanja; Pregl. 3). Tam smo našli večinoma manj kot 16% vseh prešteti netopirjev, le v avgustovskih dveh pregledih (Pregl. 3) je ta delež znašal več kot 30 %. Nad zvonovi smo na skoraj vsakem popisu zabeležili enega netopirja. Na zadnjem popisu smo zabeležili 35 netopirjev (Sl. 10, Priloga C - Pregl. C1), od tega jih je bilo 8 v torporju. V povprečju so bile temperature med vsemi tremi prostori podobne (Priloga G - Pregl. G1).

Na cerkvi v Verdu so se mali podkovnjaki na vseh opazovanjih zadrževali v prostoru nad zvonovi. Le konec julija (11. teden; Sl. 11, Priloga C - Pregl. C2) smo jih opazili tudi v zvoniku. Temperaturo v zvoniku smo izmerili le takrat, ko je bila kar 7 stopinj nižja od tiste na podstrešju (Priloga G - Pregl. G2).

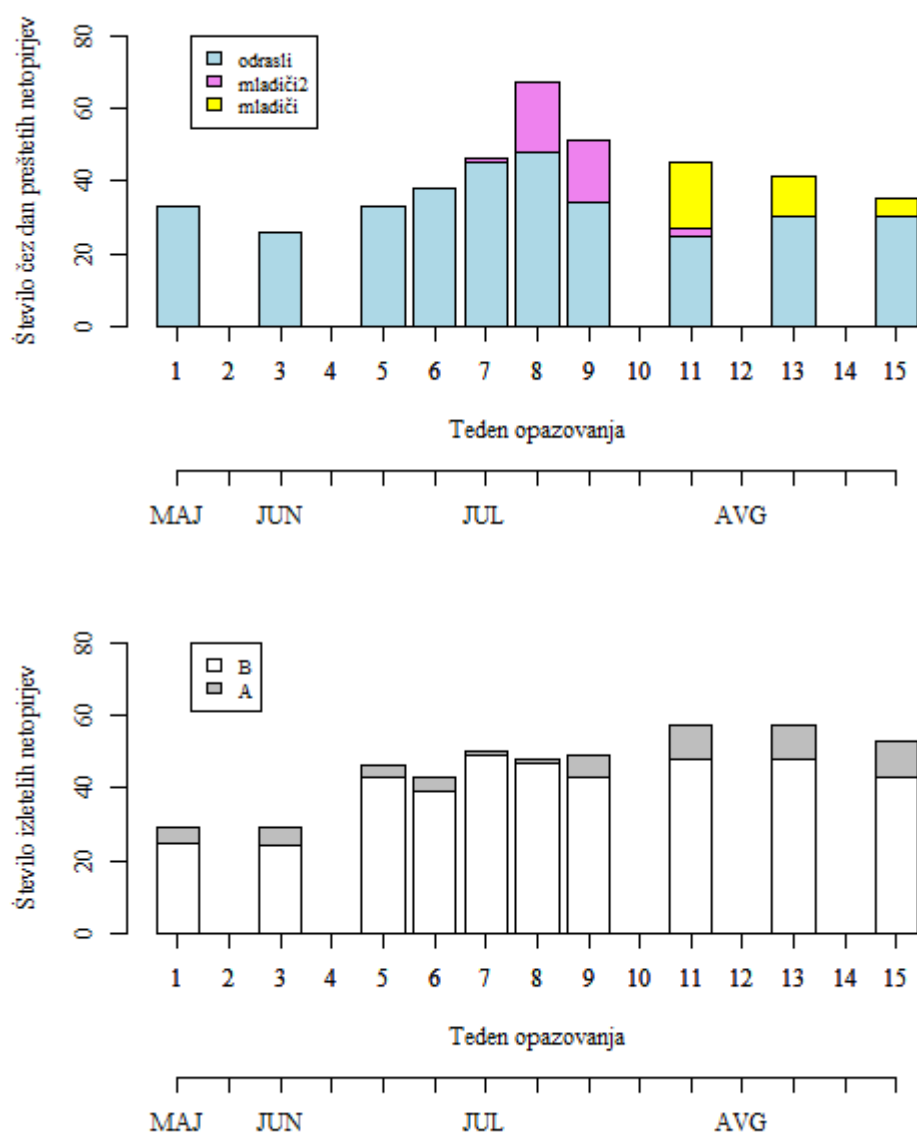
V Lazcu so se mali podkovnjaki zadrževali predvsem na podstrešju cerkve, kjer smo jih zabeležili na vseh pregledih. Največ jih je bilo na delu podstrešja nasproti zvonika. V zvoniku smo opazili netopirje na vseh opazovanjih, razen v maju, začetku junija in začetku julija (1., 3. in 7. teden; Sl. 12, Priloga C - Pregl. C3). Večinoma je šlo za manjši delež vseh prešteti netopirjev – pod 6%, le v zadnjem tednu junija jih je bilo 15 %, konec julija 52 % in v prvi polovici avgusta 20 %. Nad zvonovi smo zabeležili netopirje le v zadnjem tednu junija. V povprečju je bila temperatura na podstrešju najvišja (29,5 °C), nad zvonovi pa najnižja (18,4 °C; priloga G - Pregl. G3).

Na vseh cerkvah smo opazili naraščanje števila osebkov od maja do konca junija (Sl. 10-12, Priloga C - Pregl. C1, C2, C3). Največ samic smo opazili v začetku zadnjega tedna junija v Verdu, konec junija v Lazcu, V Zideh pa konec prvega tedna julija. V sredini julija (V Zideh) oz. konec julija (Verd, Lazec) opazimo postopno zmanjševanje števila samic, nato pa zopet rahlo povišanje v prvi polovici avgusta (V Zideh) oz. konec avgusta (Verd).

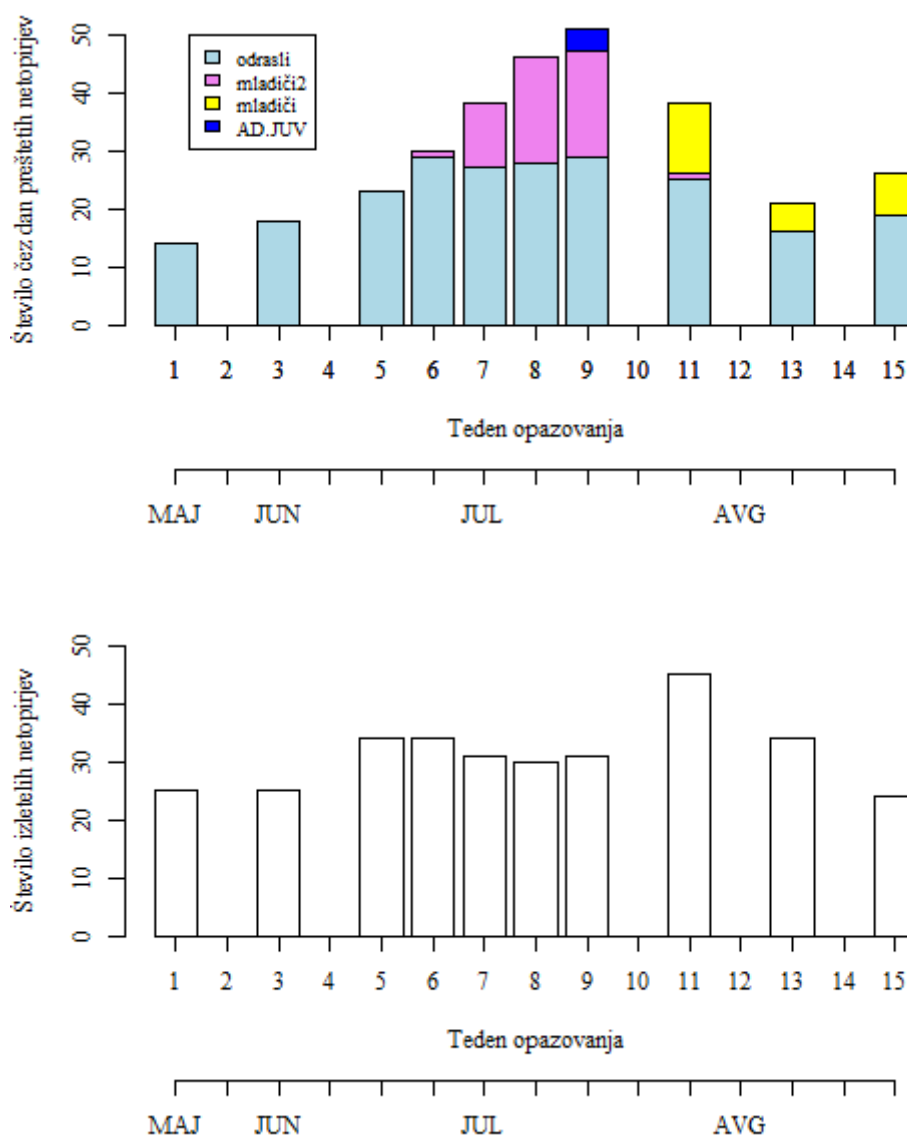


Prvo samico z mladičem smo opazili v Verdu v začetku zadnjega tedna junija, V Zideh konec junija in v Lazcu konec prvega tedna julija. Največje število samic z mladiči in najštevilčnejšo kolonijo smo opazili konec prvega tedna julija V Zideh in v sredini julija v Lazcu in Verdu. Prve samostojne mladiče smo na vseh treh cerkvah opazili v 11. tednu opazovanja (konec julija V Zideh in Lazcu oz. v začetku avgusta v Verdu). V tem tednu smo našli največ samostojnih mladičev na vseh treh cerkvah; V Zideh sta bila pri samicah le še dva mladiča, v Verdu en, v Lazcu pa kar 24. Prav tako smo v tem tednu našli največ izletelih netopirjev V Zideh in Verdu (V Zideh največ oz. enako kot teden kasneje). V Lazcu pa je največ netopirjev izletelo v začetku prvega tedna julija. V avgustu nismo opazili mladičev na samicah V Zideh in v Verdu, v Lazcu pa so bili na prvem avgustovskem opazovanju še trije mladiči na samicah.

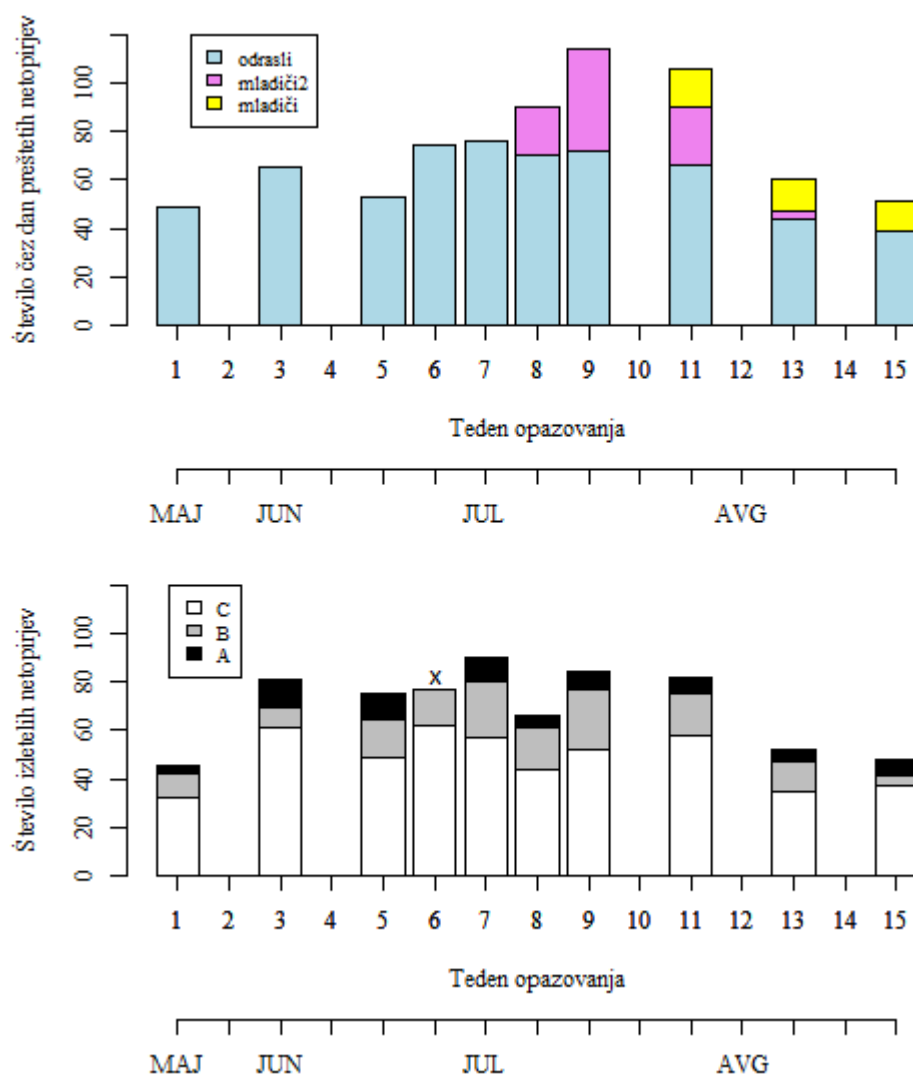
Če primerjamo števila netopirjev z dnevnih popisov in števila z opazovanj večernega izletavanja (Sl. 10, 11, 12, Priloga C - Pregl. C1, C2, C3), se števila nekajkrat razlikujejo. V Zideh je do največje razlike med številom prešteti čez dan in izletelimi prišlo v 5., 9., 11., 13., 15. tednu, ko smo čez dan prešteli od 13 do 18 (25 - 34 %) netopirjev manj, kot jih je izletelo zvečer. V Verdu največjo razliko v štetju opazimo v maju, drugi polovici junija in v drugi polovici avgusta (1., 5. in 13. teden); razlika je znašala od 11 do 13 (32 - 44 %) netopirjev. V Lazcu je razlika med čez dan prešteti in izletelimi netopirji v 3., 5., 7., 9. tednu opazovanja znašala od 12 do 22 (14 - 29 %) netopirjev na posamezno opazovanje.



**Slika 10:** Število malih podkovnjakov na cerkvi V Zideh poleti 2013. Zgoraj: Število prešteti netopirjev na desetih dnevni popisih, kjer je posebej označeno število odraslih netopirjev, mladičev, ki visijo na samicah („mladiči2“), in samostojno visečih mladičev („mladiči“). Spodaj: Število izletelih netopirjev na večernih opazovanjih, označeno posebej za odprtini A in B. Točni datumi opazovanj za vsak teden so podani v Pregl. 3. Opomba: 7. teden opazovanja je označen že kot mesec julij, vendar je bil točen datum opazovanja 30. 6. 2013.



**Slika 11: Število malih podkovnjakov na cerkvi v Verdu poleti 2013. Zgoraj: Število prešteti netopirjev na desetih dnevni popisih, kjer je posebej označeno število odraslih netopirjev, mladičev, ki visijo na samicah („mladiči2“), samostojno visečih mladičev („mladiči“) in število netopirjev, za katere nismo mogli določiti, ali so odrasli ali mladiči (»AD.JUV«). Spodaj: Število izletelih netopirjev na večernih opazovanjih. Točni datumi opazovanj za vsak teden so podani v Pregl. 3. Opomba: 11. teden opazovanja je označen kot mesec julij, vendar je bil točen datum opazovanja 1. 8. 2013.**



Slika 12: Število malih podkovnjakov na cerkvi v Lazcu poleti 2013. Zgoraj: Število prešteti netopirjev na desetih dnevni popisih, kjer je posebej označeno število odraslih netopirjev, mladičev, ki visijo na samcih („mladiči2“), in samostojno visečih mladičev („mladiči“). Spodaj: Število izletelih netopirjev na večernih opazovanjih, označeno posebej za odprtine A, B in C. Oznaka x pomeni: takrat so iz odprtine A izleteli 3 netopirji, vendar se jih je nato v isto odprtino vrnilo 6, zato je bil skupen seštevek izletelih iz te odprtine minus 3, česar na grafu nismo prikazali, saj so ti trije netopirji nato izleteli iz ene od drugih dveh odprtin. Točni datumi opazovanj za vsak teden so podani v Pregl. 3.

#### 4.1.1 Prisotnost drugih vrst netopirjev na neosvetljenih cerkvah

Na vseh treh cerkvah smo zabeležili tudi druge vrste netopirjev. Nad zvonovi cerkve V Zideh smo na nekaterih terenih opazili netopirja iz družine gladkonosih netopirjev (*Vespertilionidae*), ki pa nam ga ni uspelo natančneje določiti. Na podstrešju cerkve v Verdu smo na vseh terenih, razen na zadnjem, opazili pozne netopirje (*Eptesicus serotinus*), ki smo jih skozi sezono našli med 10 in 70 (Priloga E - Pregl. E1). V Lazcu

smo na vseh terenih, razen konec avgusta, opazili usnjebrade uhate netopirje (*Plecotus macrobullaris*), ki so se zadrževali na podstrešju, v zvoniku in nad zvonovi (Priloga E - Pregl. E2).

## 4.2 IZLETAVANJE MALIH PODKOVNJAKOV IZ NEOSVETLJENIH CERKVA

### 4.2.1 Izletavanje na posamični cerkvi

V Zideh so netopirji izletavali iz odprtih A in B, ki sta obrnjeni na zahod (Sl. 2). V povprečju je 89 % vseh izletelih netopirjev izletelo iz nižje odprtine B. Leteli so ob steni cerkve do najbližjega grma (Priloga F - Sl. F1). Izletavanje se je pričelo z izletom s povratkom v polovici vseh opazovanj; v začetku zadnjega tedna junija in konec junija celo pred sončnim zahodom. Statistično značilnih razlik med časom izletavanja med odprtinama ni bilo (prvi izlet:  $p=0,10$ , mediani izlet:  $p=0,66$ , zadnji izlet:  $p=0,12$ ; Pregl. 6).

V Verdu so mali podkovnjaki izletavali le iz odprtine A, ki gleda proti gozdu jugozahodno od cerkve (Sl. 3). Spustili so se in nadaljevali pot proti jugozahodu, ali pa so izleteli pod zvonikom proti jugovzhodu (Priloga F - Sl. F2). V Verdu se je izletavanje vedno pričelo z izletom s povratkom, z izjemo opazovanja v sredini junija.

Iz cerkve v Lazcu so netopirji izletavali iz odprtih A in B na zahodni strani zvonika, iz odprtine C na severnem prizidku cerkve, ki je bila obrnjena na zahod in tudi iz štirih odprtih iz vrha zvonika (Sl. 4). Največ malih podkovnjakov je izletelo iz odprtine C (v povprečju 70 %; Priloga D). Iz odprtih na zvoniku je povprečno več netopirjev izletelo iz odprtine B (20 %), ki je bila nadstropje nižje od odprtine A (izletelo 10 %; Priloga D). Iz odprtih A in B so leteli proti tlam in nato proti zahodu, iz odprtine C pa so leteli v smeri proti severu oz. gozdu (Priloga F - Sl. F3, F4).

V Lazcu se je izletavanje vedno pričelo z izletom s povratkom, razen v prvem avgustovskem opazovanju. Prvi, mediani izlet in zadnji izlet se med vsemi tremi odprtinami statistično ne razlikujejo (prvi izlet:  $p=0,44$ , mediani izlet:  $p=0,26$ , zadnji izlet:  $p=0,44$ ; Pregl.6). Statistično značilno se razlikuje le čas prvega izletelega med odprtinama A in C ( $p=0,03$ ); iz odprtine C so začeli izletavati prej.

#### 4.2.2 Vpliv reproduktivnega obdobja na izletavanje

Reproduktivna obdobja smo razdelili na tri enako dolga časovna obdobja pri vseh cerkvah, čeprav so prvi mladiči nastopili ob različnem času. Za začetek obdobja prvih mladičev smo vzeli konec junija oz. začetek prvega tedna julija (7. teden). Prve mladiče smo z gotovostjo opazili v Verdu že v začetku zadnjega tedna junija (vendar le enega), V Zideh konec junija in v Lazcu konec prvega tedna julija.

**Preglednica 5: Povprečen prvi izlet, mediani izlet in trajanje izletavanja s standardnim odklonom za obdobje brejosti samic, obdobje dojenja in obdobje samostojnosti mladičev na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013. Vrednosti so podane v minutah po sončnem zahodu (prvi izlet, mediani izlet) oz. minutah (trajanje izletavanja).**

| cerkev         | obdobje       | n | prvi izlet [min po sz] | mediani izlet [min po sz] | trajanje izletavanja [min] |
|----------------|---------------|---|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>V Zideh</b> | brejost       | 4 | 16,13 ± 8,09           | 29,69 ± 10,99             | 26,19 ± 10,56              |
|                | dojenje       | 3 | 13,92 ± 10,61          | 33,33 ± 0,52              | 33,67 ± 9,21               |
|                | samostojni m. | 3 | 17,75 ± 6,88           | 29,5 ± 9,33               | 32,75 ± 25,61              |
| <b>Verd</b>    | brejost       | 4 | 19,81 ± 2,07           | 30,63 ± 4,97              | 22,94 ± 3,65               |
|                | dojenje       | 3 | 27,5 ± 1,56            | 36,75 ± 1,3               | 17,83 ± 2,9                |
|                | samostojni m. | 3 | 23,17 ± 6,83           | 29,17 ± 5,58              | 14,42 ± 3,79               |
| <b>Lazec</b>   | brejost       | 4 | 14,63 ± 7,98           | 25,19 ± 8,36              | 24,69 ± 6,15               |
|                | dojenje       | 3 | 23,25 ± 1,52           | 34 ± 0,9                  | 32,83 ± 6,24               |
|                | samostojni m. | 3 | 21,08 ± 5,06           | 29,25 ± 6,06              | 28,42 ± 17,69              |

V Zideh je bil prvi izlet najzgodnejši, ko so samice dojile, ter najkasnejši v obdobju, ko so mladiči že bili samostojni in sposobni letati (Pregl. 5). V Verdu in Lazcu pa je bil prvi izlet najbolj zgodaj v obdobju, ko so bile samice breje ter najkasneje v obdobju, ko so samice dojile.

Mediani izlet je bil pri vseh cerkvah najpoznejši v obdobju, ko so samice dojile. Najbolj zgoden mediani izlet V Zideh in Verdu je bil v obdobju samostojnosti mladičev, pri Lazcu pa v obdobju brejosti. Mediani izlet v obdobju samostojnosti mladičev je pri vseh treh cerkvah zelo podoben.

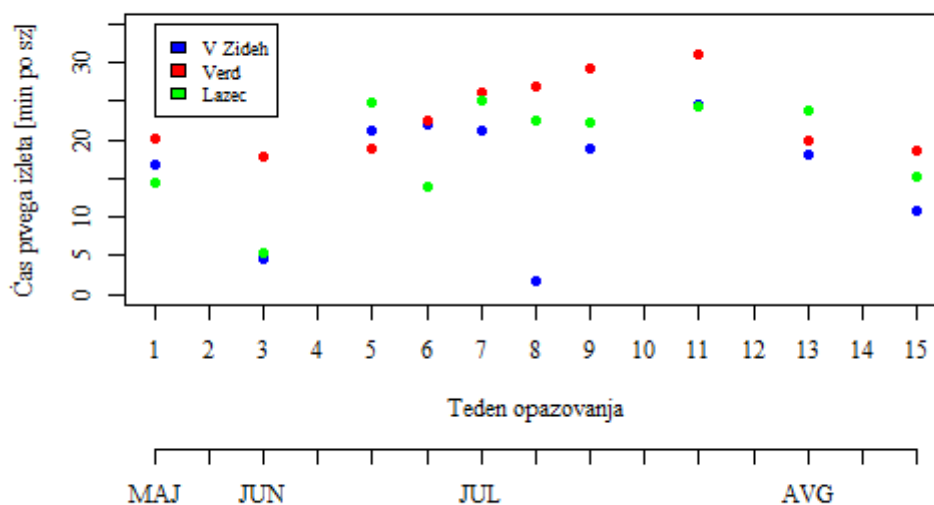
V Zideh in Lazcu so netopirji izletavali najdlje v obdobju, ko so samice dojile, v Verdu pa v obdobju brejosti. V Zideh in Lazcu so izletavali najmanj časa v obdobju brejosti, v Verdu pa v obdobju samostojnosti mladičev.

### 4.2.3 Primerjava izletavanj med neosvetljenimi cerkvami

Prvi netopir je na vseh treh cerkvah vedno izletel po sončnem zahodu, čas prvega izletelega je bil v močni korelaciji s časom sončnega zahoda (Pregl. 7). Mali podkovnjaki so večinoma najkasneje začeli izletavati na cerkvi v Verdu, najbolj zgodaj pa V Zideh (Pregl. 6, Sl. 13), a razlike med cerkvami niso statistično značilne ( $p=0,44$ ).

**Preglednica 6: Povprečen prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet in trajanje izletavanja s standardnim odklonom za posamezno odprtino vsake neosvetljene cerkve (V Zideh, Verd, Lazec) in združeni podatki (»zdr.«) za vsako cerkev skupaj (odprtine obravnavane skupaj) poleti 2013. Vrednosti so podane v minutah po sončnem zahodu (prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet) oz. minutah (trajanje izletavanja).**

| cerkev  | odprtina    | prvi izlet [min po sz] | mediani izlet [min po sz] | zadnji izlet [min po sz] | trajanje izletavanja [min] |
|---------|-------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| V Zideh | A           | 23,95 ± 13,56          | 29,43 ± 13,69             | 33,03 ± 15,25            | 9,08 ± 7,13                |
|         | B           | 17,98 ± 6,08           | 30,43 ± 7,91              | 46,35 ± 16,46            | 28,38 ± 13,92              |
|         | <b>zdr.</b> | <b>15,95 ± 7,73</b>    | <b>30,73 ± 7,93</b>       | <b>46,35 ± 16,46</b>     | <b>30,4 ± 14,66</b>        |
| Verd    | <b>A</b>    | <b>23,13 ± 4,86</b>    | <b>32,03 ± 5,15</b>       | <b>41,98 ± 4,73</b>      | <b>18,85 ± 4,88</b>        |
| Lazec   | A           | 24,18 ± 7,64           | 31,13 ± 7,52              | 42 ± 15,27               | 17,83 ± 10,72              |
|         | B           | 24,45 ± 5,24           | 30,08 ± 6,31              | 46,25 ± 14,63            | 21,8 ± 12,83               |
|         | C           | 19,15 ± 6,58           | 28,53 ± 7,01              | 42,53 ± 13,38            | 23,38 ± 8,47               |
|         | <b>zdr.</b> | <b>19,15 ± 6,58</b>    | <b>28,98 ± 6,8</b>        | <b>46,73 ± 14,65</b>     | <b>27,88 ± 11,3</b>        |



**Slika 13:** Čas prvega izleta netopirja na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013. Oznaka min po sz pomeni: minute po sončnem zahodu. Točni datumi opazovanj za vsak teden so podani v Pregl. 3.

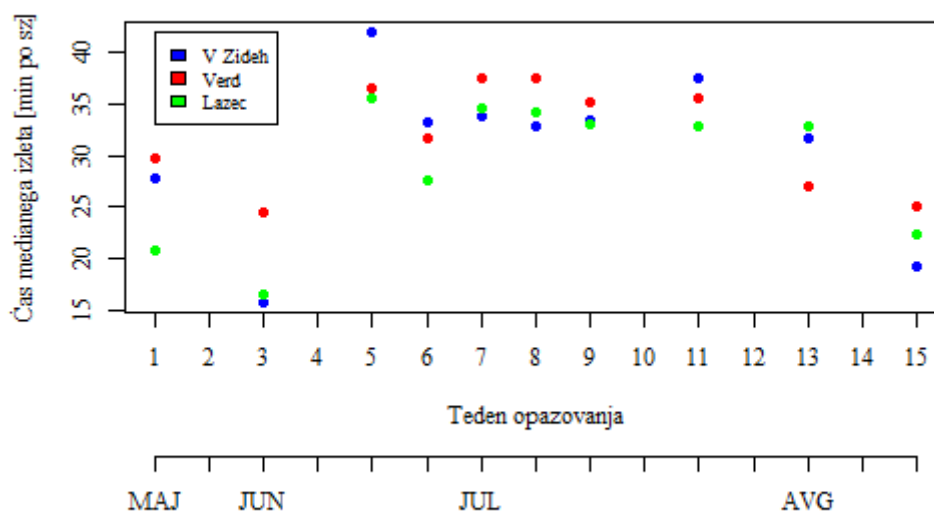
Temperatura ob prvem izletu (Priloga G - Pregl. G2) je bila v povprečju najvišja v Verdu (21 °C), najnižja v Lazcu (18,9 °C), vendar razlike v temperaturah med tremi cerkvami niso bile statistično značilne ( $p=0,44$ ). Čas prvega izleta in temperature so bile statistično značilno korelirane (Pregl. 7). Temperature ob prvem izletu v zatočišču in zunanje temperature ob teh časih so bile visoko korelirane (Pregl. 7).

**Preglednica 7:** Korelacije med prvim (ali medianim) izletom s časom sončnega zahoda in z različnimi temperaturami, merjenimi v in zunaj zatočišč; podatki so združeni za vse tri neosvetljene cerkve (V Zideh, Verd, Lazec). Oznake pomenijo: SZ – sončni zahod; Tdn – povprečna dnevna temperatura zatočišča; Tz – zunanja temperatura v času prvega izleta ali medianega izleta; Tn – temperatura zatočišča v času prvega izleta ali medianega izleta; \* - statistično značilno ( $p<0,05$ ); \*\* statistično značilno ( $p<0,01$ ).

| Korelacija | X= čas prvega izleta                                 | X = čas medianega izleta                              |
|------------|--|---|
|            | Spearmanov koeficient korelacije (razpon od -1 do 1) | Spearmanov koeficient korelacije (razpon od -1 do +1) |
| X - SZ     | 0,89**   | 0,91**  |
| X - Tdn    | 0,59**   | 0,61**  |
| X - Tz     | 0,58**   | 0,72**  |
| X - Tn     | 0,63**   | 0,66**  |
| Tz - Tn    | 0,90**   | 0,90**  |

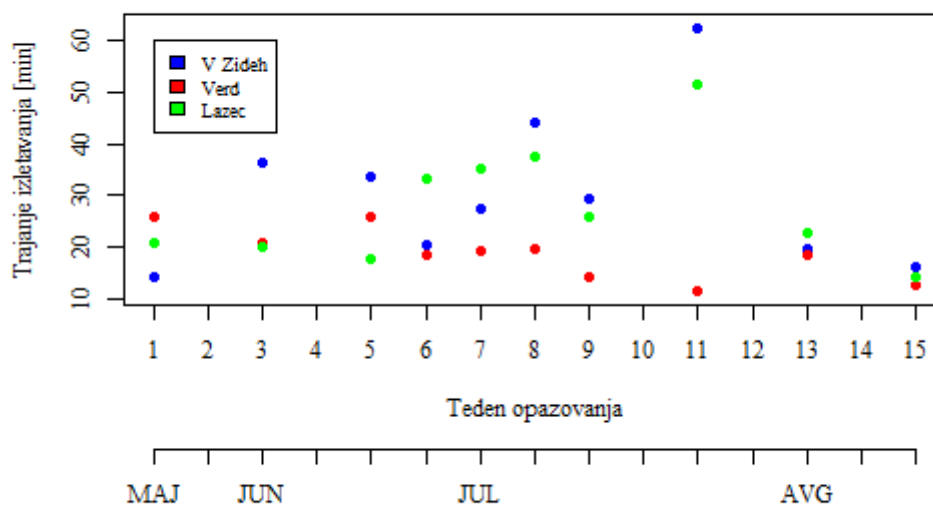


Najkasnejši mediani izlet smo opazili v Verdu in najzgodnejši v Lazcu (Sl. 14, Pregl. 6); razlike v času medianega izleta med vsemi tremi cerkvami niso bile statistično značilne ( $p=0,6$ ), prav tako ne med posameznimi pari cerkva (V Zideh - Verd:  $p=0,82$ ; V Zideh - Lazec:  $p=0,73$ ; Verd - Lazec:  $p=0,26$ ). Temperature, merjene ob medianem izletu v zatočišču in zunanje temperature ob teh časih, so bile visoko korelirane (Pregl. 7).



**Slika 14:** Čas medianega izleta netopirja na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013. Oznaka min po sz pomeni: minute po sončnem zahodu. Točni datumi opazovanj za vsak teden so podani v Pregl. 3.

Zadnji izlet med tremi cerkvami ni bil statistično značilno različen ( $p=0,35$ ), prav tako ne med posameznimi pari cerkva (V Zideh - Verd:  $p=0,68$ ; V Zideh - Lazec:  $p=0,82$ ; Verd - Lazec:  $p=0,29$ ). Razlike niso bile statistično značilne niti v trajanju izletavanja ( $p=0,43$ ; Pregl. 6). Statistično značilno različno je trajalo izletavanje iz cerkve V Zideh in v Verdu ( $p=0,03$ ). Tudi ko smo z linerano regresijo odstranili vpliv velikosti kolonije na trajanje izletavanja, in primerjali ostanke te regresije, razlika v trajanju izletavanja ni postala statistično značilna ( $p=0,44$ ), pri cerkvah V Zideh in Verdu pa je prej omenjena razlika izginila.



**Slika 15:** Trajanje izletavanja netopirjev na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013. Oznaka min pomeni: minute. Točni datumi opazovanj za vsak teden so podani v Pregl. 3.

#### 4.3 PRIMERJAVA IZLETAVANJA MED NEOSVETLJENIMI IN OSVETLJENIMI CERKVAMI

Na vsaki osvetljeni cerkvi je bila kolonija netopirjev številčnejša, kot na neosvetljeni cerkvi v istem geografskem paru (Pregl. 10).

V Špitaliču in Stari Vrhniki se je izletavanje vedno pričelo z izletom s povratkom, pri Otaležu pa le na osmih opazovanjih. Netopirji so v povprečju izleteli kasneje iz cerkva, ki sta bili osvetljeni pri parih V Zideh - Špitalič (prvi izlet:  $p=0,075$ , mediani izlet:  $p=0,031$ , zadnji izlet:  $p=0,019$ ; Pregl. 8) in Lazec - Otalež (prvi izlet:  $p=0,19$ , mediani izlet:  $p=0,031$ , zadnji izlet,  $p=0,14$ ); razlike so bile statistično značilne pri medianem izletu pri obeh parih, pri paru V Zideh – Špitalič pa tudi pri zadnjem izletu. Razlike niso bile statistično značilne pri nobenem parametru v paru Verd - Stara Vrhnika, kjer so netopirji v povprečju izleteli kasneje v Verdu (prvi izlet:  $p=0,054$ ; mediani izlet,  $p=0,11$ ), zadnji izlet pa je bil kasnejši na Stari Vrhniki ( $p=0,273$ ). Tudi pri osvetljenih cerkvah so bili časi prvih in medianih izletov korelirani s časi sončnega zahoda (Pregl. 9). Šibke do zmerne

korelacije so bile tudi med prvim (ali medianim) izletom in različnimi temperaturami (Pregl. 9).

**Preglednica 8: Povprečen prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet in trajanje izletavanja s standardnim odklonom za vse tri pare osvetljenih - neosvetljenih cerkva poleti 2013. Vrednosti so podane v minutah po sončnem zahodu (prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet) oz. minutah (trajanje izletavanja). Oznake pomenijo: osv. – osvetljena; \* - določen parameter neosvetljene in osvetljene cerkve v posamičnem paru se statistično značilno razlikuje ( $p < 0,05$ ) oz. \*\* ( $p < 0,01$ ).**

| par         | cerkev           | os<br>v. | prvi izlet [min<br>po sz] | mediani izlet [min<br>po sz] | zadnji izlet [min<br>po sz] | trajanje izletavanja<br>[min] |
|-------------|------------------|----------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Trojan<br>e | V Zideh          | ne       | 15,95 ± 7,73              | 30,73 ± 7,93 *               | 46,35 ± 16,46 *             | 30,4 ± 14,66                  |
|             | Špitalič         | da       | 22 ± 6,89                 | 39,9 ± 9,79 *                | 87,1 ± 48,9 *               | 65,13 ± 45,92                 |
| Vrhni<br>ka | Verd             | ne       | 23,13 ± 4,86              | 32,03 ± 5,15                 | 41,98 ± 4,73                | 18,85 ± 4,88**                |
|             | Stara<br>Vrhnika | da       | 15,73 ± 7,2               | 28,65 ± 9,02                 | 48,4 ± 14,66                | 32,68 ± 10**                  |
| Cerkn<br>o  | Lazec            | ne       | 19,15 ± 6,58              | 28,98 ± 6,8 *                | 46,73 ± 14,65               | 27,88 ± 11,3                  |
|             | Otalež           | da       | 24,08 ± 6,41              | 35,93 ± 7,15 *               | 55,45 ± 10,4                | 31,38 ± 6,61                  |

V Otaležu je v povprečju največ netopirjev izletelo iz najmanj osvetljenih oz. nižje ležečih odprtih D (38 %), E (23 %), G (13 %) in C (11 %). Iz vsake od odprtih A in F je izletelo v povprečju 6 % netopirjev, iz vsake od preostalih odprtih pa manj kot 1 odstotek vseh izletelih. V Špitaliču je v povprečju največ netopirjev izletelo iz močno osvetljenih odprtih A in B (87 %), iz manj osvetljene odprtine C pa 13 %. Na Stari Vrhniku so netopirji izletavali iz manj osvetljenih odprtih C (v povprečju 89 %) in A (11 %), iz močno osvetljene odprtine B pa manj kot en odstotek vseh izletelih. Meritve osvetljenosti preletnih odprtih vseh cerkva so podane v Prilogi H.

**Preglednica 9: Korelacije med prvim (ali medianim) izletom s časom sončnega zahoda in z različnimi temperaturami, merjenimi v in zunaj zatočišč; podatki so združeni za vse tri osvetljene cerkve (Špitalič, Stara Vrhnika in Otalež). Oznake pomenijo: SZ – sončni zahod; Tdn – povprečna dnevna temperatura zatočišča; Tz – zunanja temperatura v času prvega izleta ali medianega izleta; Tn – temperatura zatočišča v času prvega izleta ali medianega izleta; \* - statistično značilno ( $p < 0,05$ ); \*\* statistično značilno ( $p < 0,01$ ).**

| Korelacija | X= čas prvega izleta                                  | X = čas medianega izleta                              |
|------------|---|---|
|            | Spearmanov koeficient korelacije (razpon od -1 do +1) | Spearmanov koeficient korelacije (razpon od -1 do +1) |
| X - SZ     | 0,88**  | 0,84**  |
| X - Tdn    | 0,47*   | 0,41*   |
| X - Tz     | 0,39*   | 0,31  |
| X - Tn     | 0,40*   | 0,35  |
| Tz - Tn    | 0,95**  | 0,96**  |

Na vsaki izmed šestih cerkvah je bilo število dogodkov večje, kot število intervalov z dogodki (Sl. 16; Pregl. 10); razlika je bila statistično značilna pri vseh cerkvah ( $p < 0,001$  pri vseh).

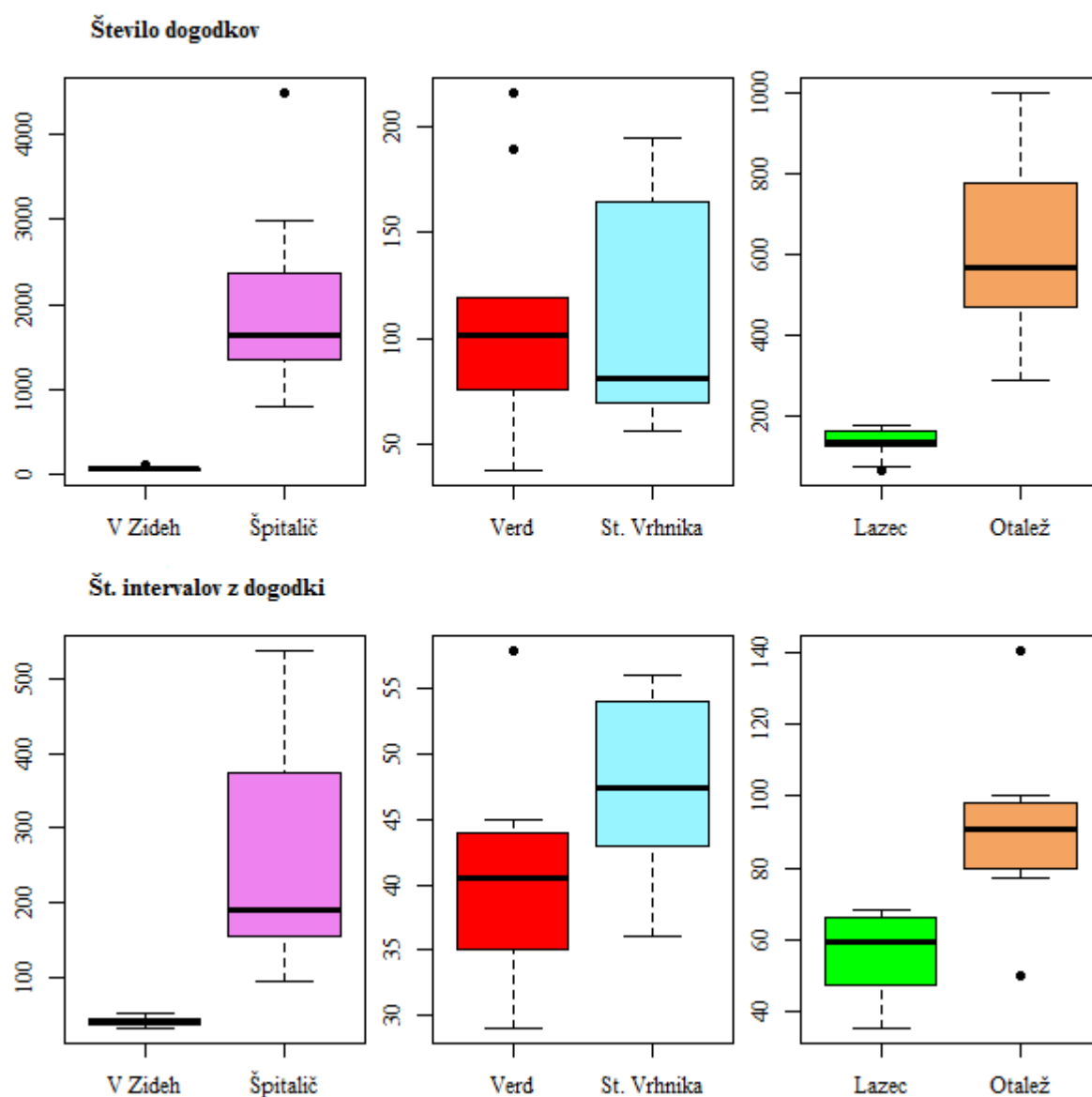
**Preglednica 10: Povprečno število izletelih netopirjev (št. izl.), število dogodkov (št. dog) in število intervalov z dogodki (št. int. z dog.) s podanim standardnim odklonom za vse tri pare osvetljenih - neosvetljenih cerkva. Označe pomenijo: \* - določen parameter neosvetljene in osvetljene cerkve v posamičnem paru se statistično značilno razlikuje ( $p < 0,05$ ) oz. znak \*\* ( $p < 0,01$ ).**

| par     | cerkev      | osvetljena | št. izl.       | št. dog.          | št. int. z dog. |
|---------|-------------|------------|----------------|-------------------|-----------------|
| Trojane | V Zideh     | ne         | 46,1 ± 10,04*  | 66,9 ± 16,95**    | 40,1 ± 6,28**   |
|         | Špitalič    | da         | 89,3 ± 23,3*   | 1989,7 ± 1086,0** | 264,2 ± 156,2** |
| Vrhnika | Verd        | ne         | 31,3 ± 6,18*   | 108,7 ± 55,89     | 40,7 ± 7,97*    |
|         | St. Vrhnika | da         | 53,3 ± 6,25*   | 105,9 ± 50,02     | 47,8 ± 6,76*    |
| Cerkno  | Lazec       | ne         | 69,7 ± 16,16*  | 131,8 ± 37,27**   | 55,7 ± 11,82**  |
|         | Otalež      | da         | 115,6 ± 20,25* | 615 ± 225,14**    | 90,7 ± 22,84**  |

Prav tako smo pokazali razlike med številom dogodkov in številom intervalov z dogodki med posamezno neosvetljeno in pripadajočo osvetljeno cerkvijo (Pregl. 10, Sl. 16). Število dogodkov in število intervalov z dogodki je bilo večje pri cerkvi z osvetlitvijo v parih V Zideh - Špitalič in Lazec - Otalež (Pregl. 10); razlike so bile statistično značilne ( $p < 0,001$  pri vseh). V paru Verd - Stara Vrhnika ni bilo velike razlike v številu dogodkov in intervalov z dogodki med obema cerkvama; statistično značilno se je razlikovalo le število intervalov z dogodki (Pregl.10).

**Preglednica 11: Koefficienti korelacije (rs) števila izletelih netopirjev (IZL) s številom dogodkov (DOG), številom intervalov z dogodki (INT) in trajanjem izletavanja (TRAJ); podatki so združeni za vse tri neosvetljene cerkve (V Zideh, Verd, Lazec) in vse tri osvetljene cerkve (Špitalič, Stara Vrhnika in Otalež). Podatki niso korigirani za velikost kolonije. Označe pomenijo: \* - statistično značilno ( $p < 0,05$ ) oz. znak \*\* - statistično značilno ( $p < 0,01$ ).**

|                     | IZL - DOG | IZL - INT | IZL - TRAJANJE |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| neosvetljene cerkve | 0,29      | 0,61**    | 0,37*          |
| osvetljene cerkve   | 0,59**    | 0,55**    | -0,001         |

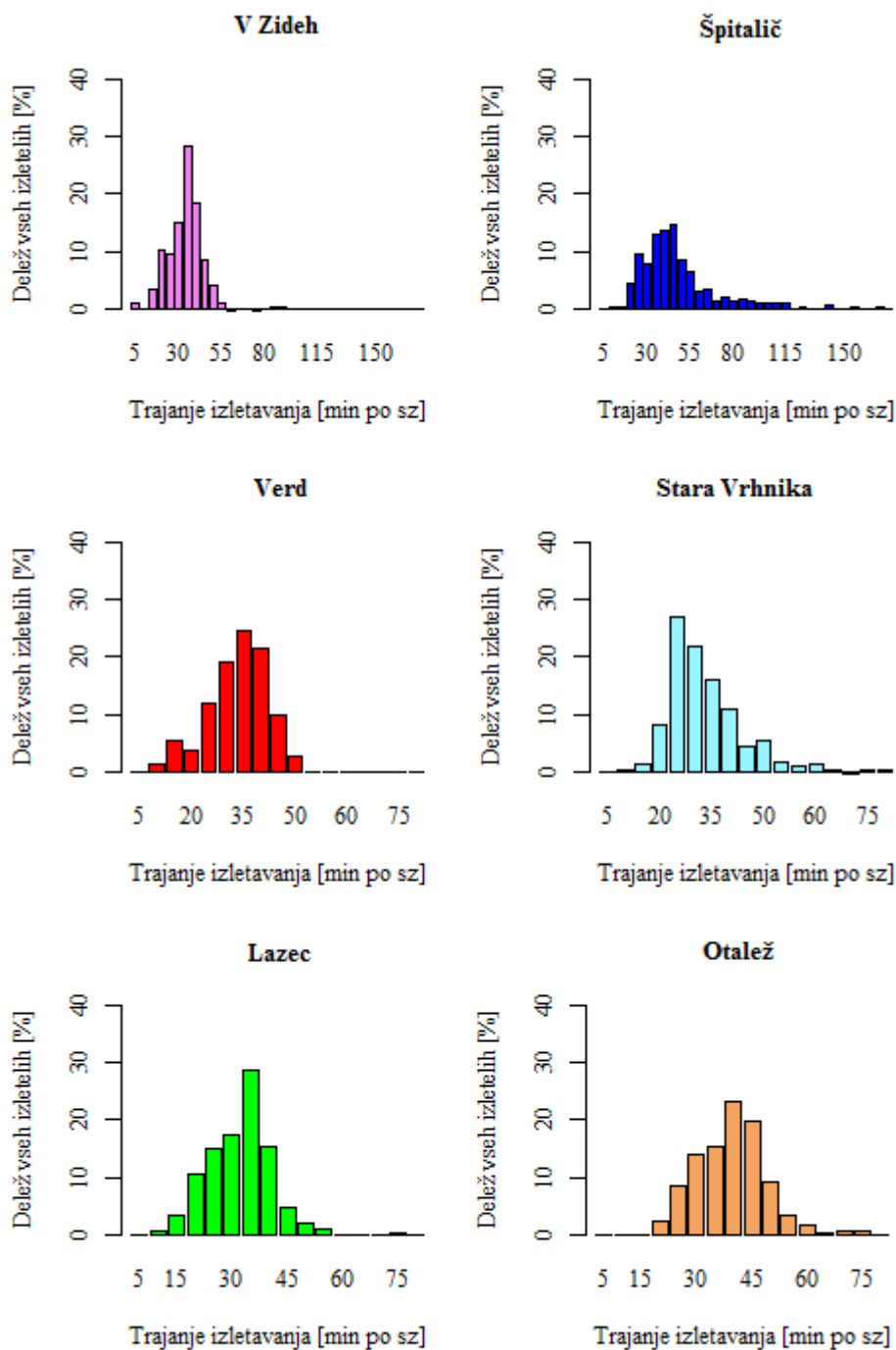


**Slika 16:** Število dogodkov (zgoraj) in število intervalov z dogodki (spodaj) na vseh treh parih cerkva poleti 2013. Pozor: vrednosti na y osi se med pari cerkva razlikujejo. Neosvetljene cerkve: V Zideh, Verd, Lazec. Osvetljene cerkve: Špitalič, Stara Vrhnika, Otalež.

Ker so bile kolonije netopirjev na osvetljenih cerkvah v vseh parih večje kot na neosvetljenih, smo preverili korelacijo med številom izletelih in številom dogodkov ter številom izletelih in številom intervalov z dogodki (Pregl. 11). Zmerna korelacija med številom izletelih netopirjev in številom dogodkov je bila statistično značilna le pri osvetljenih cerkvah, medtem ko je bila korelacija med številom izletelih in številom intervalov z dogodki značilna pri obojih (Pregl. 11). Ko smo z linearno regresijo odstranili vpliv velikosti kolonije na število dogodkov in število intervalov z dogodki, razlike v teh

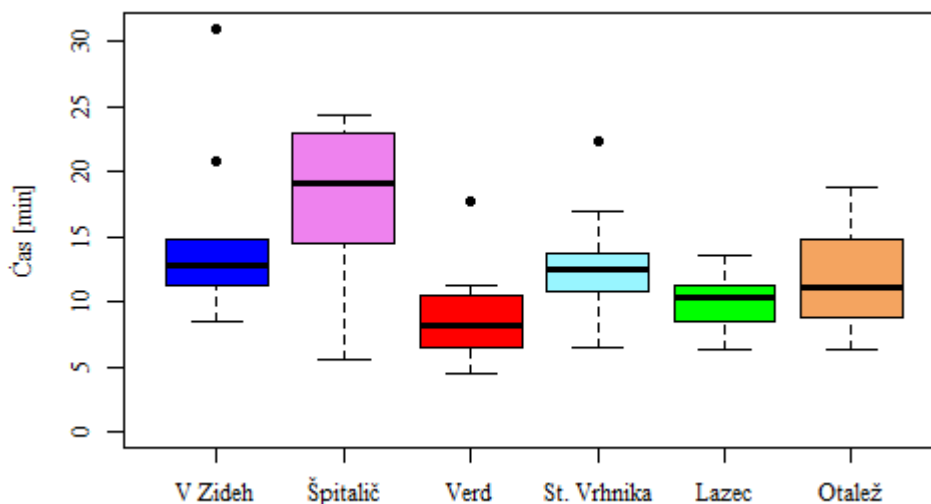
parametrah pri nobenemu izmed parov niso bile statistično značilne. Primerjali smo tudi združene podatke (ostanke linerane regresije) vseh neosvetljenih cerkva s podatki vseh osvetljenih cerkva in razlik v številu dogodkov in številu intervalov z dogodki tudi nismo pokazali.

Največja razlika v dinamiki izletavanja je bila med cerkvama V Zideh in Špitalič (Sl. 17), ki je bila tudi statistično značilna ( $p=0,003$ ). Pri vseh cerkvah, razen v Špitaliču, tekom večera delež izletelih netopirjev narašča do izrazitega viška, nakar pade. V Špitaliču pa ni opaznega viška, izletavanje poteka bolj enakomerno. Največ netopirjev je izletelo iz cerkev V Zideh, Lazca, in Verda v obdobju 30. - 35. minut po sončnem zahodu, na Stari Vrhniki v obdobju 20. - 25. minut in v Otaležu v obdobju 35. - 40. minut (Sl. 17).

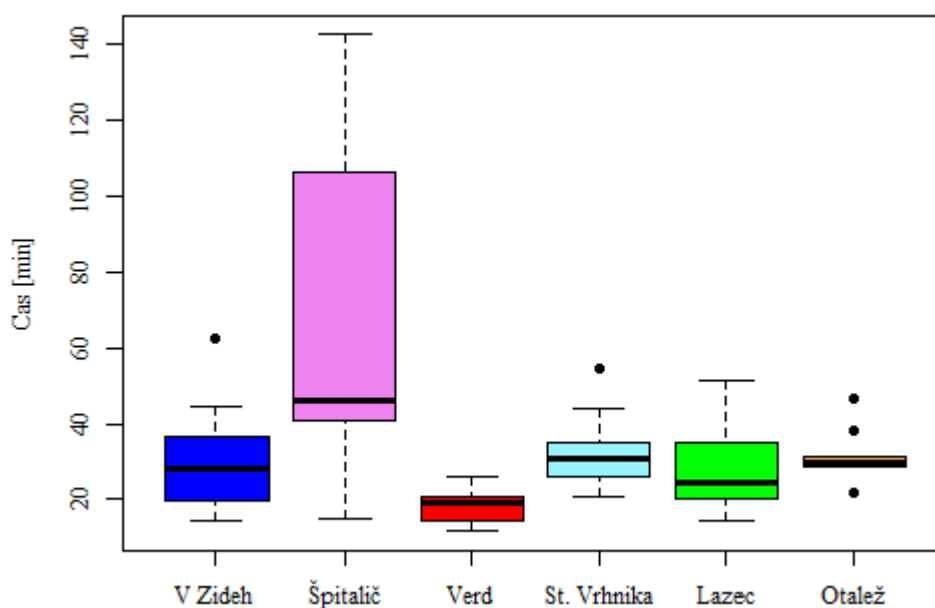


Slika 17: Povprečen delež izletelih netopirjev v posameznem 5-minutnem intervalu, pridobljen iz podatkov z vseh 10 opazovanj na vseh treh parih cerkva poleti 2013. Neosvetljene cerkve: V Zideh, Verd, Lazec. Osvetljene cerkve: Špitalič, Stara Vrhnika, Otalež.

Na osvetljenih cerkvah je bil večji časovni razpon med prvim izletelcem in medianim izletelcem netopirjem (Pregl. 8, Sl. 18), a razlika je bila statistično značilna le v paru Verd - Stara Vrhnika ( $p=0,019$ ). Izletavanje netopirjev je v povprečju trajalo dlje na osvetljenih cerkvah (Pregl. 8, Sl. 19); a spet je bila razlika statistično značilna le v paru Verd - Stara Vrhnika ( $p<0,001$ ).



Slika 18: Časovni interval med prvim in medianim izletelcem netopirjem na vseh treh parih cerkva poleti 2013. Neosvetljene cerkve: V Zideh, Verd, Lazec. Osvetljene cerkve: Špitalič, Stara Vrhnika, Otalež.



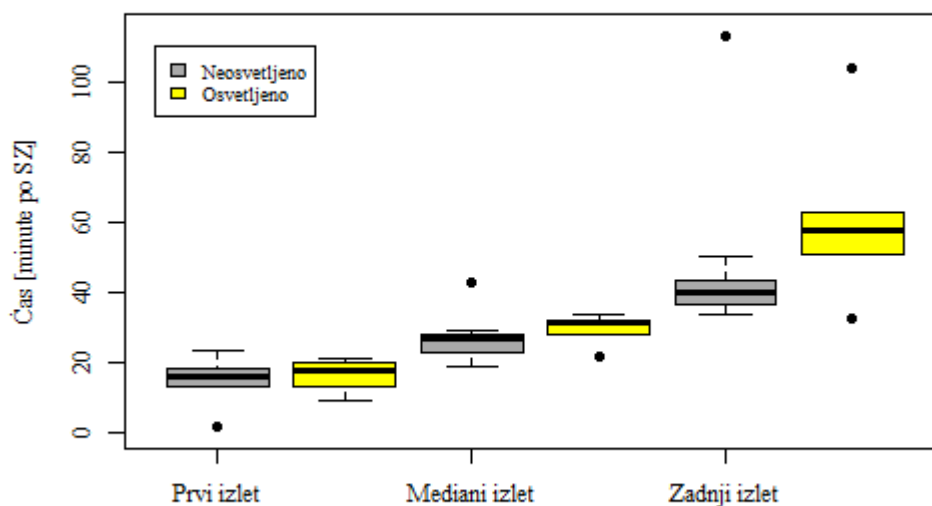
Slika 19: Trajanje izletavanja na vseh treh parih cerkva poleti 2013. Neosvetljene cerkve: V Zideh, Verd, Lazec. Osvetljene cerkve: Špitalič, Stara Vrhnika, Otalež.



Šibka korelacija med številom izletelih in trajanjem izletavanja se je pokazala le pri neosvetljenih cerkvah (Pregl. 11). Ko smo z linerano regresijo odstranili vpliv velikosti kolonije na trajanje izletavanja, razlik med pari cerkva pa ni bilo več (V Zideh - Špitalič,  $p=0,58$ ; Verd - Stara Vrhnika,  $p=0,47$ ; Lazec - Otalež,  $p=0,85$ ), razlik tudi ni bilo, ko smo združili podatke za osvetljene in neosvetljene cerkve.

#### 4.4 PRIMERJAVA IZLETAVANJA NA EKSPERIMENTALNI CERKVI Z IN BREZ OSVETLITVE

V povprečju je bil prvi izlet, mediani izlet in zadnji izlet zgodnejši, ko cerkev na Mali Ligojni ni bila zunanje osvetljena (Sl. 20, Pregl. 12), vendar razlike niso bile statistično značilne (prvi izlet:  $p=0,625$ , mediani izlet:  $p=0,0625$ , zadnji izlet:  $p=0,188$ ). Prvi izlet, mediani izlet in zadnji izlet tudi za posamezno odprtino v času osvetljenosti in neosvetljenosti niso bili statistično značilno različni (odprtina A: prvi izlet:  $p=0,625$ , mediani izlet:  $p=0,0975$ , zadnji izlet:  $p=0,188$ ; odprtina B: prvi izlet:  $p=0,438$ , mediani izlet:  $p=0,625$ , zadnji izlet:  $p=0,125$ ).

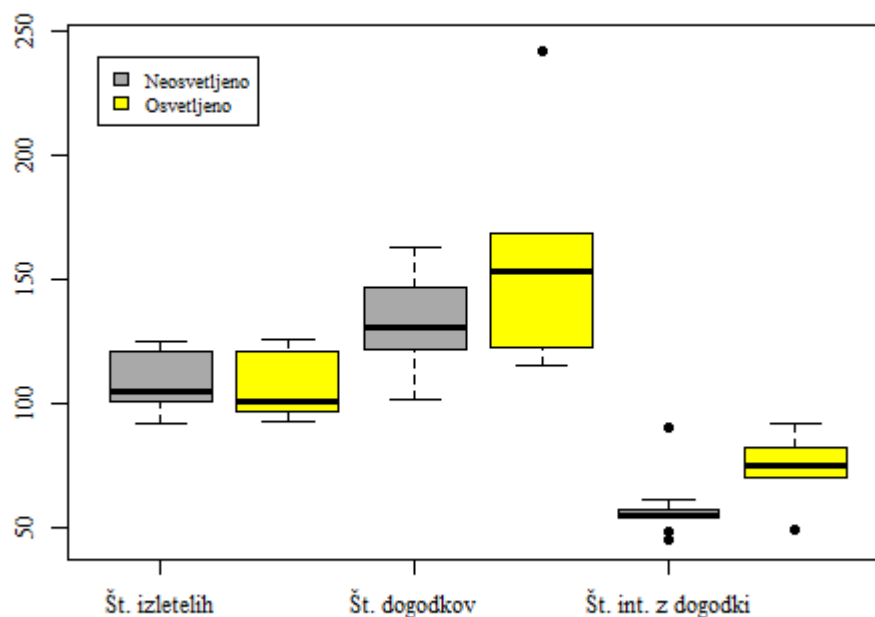


Slika 20: Čas prvega izleta, medianega izleta in zadnjega izleta za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013. SZ pomeni: sočni zahod.

**Preglednica 12: Povprečen prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet in trajanje izletavanja s standardnim odklonom za cerkev na Mali Ligojni – posebej so predstavljeni podatki, ko je bila cerkev osvetljena in ko ni bila osvetljena; podatki so podani tudi za dogajanje na posamezni odprtini v vsakem svetlobnem režimu. Vrednosti so podane v minutah po sončnem zahodu (prvi izlet, mediani izlet, zadnji izlet) oz. minutah (trajanje izletavanja). Oznake pomenijo: osv. – osvetljena; neosv. – neosvetljena; zdr. – združeno.**

| režim  | Odprtina    | prvi izlet [min po sz] | mediani izlet [min po sz] | zadnji izlet [min po sz] | trajanje izletavanja [min] |
|--------|-------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| osv.   | A           | 16,2 ± 5,14            | 29,4 ± 4,69               | 61,4 ± 26,25             | 45,2 ± 24,62               |
|        | B           | 22,35 ± 5,62           | 26,25 ± 9,35              | 52,8 ± 25,46             | 30,45 ± 28,18              |
|        | <b>zdr.</b> | <b>16,2 ± 5,14</b>     | <b>29,4 ± 4,69</b>        | <b>61,55 ± 26,17</b>     | <b>45,35 ± 24,6</b>        |
| neosv. | A           | 14,3 ± 7,45            | 25,4 ± 4,06               | 41,6 ± 5,21              | 27,3 ± 9,48                |
|        | B           | 19,55 ± 4,39           | 23,7 ± 4,53               | 30,55 ± 3,46             | 11 ± 5,81                  |
|        | <b>zdr.</b> | <b>14,3 ± 7,45</b>     | <b>25,05 ± 4,23</b>       | <b>41,6 ± 5,21</b>       | <b>27,3 ± 9,48</b>         |

Število dogodkov in intervalov z dogodki je bilo v povprečju večje, ko je bila cerkev osvetljena (Sl. 21, Pregl. 13); skoraj statistično značilno različno med obema svetlobnima režimoma je bilo število dogodkov ( $p=0,058$ ). Število izletelih netopirjev iz posamezne odprtine, ko je bila le-ta osvetljena in ko ni bila, se je skoraj statistično značilno razlikovalo ( $p=0,058$ ). Ko je bila cerkev osvetljena, je manj netopirjev izletelo iz odprtine B, kot ko je bil reflektor ugasnjen. Število dogodkov in število intervalov z dogodki za posamezno odprtino v času osvetljenosti in neosvetljenosti ni bilo statistično značilno različno.



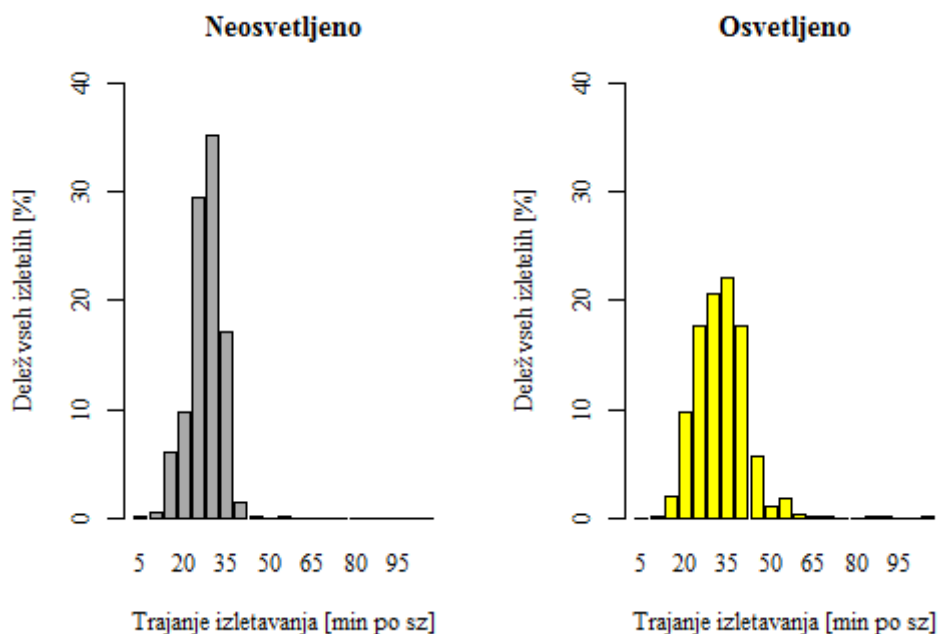
Slika 21: Število izletelih netopirjev, število dogodkov in število intervalov z dogodki za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013.

Preglednica 13: Povprečno število izletelih netopirjev (št. izl.), število dogodkov (št. dog.) in število intervalov z dogodki (št. int. z dog.) s podanimi standardnimi odkloni za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013 - posebej so predstavljeni podatki, ko je bila cerkev osvetljena in ko ni bila osvetljena; podatki so podani tudi za dogajanje na posamezni odprtini v vsakem svetlobnem režimu.

| režim        | odprtina        | št. izl.             | št. dog.             | št. int. z dog.     |
|--------------|-----------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| osvetljeno   | A               | 96,6 ± 0,89          | 144,6 ± 36,94        | 70 ± 14,21          |
|              | B               | 3,4 ± 0,89           | 15,8 ± 14,62         | 9,2 ± 5,81          |
|              | <b>združeno</b> | <b>107,6 ± 14,89</b> | <b>160,4 ± 50,61</b> | <b>73,6 ± 16,04</b> |
| neosvetljeno | A               | 91,6 ± 2,97          | 111,2 ± 14,96        | 49,4 ± 4,88         |
|              | B               | 8,4 ± 2,97           | 14,4 ± 5,55          | 11,4 ± 4,39         |
|              | <b>združeno</b> | <b>108,8 ± 13,81</b> | <b>125,6 ± 19,91</b> | <b>51,8 ± 5,07</b>  |

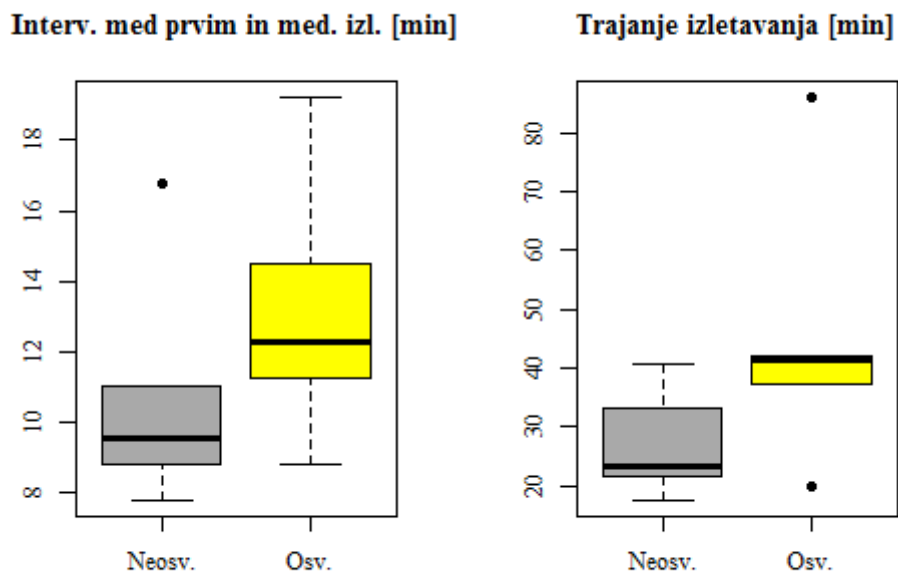
Pri neosvetljenem režimu je večina netopirjev izletela do 35. minute (98 % vseh izletelih), medtem ko je pri osvetljeni cerkvi največ netopirjev izletelo prav v 35. minuti; do te minute je izletelo le 72 % vseh netopirjev. Pri neosvetljeni cerkvi opazimo izrazit višek izletelih, medtem ko je bilo pri osvetljeni zgoščeno izletavanje od 25. do 40. minute.

Primerjava dinamike izletavanja med obema režimoma ni podala statistično značilnih razlik ( $p=0,343$ ).



**Slika 22:** Povprečen odstotek izletelih netopirjev v posameznem 5-minutnem intervalu, pridobljen iz podatkov iz vseh 5 opazovanj za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013. Min po sz pomeni: minute po sončnem zahodu.

Trajanje izletavanja (Pregl. 12) in interval med prvim in medianim izletom se nista statistično značilno razlikovala med svetlobnima režimoma (trajanje izletavanja:  $p=0,416$ , interval med prvim in medianim izletom:  $p=0,416$ ). Izletavanje je trajalo manj časa pri neosvetljeni cerkvi, prav tako je bil interval med prvim in medianim izletom krajši. Za posamezno odprtino, ko je bila osvetljena in ko ni bila, prav tako nismo pokazali statistično značilne razlike v trajanju izletavanja, niti v intervalu med prvim izletom in medianim izletom.



Slika 23: Časovni interval (Interv.) med prvim in medianim izletom (med. izl) in trajanje izletavanja za cerkev na Mali Ligojni za oba svetlobna režima poleti 2013. Oznake pomenijo: Neosv. – neosvetljeno; Osv. – osvetljeno.

## 5 RAZPRAVA

### 5.1 DINAMIKA ŠTEVILČNOSTI MALIH PODKOVNJAKOV NA NEOSVETLJENIH CERKVAH

Mali podkovnjaki so se znotraj posamezne cerkve selili med različnimi prostori, in sicer tako, da so izbirali temperaturno ugodnejše predele, o čemer so že poročali (Gaisler, 1963b; Hercog, 2013). V času vzreje mladičev mali podkovnjaki pogosteje izbirajo toplejše predele (Gaisler, 1963b; Hercog, 2013), a s temperaturami nižjimi od 34°C (Kayikcioglu in Zahn, 2004).

Pri določanju velikosti kolonij smo ugotovili razlike med metodama štetja na zatočišču in štetja izletelih netopirjev. Pri dnevnem štetju v zatočišču so bili netopirji mnogokrat vznemirjeni zaradi naše prisotnosti in so letali, kar je otežilo natančno štetje. Tudi položaj netopirjev na cerkvi otežuje beleženje vseh živali na zatočišču. V Zideh bi se netopirji lahko zadrževali tudi v prostorih pod deskami podstrešja, katerih nismo mogli natančno pregledati. V Verdu se je slabo videlo v sam vrh zvonika in so verjetno tudi zato velike razlike med številom prešteti živali podnevi in zvečer. Na podstrešju cerkve v Lazcu so netopirji lahko zleteli v prizidek zraven podstrešja, ki ga nismo mogli pogledati. Prav tako je bilo podstrešje težko prehodno in hoja čez njega zelo zamudna in hrupna, kar je lahko prestrašilo netopirje, da so zleteli v prizidek zraven podstrešja.

Čeprav je metoda dnevnih popisov samic uveljavljena metoda za monitoring števil na podstrešjih (Presetnik in sod., 2009, 2011, 2012), pa ravno ta primerjava kaže, da gre tudi v takih primerih za ocene oz. da so realna števila osebkov lahko nekoliko višja.

Naraščanje števila osebkov od maja do konca junija pripisujemo priseljevanju samic – te se začno priseljevati v poletna zatočišča pozno spomladi in dosežejo največjo številčnost sredi junija (Kunz in Anthony, 1996).

Čas prvih kotitev in čas ko so mladiči prvič zapustili zatočišče (štiri tedne po kotitvi) sta se ujemala s podatki iz literature (Reiter, 2004b; Dietz in sod., 2009). Čas začetka izletavanja mladičev smo potrdili tudi po primerjavi števil čez dan prešteti in izletelih netopirjev. V Lazcu domnevamo, da smo spregledali prvo rojstvo, saj smo mladiče prvič opazili konec prvega tedna julija, ko smo jih našli kar 18. Po drugi strani pa smo tudi v Otaležu (blizu

Lazca) v začetku prvega tedna junija opazili le enega mladiča. V Zideh smo že v zadnjem tednu junija morda opazili eno samico z mladičem, česar zaradi prekrivanja trebuha s prhutmi nismo mogli zanesljivo reči.

Manjšanje števila samostojnih mladičev v zadnjih dveh opazovanjih pripisujemo temu, da je bilo z rastjo mladičev vse težje razlikovati med barvo kožuha mladičev in samic, saj so bili mladiči barvno že zelo podobni odraslim.

Največje število izletelih netopirjev V Zideh in Verdu smo zabeležili konec julija, ko so začeli izletavati mladiči, kar se ujema z literaturo (Kunz, 1974; Kunz in Anthony, 1996). V Lazcu pa se število izletelih v tem obdobju ni bistveno razlikovalo od obdobja, ko mladiči še niso izletavali. Morda to lahko pojasnimo s tem, da se je takrat del samic že začel odseljevati, čeprav večina samic zapusti poletna zatočišča v obdobju od avgusta do oktobra (Gaisler, 1963b).

Število samic na poletnih zatočiščih prične upadati šele, ko so mladiči popolnoma samostojni (Kunz in Anthony, 1996). Na zadnjih dveh opazovanjih v avgustu smo zaradi čedalje težjega razlikovanja barve kožuha odraslih in mladičev število morda podcenili, zato točen čas upadanja števila samic težko določimo. Težavam v razlikovanju odraslih in mladičev pripisujemo tudi rahlo povišanje števila odraslih netopirjev v prvi polovici avgusta V Zideh in konec avgusta v Verdu.

## 5.2 VEČERNO IZLETAVANJE MALIH PODKOVNJAKOV GLEDE NA RAZLIČNE DEJAVNIKE

### 5.2.1 Čas sončnega zahoda

Pokazali smo močne korelacije med sončnim zahodom in prvim ter medianim izletelim netopirjem. Povezava med sončnim zahodom in prvim izletelim netopirjem je sicer dobro poznana pri malih podkovnjakih (Gaisler, 1963a; McAney in Fairley, 1988; Duvergé in sod., 2000; Stone in sod., 2009). Kljub nekaj minutnim razlikam med časom izleta glede na sončni zahod med tremi neosvetljenimi cerkvami, te niso bile statistično značilno različne. Čas izleta medianega netopirja na vseh treh cerkvah se sklada s podatki iz Velike Britanije, kjer je bil mediani izlet malega podkovnjaka približno 30 minut po sončnem zahodu (Jones in Rydell, 1994; Stone in sod., 2009).

Povezavo med izletavanjem in sončnim zahodom razlagajo s tem, da je dvokrilcev, glavnega plena malih podkovnjakov, v zraku največ ob mraku (Jones in Rydell, 1994; Rydell in sod., 1996). Po drugi strani pa so za male podkovnjake pomemben plen tudi nočni metulji, ki dosežejo vrhunec aktivnosti okoli polnoči (Rydell, 1996). Tako na njihov čas izleta ne vpliva le najvišja številčnost dvokrilcev, ampak tudi drugi dejavniki, kot je stopnja osvetljenosti in z njo povezana izpostavljenost plenilcem (Gaisler, 1963a; Kunz, 1974; Erkert, 1982). Da bi bili tem manj izpostavljeni, je verjetno pomemben razlog za to, da mali podkovnjaki letijo večinoma blizu tlem (Jones in Rayner, 1989).

### **5.2.2 Temperature v in zunaj zatočišč**

Pri vseh neosvetljenih cerkvah smo opazili, da je bilo glede na sončni zahod izletavanje zgodnejše pomladi, kasnejše poleti, proti koncu poletja pa spet zgodnejše. Ker je aktivnost žuželk višja pri višjih temperaturah (Yela in Holyoak, 1997), lahko netopirji zadostijo svojim energetskim potrebam (poleti) četudi izletijo iz zatočišča kasneje. V hladnejših nočeh izletijo bolj zgodaj, saj je večja verjetnost, da se bo temperatura (in s tem dostopnost žuželk) skozi noč znižala (Frick in sod., 2012). Spomladi in jeseni je največ žuželk v zraku že pred sončnim zahodom (Kunz in Anthony, 1996), kar tudi lahko vpliva na zgodnejši izlet v tem obdobju. V juniju se zaradi daljšega obdobja mraka (ko je v zraku največ žuželk) izletavanje začne kasneje, kot spomladi in jeseni (McAney in Fairley, 1988).

Pokazali smo, da je bila temperatura v zatočišču povezana z zunanjo temperaturo tako v času prvega, kot medianega izleta. Pokazali smo korelacije med različnimi temperaturami in časom prvega izleta ter medianega izleta. Tudi Frick in sod. (2012) so pokazali, da netopirji izletijo kasneje ob toplejših dnevih tako v suhih in vlažnih letih (netopirji so se odzvali enako na ekstremne pogoje). Niso pa pokazali nobene povezave med dnevno temperaturo in začetkom izletavanja v letih z normalno stopnjo vlažnosti (Kunz in Anthony, 1996; Frick in sod., 2012).

Pri vrednotenju korelacij s podatki za zunanjo temperaturo iz meteoroloških postaj moramo upoštevati, da postaje niso bile v bližini naših cerkva, pa tudi da so se temperature merile le vsake pol ure oz. celo komaj vsako uro. Točne temperature ob času prvega oz. medianega izleta tako nismo uspeli določiti.



### 5.2.3 Položaj preletnih odprtín

V Zideh so mali podkovnjaki pogosteje uporabljali in v povprečju bolj zgodaj izleteli iz nižje ležeče odprtine, vendar statistično značilnih razlik v času izletu med odprtinama nismo pokazali. Predvidoma so bolj zgodaj izleteli iz nižje ležeče odprtine, ker je bila ta bližje pasu zelenja in so tam netopirji manj časa izpostavljeni potencialnim plenilcem (Duvergé in sod., 2000).

Netopirji prej izletijo tudi iz bolj zatemnjenih odprtín, ki nimajo direktne osvetlitve s strani zahodnega obzorja (Kunz, 1974). Na primeru cerkve v Lazcu so mali podkovnjaki pogosteje uporabljali in v povprečju res prej izleteli iz odprtine C, ki je sicer gledala na zahod, a je bila zastrta z zvonikom cerkve – za razliko od nezastrtih na zahod obrnjenih odprtín A in B v zvoniku; vendar statistično značilnih razlik v času izleta med odprtinami nismo pokazali. Opazili smo, da je bila odprtina C tudi bližje pasu zelenja.

Pri neosvetljenih cerkvah je bil mediani izlet v podobnem časovnem zamiku za sončnim zahodom, pri čemer je bil v Verdu izlet nekoliko kasnejši. Tu je bila preletna odprtina bolj osvetljena kot pri drugih neosvetljenih cerkvah, kar je lahko povečalo izpostavljenost plenilcem (Speakman, 1991), posledično bi netopirji izletavali kasneje. Prav tako smo opazili, da v neposredni bližini preletne odprtine ni bilo prisotnega zavetja v obliki dreves, mali podkovnjaki pa se izogibajo odprtim območjem (Neuweiler, 1989; Schofield, 1996; Motte in Libois, 2002; Zahn in sod., 2007).

### 5.2.4 Vpliv velikosti kolonije

Pokazali smo statistično značilno korelacijo med številom izletelih netopirjev in trajanjem izletavanja, kar sta pokazala tudi McAney in Fairley (1988). Tudi Kunz in Anthony (1996) sta zabeležila najkrajše trajanje izletavanja v zgodnji pomladi in poznem poletju, ko je bila številčnost kolonij netopirjev najmanjša. Vzrokov za to povezavo je več: pričakovati je, da bo večje število netopirjev izletavalo dlje časa. McAney in Fairley (1988) sta to pojasnila tudi s tem, da je pri številčnejši koloniji čas socialne interakcije pred izletom podaljšan, kar vpliva na začetek in trajanje izletavanja.

### 5.2.5 Izletavanje v različnih reproduktivnih obdobjih

Pričakovali smo, da bodo doječe samice zvečer izletele prej kot breje samice zaradi višjih energetskega potreb v tem obdobju ter s tem povezane pripravljenosti prevzeti višje tveganje izpostavljenosti plenilcem (Kurta in sod., 1989; Kunz in sod., 1995; Kunz, 1974; Duvergé in sod., 2000). V času pozne brejosti pa so samice težje, obremenitev prhuti je večja kot med dojenjem, tako da imajo zmanjšano spretnost in okretnost leta (Hughes in Rayner, 1991). Ker je s tem povečano tveganje, da jih ujamejo plenilci (Speakman, 1991), v tem času izletavajo kasneje.

V naših primerih pa so breje samice izletavale prej kot doječe. To smo pokazali za prvi izlet v Verdu in Lazcu, ter za mediani izlet na vseh treh neosvetljenih cerkvah. Poleg tega je izletavanje v Zideh in Lazcu trajalo najdlje v obdobju dojenja. Kasnejši izlet v obdobju dojenja lahko pojasnimo s tem, da doječe samice pred večernim izletom odložijo mladiče na primerno mesto v zatočišču, nato pa ostanejo pri njih še nekaj časa, dokler večina kolonije ne zapusti zatočišča, saj se lahko zgodi, da bi jih drugi netopirji med svojim izletom nehote vrgli na tla (Kunz, 1974). Količina žuželk narašča od maja in junija (obdobje brejosti) do julija in avgusta (obdobje dojenja) (Duvergé, 1996, cit. po Duvergé in sod., 2000). Višja razpoložljivost plena lahko nadomesti povišano potrebo po hrani, tako da tveganje, ki ga predstavlja zgodnejše izletavanje pri doječih samicah ni potrebno (Duvergé in sod., 2000). Da so breje samice izletele prej kot doječe, je pokazal tudi Kunz (1974). Kunz in Anthony (1996) pa nista pokazala razlike med brejimi in doječimi samicami. Vendar sta primerjala čas izletov več opazovanj v obdobju brejosti in dojenja, v raziskavi Kunz (1974) pa je podatek o času izleta le iz enega opazovanja v posameznem obdobju. Razlike so namreč prisotne tudi med obdobjem zgodnje in pozne brejosti, enako velja za obdobje dojenja; z upoštevanjem več opazovanj so se te razlike lahko izgubile. V našem primeru pa gre le za štiri opazovanja v obdobju brejosti in tri v obdobju dojenja. Med seboj smo primerjali le povprečna izleta v posameznem obdobju, saj zaradi majhnega vzorca nismo mogli preverjati statistične značilnosti razlik. Prav tako smo za posamezno reproduktivno obdobje pri vsaki cerkvi vzeli enako dolga časovna obdobja, čeprav se je čas prvega opazovanja mladičev razlikoval tudi za dva tedna.

Ko so bili mladiči sposobni samostojnega leta, smo pričakovali zakasnitev v času medianega izleta, saj mladi netopirji sprva izletijo kasneje kot odrasli zaradi neokretnega in počasnega leta (Duvergé in sod., 2000; Kunz in Anthony, 1996). Kasnejši izlet jim prav tako omogoča vadbo leta brez akustičnega vrveža, ki ga povzročajo odrasli med izletavanjem (Kunz, 1974). Mladiči so v vseh treh cerkvah predstavljali največ polovico cele kolonije, tako da predvidevamo, da njihovo izletavanje ni bistveno spremenilo časa izletavanja celotne kolonije. Naše obdobje »samostojnosti mladičev« zajema tri opazovanja z razmikom dveh tednov, od katerih so mladiči le na prvem izmed treh opazovanj letali povsem »začetniško«. Odraslim podoben čas izleta in lov plena pri mladičih opazimo dva tedna po tem, ko prvič zapustijo zatočišče (Kunz, 1974; Kunz in Anthony, 1996). Tako smo tudi daljše trajanje izletavanja v Lazcu in V Zideh opazili le na opazovanju konec julija. V Verdu daljšega trajanja izletavanja tudi v tem tednu nismo opazili, čeprav je takrat izletelo največ netopirjev. Ker smo v Verdu opazili prve mladiče prej kot pri drugih dveh cerkvah, je lahko v začetku avgusta vsaj del mladičev v Verdu letal že dovolj okretno, da njihovega vpliva na daljše izletavanje ni več bilo mogoče opaziti.

### **5.2.6 Vpliv umetne zunanje osvetlitve**

Netopirji naj bi izleteli iz zatočišč glede na upadanje svetlosti po sončnem zahodu (Gaisler, 1963a; McAney in Fairley, 1988; Jones in Rydell, 1994; Stone in sod., 2009), če so zatočišča osvetljena, se izletavanje lahko začne kasneje (DeCoursey in DeCoursey, 1964; Erkert, 1982; Boldogh in sod., 2007). Mali podkovnjaki so izleteli kasneje iz umetno osvetljene kot neosvetljene cerkve v parih V Zideh - Špitalič in Lazec - Otalež, vendar smo statistično značilno razliko pokazali le za mediani izlet, pri paru V Zideh - Špitalič pa tudi za zadnji izlet. Pri paru Verd - Stara Vrhnika pa je bilo celo obratno – tu je bil le zadnji izleteli netopir kasnejši pri osvetljeni cerkvi, sicer pa kljub razlikam v povprečju statističnih razlik v drugih parametrih ni bilo. Da lahko razumemo, zakaj nismo videli pričakovanih razlik med osvetljeno in neosvetljeno cerkvijo v paru Verd - Stara Vrhnika, je treba podrobneje pogledati osvetljenost posameznih odprtin. Na Stari Vrhniki so netopirji večinoma izletavali iz odprtine, ki jo je reflektor osvetljeval le iz strani. Največ malih podkovnjakov je uporabljalo to odprtino, tudi v opazovanjih iz prejšnjih let, ko je bila osvetlitev drugačna (Zagmajster, ustno). Čeprav je odprtina C bolj osvetljena kot odprtina

A v Verdu, so iz nje netopirji lahko izleteli prej tudi zato, ker je bila v bližini preletne odprtine mejica, v Verdu pa je bila preletna odprtina bolj izpostavljena.

Tudi pri osvetljenih cerkvah smo ugotovili razlike med bolj in manj osvetljenimi odprtinami na isti cerkvi; netopirji so večinoma izletavali iz manj osvetljenih odprtin, o čemer so že poročali (Zagmajster, 2014). V Špitaliču pa netopirji v večini niso izletavali iz manj osvetljene odprtine C – najverjetneje zato, ker v bližini ni bilo prisotnega zavetja (dreves). Odprtina je tudi manjša od ostalih dveh odprtin.

Obnašanje netopirjev med izletavanjem je bilo drugačno med osvetljenimi in neosvetljenimi cerkvami. Večje število dogodkov na osvetljenih cerkvah lahko razložimo s povišano aktivnostjo netopirjev in njihovim preverjanjem svetlosti preden zapustijo zatočišče; take razlike nismo opazili v paru Verd - Stara Vrhnika. Preverjanje svetlosti z leti ven in not iz zatočišča so pri malem podkovnjaku opazili Gaisler (1963a), McAney in Fairley (1988) in Ramovš in sod. (2010). Ker se zaradi umetne osvetlitve ne zmrača, se je tako obnašanje podaljšalo, posledično smo zabeležili večje število dogodkov. Ker je bilo število dogodkov na osvetljenih cerkvah korelirano s številom netopirjev, smo z linearno regresijo odstranili vpliv velikosti kolonije. Po tem razlik med osvetljenimi in neosvetljenimi cerkvami v številu dogodkov in številu intervalov z dogodki nismo več opazili.

Vzorec izletavanja od prvega do zadnjega izletelega netopirja se je med osvetljenimi in neosvetljenimi cerkvami razlikoval, toda statistično značilno razliko v vzorcu izletavanja smo opazili le med cerkvama V Zideh in Špitalič. Cerkev v Špitaliču je imela obe odprtni močno osvetljeni, kar je vplivalo na potek in dinamiko izletavanja. Nismo opazili izrazitega vrhunca izletavanja, razporeditev izletelih netopirjev je bila enakomernejša; na cerkvi V Zideh pa je bilo obratno. Izletavanje v Špitaliču se je začelo kasneje in je trajalo dlje časa kot V Zideh. To smo opazili tudi v Otaležu, kjer se je izletavanje začelo kasneje kot v Lazcu, kasneje je nastopil tudi interval, v katerem je izletelo največ netopirjev. Sicer je bila celotna dinamika izletavanja podobna kot v Lazcu – sprva naraščanje števila izletelih, nato vrhunec in postopen padec. Razlika v primerjavi s parom Špitalič - V Zideh je zelo verjetno posledica tega, da na Otaležu ni bila prisotna originalna, močna osvetlitev, ampak prilagojena svetloba modre barve z manjšo jakostjo (Zagmajster, 2014). Netopirji

so izletavali predvsem iz nižje ležečih odprtin, ki so bile skoraj neosvetljene (zaradi zaslonk). Tudi iz nekoliko bolj osvetljene odprtine na jugovzhodni strani so netopirji lahko zleteli tik ob cerkvi in nato rahlo vzhodno do dreves.

Na umetno osvetljenih cerkvah se lahko podaljša čas izletavanja netopirjev (Boldogh in sod., 2007), kar smo deloma opazili pri naših opazovanjih. Razlika v trajanju izletavanja in razlika v intervalu med prvim izletelcem in medianim izletelcem je bila statistično značilna le med cerkvama Verd - Stara Vrhnika. Glede na male razlike v osvetlitvi smo razlike med tema dvema cerkvama najmanj pričakovali. A ko smo odstranili vpliv velikosti kolonije na trajanje izletavanja, razlik med pari cerkva nismo več pokazali. Pri osvetljenih cerkvah nismo pokazali korelacije med številom izletelih in trajanjem izletavanja. Korelacijo med izletom in različnimi temperaturami smo pokazali le za prvi izlet, vendar je vprašanje, če je prvi izlet verodostojen pokazatelj dinamike izletavanja, saj ne odraža obnašanja celotne kolonije (Bullock in sod., 1987). Potrebno je upoštevati mediani izlet, kjer pa smo pokazali le korelacijo med časom izleta in dnevno temperaturo zatočišča. Opazimo lahko, da pri osvetljenih cerkvah bolj kot velikost kolonije in temperatura, na čas in trajanje izletavanja vplivajo drugi dejavniki, najverjetneje prav zunanja osvetlitev.

Na osvetljenih cerkvah bi lahko pogledali tudi razlike v posameznih parametrih (prvi izlet, mediani izlet, itd.) med različnimi preletnimi odprtinami posamezne osvetljene cerkve. Predvidevamo, da bi se pokazale določene razlike, saj so že v projektu Life+ »Življenje ponoči« pokazali, da so netopirji iz manj osvetljenih odprtin izleteli prej in v veliko krajšem času (Zagmajster, 2014). Ker smo uporabljali združene podatke za celotno cerkev (celokupne podatke za netopirje, ob upoštevanju vseh odprtin hkrati), smo tudi zato lahko izgubili možnost zaznati razlike med osvetljenimi in neosvetljenimi cerkvami. Opazili smo namreč, da netopirji pogosteje uporabljajo manj osvetljene odprtine.

Pri osvetljevanju cerkva bi bilo treba zmanjšati jakost zunanje osvetlitve in preletne odprtine dodatno zatemniti ter tako zmanjšati vpliv umetne svetlobe na netopirje in druge nočne živali (Zagmajster, 2013). Za jasnejše primerjave bi morali primerjati kolonije s približno istim številom netopirjev, ker so drugače težave pri primerjanju različnih cerkva med seboj. Cerkve v naši nalogi so bile na različnih geografskih legah, imele so različno število preletnih odprtin na različnih straneh neba, itd. Raziskovanja morajo tudi potekati

več dni zaporedno in v daljšem časovnem obdobju. Težave pri primerjanju različnih cerkva med seboj so opazili tudi v evropskem projektu Life+ "Življenje ponoči" (Zagmajster, 2014), kjer so primerjave med osvetlitvenimi režimi delali le na istih cerkvah med različnimi leti.

### **5.2.7 Primerjava izletavanja malih podkovnjakov med osvetljeno in neosvetljeno cerkvijo na Mali Ligojni**

Eksperimentalni pristop na izbrani cerkvi v Mali Ligojni nam je omogočil spremljanje vpliva osvetljenosti/neosvetljenosti na isti lokaciji, s čimer smo lahko zanemarili vplive različnih okolic cerkva, njihovih gradenj, razlik v velikosti kolonij itd.

V naši raziskavi smo sicer opazili razlike v dinamiki izletavanja med osvetljeno in neosvetljeno fazo na isti cerkvi – netopirji so bolj zgodaj izleteli in manj časa izletavali iz neosvetljene cerkve, prav tako je bilo manj dogodkov in intervalov z dogodki, ko je bila cerkev neosvetljena. Razlike pa niso bile statistično značilne. Opazili smo tudi razlike med različnima preletnima odprtinama, vendar statistično neznačilne. Več netopirjev je izletelo iz odprtine na zahodni strani zvonika, ki je bila ob prižganem reflektorju manj osvetljena kot odprtina na južni strani. Vendar je iz odprtine na zahodni strani več netopirjev izletelo tudi, ko je bil reflektor ugasnjen. Opazili smo, da je bila razdalja med to odprtino in vegetacijo krajša kot pri odprtini na južni strani, tako da so jo verjetno izbirali zato, ker je bila pot do zavetja krajša.

Trajanje eksperimentalne osvetlitve in izklopa je trajalo relativno kratek čas, zato nimamo velikega vzorca opazovanj – le po pet v vsaki fazi osvetlitve. Netopirji se morda še niso odzvali na spremenjeno osvetlitev že prvi dan menjave osvetlitve in bi za uspešnejši prikaz razlik med osvetljeno in neosvetljeno fazo morali izvajati eksperiment dlje časa.

## 6 SKLEPI

1. V naši raziskavi smo ugotovili, da na izletavanje netopirjev vpliva veliko dejavnikov. V skladu s pričakovanji iz literature smo tudi v naših opazovanjih potrdili hipotezo, da je čas večernega izletavanja netopirjev povezan s časom sončnega zahoda.
2. Pri primerjavi izletavanj iz neosvetljenih cerkva in osvetljenih cerkva smo pri dveh parih cerkva pokazali razliko v času medianega izleta, pri enem paru pa tudi razliko v času zadnjega izleta.

Pri dveh parih cerkva smo potrdili hipotezo, da netopirji iz neosvetljenih cerkva izletijo prej, kot iz osvetljenih.

3. Pri neosvetljenih cerkvah smo podrobneje primerjali izletavanje netopirjev iz različnih preletnih odprtin iste cerkve. Nekoliko prej so izleteli iz preletne odprtine, ki je bila na manj osvetljeni strani cerkve, zasenčeni od zahodnega obzorja - a te razlike niso bile statistično značilne. Večji delež netopirjev je izletaval iz odprtin, ki so bile bližje okoliški vegetaciji.
4. Opazili smo razlike v času izletavanja v različnih reproduktivnih obdobjih - netopirji so izleteli najkasneje v obdobju ko so samice dojile, takrat je izletavanje večinoma trajalo najdlje.

## 7 POVZETEK

Mali podkovnjak (*Rhinolophus hipposideros*) je med najbolj ogroženimi evropskimi vrstami netopirjev (Bontadina in sod., 2002; Motte in Libois, 2002). Poleti si svoja zatočišča najpogosteje poišče v stavbah – večina porodniških kolonij se nahaja v objektih kulturne dediščine, največkrat v cerkvah (Petrinjak, 2009). Številne cerkve so ponoči z zunanje strani umetno osvetljene, umetna svetloba pa ima lahko negativen vpliv na obnašanje netopirjev (Downs in sod., 2003; Fure, 2006; Boldogh in sod., 2007; Stone in sod., 2009).

Cilj naloge je bil ugotoviti, ali umetno osvetljevanje zatočišč zakasni in podaljša čas izletavanja netopirjev in primerjati razlike v izletavanju med neosvetljenimi cerkvami ter med neosvetljenimi in osvetljenimi cerkvami. Zanimalo nas je tudi, če se izletavanje netopirjev razlikuje med različnimi preletnim odprtinami istega zatočišča in ali so prisotne razlike v času izletavanja pred kotitvijo, v času hranjenja mladičev in ko so mladiči sposobni leteti.

Primerjali smo čas prvega izleta, medianega izleta, zadnjega izleta in trajanja izletavanja med tremi cerkvami, ki niso imele zunanje osvetlitve (V Zideh, Verd, Lazec). Preverjali smo razlike v izletavanju iz različnih preletnih odprtin posamezne cerkve in v različnih reproduktivnih obdobjih samic. Nato smo tri zunanje neosvetljene cerkve primerjali tudi s tremi cerkvami, ki so bile zunanje osvetljene in so bile v bližini vsake od zunanje neosvetljenih cerkva (Špitalič, Stara Vrhnika, Otalež). Primerjali smo razlike v času prvega izleta, medianega izleta in zadnjega izleta, intervala med prvim in medianim izletom, trajanje izletavanja in dinamiko izletavanja. Na cerkvi v Mali Ligojni smo izvedli eksperiment, pri katerem smo na zunanje osvetljeni cerkvi ugasnili osvetlitev in nato izletavanje spremljali tako v osvetljenem, kot v neosvetljenem stanju. Za primerjave dveh med seboj neodvisnih vzorcev smo uporabili Mann-Whitney U-test, ki primerja mediane dveh med seboj nepovezanih vzorcev. Za primerjavo median treh vzorcev smo uporabili neparametričen test Kruskal-Vallis, za izračun povezanosti dveh spremenljivk med seboj pa Spearmanov koeficient korelacije. Za primerjavo obnašanja netopirjev na Mali Ligojni, ko je bila ta osvetljena in ko je bila v temi, smo uporabili Wilcoxonov test enakovrednih parov, ki primerja mediane dveh med seboj povezanih vzorcev.



Čas večernega izletavanja netopirjev je bil povezan s časom sončnega zahoda. Med tremi neosvetljenimi cerkvami nismo ugotovili razlik v času prvega, medianega in zadnjega izleta. Razliko v času medianega izleta pa smo ugotovili med paroma V Zideh - Špitalič in Lazec - Otalež, kjer po ena cerkev v paru ni imela zunanje osvetlitve, druga pa. Pri teh dveh parih cerkva smo potrdili hipotezo, da netopirji iz neosvetljenih cerkva izletijo prej, kot iz osvetljenih. Na osvetljenih cerkvah je bil čas začetka izletavanja zakasnen domnevno zaradi umetnega osvetljevanja zatočišča (Boldogh in sod., 2007). Pri paru Verd - Stara Vrhnika razlike v dinamiki izletavanja med osvetljeno in neosvetljeno cerkvijo nismo potrdili, saj so netopirji iz osvetljene cerkve izletavali iz dela, ki ni bil neposredno osvetljen. V poskusu na Mali Ligojni so netopirji sicer izleteli prej, ko cerkev ni bila osvetljena, a so bile razlike statistično neprepričljive.

Iz neosvetljene cerkve, ki ni imela vseh preletnih odprtih na isti strani neba, se je izletavanje netopirjev razlikovalo med različnimi preletnimi odprtinami. Prej so izleteli iz odprtine na strani cerkve, zasenčene od zahodnega obzorja in bližje pasu vegetacije, a so bile razlike statistično neznačilne. Pri osvetljenih cerkvah so netopirji večinoma uporabljali odprtine, ki niso bile pretirano osvetljene.

Opazili smo razlike v času izletavanja netopirjev pred kotitvijo, v času hranjenja mladičev in v obdobju, ko so bili mladiči sposobni leteti. Najkasnejši izlet samic je bil v obdobju dojenja – takrat samice odložijo mladiče na primerno mesto v zatočišču, nato pa ostanejo pri njih še nekaj časa, dokler večina kolonije ne zapusti zatočišča, saj se lahko zgodi, da bi mladiče drugi netopirji med svojim izletom nehote vrgli na tla (Kunz, 1974).

Pokazali smo tudi korelacijo med različnimi temperaturami in časom prvega in medianega izleta pri neosvetljenih cerkvah. Pri osvetljenih cerkvah smo pokazali korelacijo med različnimi temperaturami in časom prvega izleta ter med dnevno temperaturo zatočišča in medianim izletom. Temperatura namreč lahko vpliva na izlet zaradi povezanosti z aktivnostjo žuželk, ki je višja pri višjih temperaturah (Yela in Holyoak, 1997).

Povzamemo lahko, da je umetna svetloba vplivala na netopirje v zatočiščih in zakasnila čas izleta, ki je pri netopirjih pogosto pogojen s časom aktivnosti njihovega glavnega plena (Jones in Rydell, 1994; Rydell in sod., 1996) in je zato za netopirje velikega pomena. Pri osvetljevanju cerkva bi bilo treba zmanjšati jakost zunanje osvetlitve in preletne odprtine

dodatno zatemniti, da bi tako zmanjšali vpliv umetne svetlobe na netopirje in ostale nočne živali (Zagmajster, 2013). Naše primerjave med različnimi cerkvami pa so bile otežene, saj so bile cerkve na različnih geografskih legah, različna je bila gradnja cerkev, število in položaj preletnih odprtih, velikost kolonije netopirjev, temperaturne razmere itd. Poleg vpliva osvetljenosti na izletavanje smo tako upoštevali tudi te druge vplive. Prav zaradi tega je pomembno, da se dela tudi poskuse na enem samem zatočišču, kjer druge vplive lahko zanemarimo. Za podrobnejše razumevanje vpliva umetne osvetlitve na obnašanje netopirjev pa morajo raziskovanja potekati več dni zaporedno in v daljšem časovnem obdobju.

## 8 VIRI

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

Atlas okolja

[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (april 2015)

Blejec A. 2010. Introduction to R: 128 str.

<http://ablejec.nib.si/R/I2R/DOC/I2R.pdf> (oktober 2013)

Boldogh S., Dobrosi D., Samu P. 2007. The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica*, 9, 2: 527-534

Bontadina F., Arlettaz R., Fankhauser T., Lutz M., Mühle-Thaler E., Theiler A., Zingg P. 2000. The lesser horseshoe bat *Rhinolophus hipposideros* in Switzerland: present status and research recommendations. *Le Rhinolophe*, 14: 69-83

Bontandina F., Schofield H., Naef-Daenzer B. 2002. Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bat forage in woodlands. *Journal of zoology*, 258: 281-290

Bullock D. J., Combs B. A., Eales L.A., Prichard J. S. 1987. Analysis of the timing and pattern of emergence of the pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*). *Journal of zoology*, 211: 267-274

Cinzano P., Falchi F., Elvidge C. D. 2001. The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328: 689-707

DeCoursey G., DeCoursey P. 1964. Adaptive aspects of activity rhythms in bats. *Biological Bulletin*, 126: 14-27

Dietz C., von Halversen O., Nill D. 2009. Bats of Britain, Europe & Northwest Africa. London, A & C Black Publishers Ltd.: 400 str.

- Downs N. C., Beaton V., Guest J., Polanski J., Robinson S. L., Racey P. A. 2003. The effects of illuminating the roost entrance on the emergence behaviour of *Pipistrellus pygmaeus*. *Biological Conservation*, 111: 247-252
- Duvergé P. L., Jones G., Rydell J., Ransome R. D. 2000. Functional significance of emergence timing in bats. *Ecography*, 21, 1: 32-40
- Erkert H. G. 1982. Ecological aspects of bat activity rhythms. V: Kunz T. H. (ur.), *Ecology of bats*. New York, Plenum Press: 201-242
- Erkert H. G. 1987. Sunset-related timing of flight activity in neotropical bats. *Oecologia*, 37: 59-67
- Fenton M. B., Rautenbach I. L., Smith S. E., Swanepoels C. M., Grosell J., Jaarsveld J. van. 1994. Raptors and bats: threats and opportunities. *Animal Behaviour*, 48: 9-18
- Fenton M. B., Simmons N. B. 2015. *Bats: A World of Science and Mystery*. Chicago, University of Chicago Press: 240 str.
- Fowler J., Cohen L., Jarvis P. 1998. *Practical statistics for field biology*. 2. izd. West Sussex, Open University Press: 272 str.
- Frick W. F., Stepanian P. M., Kelly J. F., Howard K. W., Kuster C. M., Kunz T. H., Chilson P. B. 2012. Climate and Weather Impact Timing of Emergence of Bats. *PLoS ONE*, 7, 8: 1-8
- Fure A. 2006. Bats and lighting. *The London Naturalist*, 85: 1-20
- Gaisler J. 1963a. Nocturnal activity in the lesser horseshoe bat, *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800). *Zoologické Listy*, 12: 223–230
- Gaisler J. 1963b. The ecology of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros* Bechstein, 1800) in Czechoslovakia, part I. *Zoologické Listy*, 28, 3: 211-233

- Hercog K. 2013. Poletna zatočišča malega podkovnjaka (*Rhinolophus hipposideros*) v objektih kulturne dediščine v osrednji Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 94 str.
- Herreid C. F., Davis R. B. 1966. Flight patterns of bats. *Journal of Mammalogy*, 47, 1: 78-86
- Hölker F., Wolter C., Perkin E. K., Tockner K. 2010. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in ecology and Evolution*, 25, 12: 681-682
- Holzhaider J., Kriner E., Rudolph B.-U., Zahn A. 2002. Radio-tracking a lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) in Bavaria: an experiment to locate roosts and foraging sites. *Myotis*, 40: 47-54
- Hudoklin A. 1999. Letna dinamika pojavljanja podkovnjakov (*Rhinolophus* spp.) v nekaterih jamah na Dolenjskem. *Annales Series Historia Naturalis*, 2, 17: 323-328
- Hughes P. M., Rayner J. M. V. 1991. Addition of artificial loads to long-eared bats *Plecotus auritus*: handicapping flight performance. *Journal of Experimental Biology*, 161: 285-298
- Geopedia, 2015. Interaktivni spletni atlas Geopedia.si  
<http://www.geopedia.si> (april 2015)
- Jacobs D., Cotterill F. P. D., Taylor P. J., Aulagnier S., Juste J., Spitzenberger F., Hutson A.M. 2008. *Rhinolophus hipposideros*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. 2008.  
<http://www.iucnredlist.org/details/19518/0> (marec 2015)
- Jones G., Rayner J. M. V. 1989. Foraging behavior and echolocation of wild horseshoe bats *Rhinolophus ferrumequinum* and *R. hipposideros* (Chiroptera, Rhinolophidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 25: 183-191
- Jones G., Rydell J. 1994. Foraging strategy and predation risk as factors influencing emergence time in echolocating bats. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 346, 1318: 445-455

- Kayikcioglu A., Zahn A. 2004. High temperatures and the use of satellite roosts in *Rhinolophus hipposideros*. *Mammalian Biology*, 69, 5: 337-341
- Knight T., Jones G. 2009. Importance of night roosts for bat conservation: roosting behaviour of the lesser horseshoe bat *Rhinolophus hipposideros*. *Endangered species research*, 8: 79-86
- Košmelj K. 2007. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 239 str.  
[http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2721/Uporabna\\_statistika\\_okt\\_2007/Uporabna\\_statistika\\_01.pdf](http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2721/Uporabna_statistika_okt_2007/Uporabna_statistika_01.pdf)  
(maj 2015)
- Kunz T. H. 1974. Feeding ecology of a temperate insectivorous bat (*Myotis velifer*). *Ecology*, 55, 4: 693-711
- Kunz T. H., Whitaker Jr. J. O., Wadanoli M. D. 1995. Dietary Energetics of the Insectivorous Mexican Free-Tailed Bat (*Tadarida brasiliensis*) during Pregnancy and Lactation. *Oecologia*, 101: 407-415
- Kunz T. H., Anthony E. L. P. 1996. Variation in the timing of nightly emergence behaviour in the little brown bat, *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Contributions in Mammalogy: A Memorial Volume Honoring Dr. J. Knox Jones, Jr.*, 225-235
- Kurta A., Bell G. P., Naggy K. A., Kunz T. H. 1989. Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging Little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological biology* 62, 3: 804-818
- Lino A., Fonseca C., Goiti U., Ramos Perreira M. J. 2014. Prey selection by *Rhinolophus hipposideros* (Chiroptera, Rhinolophidae) in a modified forest in Southwest Europe. *Acta Chiropterologica*, 16, 1: 75-83
- McAney C. M., Fairley J. S. 1988. Activity patterns of the lesser horseshoe bat *Rhinolophus hipposideros* at summer roosts. *Journal of Zoology*, 216: 325-338

- McAney C. M., Fairley J. S. 1989. Analysis of the diet of the horseshoe bat *Rhinolophus hipposideros* in the West of Ireland. *Journal of Zoology*, 217: 491-498
- Mitchell-Jones A. J., Amori G., Bogdanowicz W., Krystufek B., Reijnders P.J.H., Spitzenberger F., Stubbe M., Thissen J. B. M., Vohralik V., Zima J. 1999. *The Atlas of European Mammals*. London, Academic Press: 484 str.
- Mirai Solutions GmbH. 2015. Package "XL Connect", 1.3.2015: 132 str.  
<https://cran.r-project.org/web/packages/XLConnect/XLConnect.pdf> (november 2013)
- Motte G., Libois R. 2002. Conservation of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros* Bechstein 1800) (Mammalia: Chiroptera) in Belgium. A case study of feeding habitat requirement. *Belgian Journal of Zoology*, 132: 49-65
- Neuweiler G. 1989. Foraging ecology and audition in echolocating bats. *Tree*, 4, 6: 160-166
- Ogorelec B. 2007. *Natura 2000*.  
[http://www.natura2000.si/index.php?id=107&no\\_cache=1&species\\_id=171](http://www.natura2000.si/index.php?id=107&no_cache=1&species_id=171) (maj 2015)
- Petrinjak A. 2009. Mali podkovnjak / Lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*). V: *Atlas netopirjev (Chiroptera) Slovenije*. Presetnik P., Koselj K., Zagamajster M. (ur.). 1. izd. Ljubljana, Center za kartografijo favne in flore: 44-47
- Presetnik P., Koselj K., Zagamajster M. 2009. *Atlas netopirjev (Chiroptera) Slovenije, Atlas of bats (Chiroptera) of Slovenia*. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 152 str.
- Presetnik P., Podgorelec M., Grobelnik V., Šalamun A. 2009. Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst netopirjev 2008-2009. Zaključno poročilo. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 121 str.
- Presetnik P., Podgorelec M., Grobelnik V., Šalamun A. 2011. Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst netopirjev v letih 2010 in 2011. Končno poročilo. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 282 str.

- Presetnik P., Kumar B. 2012. First record of a cave maternity roost of *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800) in Slovenia. *Natura Sloveniae* 14, 1: 31-34
- Presetnik P., Knapič T., Podgorelec M., Šalamun A. 2012. Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst netopirjev 2012. Končno poročilo. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 261 str.
- Presetnik P., Podgorelec M., Šalamun A. 2013. Odkup in obdelava podatkov monitoringa populacij izbranih ciljnih vrst netopirjev za leto 2013. Končno poročilo. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 110 str.
- Presetnik P., Trilar T. 2013. Twenty-two year-old *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800): the longest known lifespan of a bat in Slovenia. *Natura Sloveniae* 15, 1: 45-46
- Ramovš V., Zidar S., Zagmajster M. 2010. Emergence and flight routes of the lesser horseshoe bats *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800) from a church at Ljubljansko barje, central Slovenia. *Natura Sloveniae* 12, 2: 35-53
- Reiter G. 2004a. The importance of woodland for *Rhinolophus hipposideros* (Chiroptera, Rhinolophidae) in Austria. *Mammalia*, 68, 4: 403-410
- Reiter G. 2004b. Postnatal growth and reproductive biology of *Rhinolophus hipposideros* (Chiroptera: Rhinolophidae). *Journal of Zoology*, 262: 231-241
- Rydell J. 1991. Seasonal use of illuminated areas by foraging northern bats *Eptesicus nilssoni*. *Holarctic Ecology*, 14: 203-207
- Rydell J. 1992a. Occurrence of bats in northernmost Sweden (65° N) and their feeding ecology in summer. *Journal of Zoology*, 227: 517-529
- Rydell J. 1992b. Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Functional ecology*, 6: 744-750
- Rydell J., Entwistle A., Pacey P. A. 1996. Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. *OIKOS*, 76, 2: 243-252



- Schofield H. W. 1996. The ecology and conservation biology of *Rhinolophus hipposideros*, the lesser horseshoe bat. Thesis (Ph.D.). Aberdeen, University of Aberdeen: 198 str.
- Speakman J. R. 1991. Why do insectivorous bats in Britain not fly in daylight more frequently? *Functional Ecology*, 5: 518-524
- Speakman J. R. 1995. Chiropteran nocturnality. *Symposia of the Zoological Society of London*, 67: 187-201
- Stone E. L., Jones G., Harris S. 2009. Street lighting disturbs commuting bats. *Current biology*, 19: 1-5
- Svensson A. M., Rydell J. 1998. Mercury vapor lights interfere with the bat defence of tympanate moths (*Operophtera* spp.; Geometridae). *Animal behaviour*, 55: 223-226
- Swift S. M. 1980. Activity patterns of pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology*, 190: 285-295
- Ur. l. RS (1992): Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst. Uradni list RS 2(206): 102-145
- Ur. l. RS (1998): Zakon o ratifikaciji konvencije o varstvu selitvenih vrst prosto živečih živali. Uradni list RS 8(18): 309-327
- Ur. l. RS (1999a): Zakon o ratifikaciji konvencije o varstvu prosto živečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov (MKVERZ). Uradni list RS 9(55): 773-820
- Ur. l. RS (1999b): Zakon o zaščiti živali. Uradni list RS 9(98): 14645-14653
- Ur. l. RS (2002): Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Uradni list RS 12(82): 8893-8975
- Ur. l. RS (2003): Zakon o ratifikaciji sporazuma o varstvu netopirjev v Evropi (MVNE). Uradni list RS 13(102): 1777-1784

- Ur. l. RS (2004a): Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah. Uradni list RS 14(46): 5963-6016
- Ur. l. RS (2004b): Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). Uradni list RS 14(49): 13173-13395
- Ur. l. RS (2004c): Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot. Uradni list RS 14(111): 6409-6480
- Ur. l. RS (2004d): Uredba o ekološko pomembnih območjih. Uradni list RS 14(48): 6356-6365
- Ur. l. RS (2004e): Zakon o ohranjanju narave (ZON-UPB2). Uradni list RS 14(96): 11541-11574
- Ur. l. RS (2004f): Zakon o varstvu podzemnih jam. Uradni list RS 14(2): 165-175
- Ur. l. RS (2004g): Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS 14(41): 4818-4853
- Ur. l. RS (2007): Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja. Uradni list RS 17(81): 11081-11088
- Warren R. D., Witter, M. S. 2002. Monitoring trends in bat populations through roost surveys: methods and data from *Rhinolophus hipposideros*. *Biological Conservation*, 105: 255-261
- Yela J., Holyoak M. 1997. Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*, 26: 1283-1290
- Zagmajster M. 2011. Raziskovanje netopirjev v okviru projekta Življenje ponoči v letu 2011. Glej, netopir!, 8, 1: 2-8
- Zagmajster M. 2013. Zaključno leto terenskih raziskav netopirjev v okviru projekta »Življenje ponoči«. Glej, netopir!, 10, 1: 8-14
- Zagmajster M. 2014. Vpliv zunanje razsvetljave na netopirje. V: Naravi prijaznejša razsvetljava objektov kulturne dediščine (cerkva). Priporočila. Mohar A., Zagmajster

M., Verovnik R., Bolta Skaberne B. (ur.). Ljubljana, Društvo Temno nebo Slovenije:  
15-19

Zahn A., Hozhaider J., Kriner E., Maier A., Kayikcioglu A. 2007. Foraging activity of  
*Rhinolophus hipposideros* on the Island of Herrenchiemsee, Upper Bavaria. *Mammalian  
Biology*, 73: 222-229

## ZAHVALA

Zahvaljujem se

svoji mentorici doc. dr. Maji Zagmajster za vso pomoč, podporo in koristne nasvete ter popravke, ki so mi pomagali pri izvedbi terenskih opazovanj in izdelavi moje naloge,

recenzentu doc. dr. Cenetu Fišerju in predsedniku komisije prof. dr. Rudiju Verovniku za pregled dela, popravke in predloge,

vsem, ki so mi pomagali pri izvedbi mojih terenskih opazovanj, ni vas bilo malo: Viktor Avbelj, Barbara Ban, Roman Borišek, Daša Božič, Natalija Dečman, Katarina Drašler, Eva Erzar, Renato Fajfar, Kaja Felda, Gaberšček Luka, Ana, Meta, Sergij, Jan Gojznikar, Anja Japelj, Žan Jenko, Jan Jereb, Andrej Jurček, Rožle Kaučič, Lara Kosor, Jasmina Kotnik, Štefan Kouter, Nika Krivec, Ajda Lovec, Nives Lovec, Janja Matičič, Tina Mihelič, Nadja Osojnik, Tea Osterc, Sara Podržaj, Miloš Popović, Eva Raspor, Anja Remškar, Dušan Sadiković, Nataša Sivec, Barbara Škrjanc, Naja Tratnik, Vinko Treven, Katarina Uršič, Tjaša Volk, Katarina Vukelič, Maja Zagmajster, Simon Zidar, Nina Zupanič,

ključarjem in oskrbnikom cerkva, ki so mi omogočili izvedbo dnevnih pregledov zatočišč,

moji družini in prijateljem, ki so mi ves čas stali ob strani in me podpirali; mami, posebna zahvala gre tebi.

Naloga je potekala in bila sofinancirana v okviru projekta Life+ Življenje ponoči. Posebna zahvala gre dr. Maji Zagmajster, ki mi je ponudila možnost sodelovanja pri projektu v okviru študentskega dela in nato izdelavi moje naloge. Hvala vsem sodelavcem s projekta Life+ Življenje ponoči, s katerimi smo se na terenih večkrat srečevali. Zahvaljujem se vodji projekta Barbari Bolta Skaberne za pomoč pri izvedbi eksperimenta z ugašanjem osvetlitve.

## PRILOGE

### Priloga A: Velikosti notranjih odprtih vseh opazovanih cerkva

Preglednica A1: Velikosti notranjih odprtih vseh opazovanih cerkva (širina in višina); vrednosti so zaokrožene in podane v centimetrih.

| cerkev            | zvonik - podstrešje [cm] | zvonik - prostor z zvonovi [cm] | zvonik - podstrešje zvonika [cm] | podstrešje - prizidek [cm] |
|-------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| V Zideh           | 75 x 125                 | 60 x 60                         | 100 x 70                         | /                          |
| Verd              | 60 x 60                  | 60 x 100                        | 50 x 50                          | /                          |
| Lazec             | 45 x 130                 | zaprto                          | 50 x 50                          | 200 x 20                   |
| Špitalič<br>Stara | 45 x 55                  | 130 x 80                        | 40 x 30                          | 150 x 15                   |
| Vrhnika           | zaprto                   | zaprto                          | 50 x 60                          | /                          |
| Otalež            | 70 x 140                 | 60 x 60                         | 60 x 60                          | /                          |
| Mala<br>Ligojna   | ni prehoda               | 60 x 80                         | 80 x 80                          | /                          |

## **Priloga B: Opisi neposredne okolice cerkva**

**Cerkev v Zideh** leži v večji travniški globeli izven centra vasi. V polmeru 200 m okoli cerkve so polja, travniki in mešani gozd, z izjemo ene hiše, ki stoji 12 m severno od cerkve. Cerkev z južne, vzhodne ter deloma zahodne strani neposredno obdaja pas grmovja in dreves.

**Cerkev v Verdu** se nahaja med hišami v naselju in jo na jugovzhodni ter zahodni strani obdaja pokopališče z obzidjem. Na severni strani obzidje neposredno obdaja sadovnjak, ki se širi tudi na vzhodno in južno stran, tik za obzidjem pokopališča. Zahodno je ob pokopališču pas smrek, kjer je tudi ena cestna svetilka (20 metrov od cerkve). Reka Ljubljanica je oddaljena 55 metrov zahodno, mešani gozd se nahaja jugozahodno.

**Cerkev v Lazcu** na vzhodni, severni in zahodni strani obdaja travnik, na zahodni in severni strani je tudi pas sadnih dreves, na južni strani je cesta. V radiju 90 metrov okoli cerkve so travniki s posameznimi drevesi, z izjemo dveh hiš 13 metrov severno in 25 metrov severozahodno od cerkve. Severno od cerkve se nahaja mešani gozd.

**Cerkev v Špitaliču** z vseh strani obdaja pokopališče z obzidjem. Na vzhodni in zahodni strani je ob pokopališču cesta, na severni strani je pas grmovja in manjša travnata površina, nato cesta. Na južni strani je polje. Na vzhodni strani je na nasprotni strani ceste od pokopališča prisotna mejica mešanih dreves. Tako na zahodni kot vzhodni strani se ob cesti razprostirajo travniki, 11 metrov vzhodno od cerkve se nahajata še dve hiši. Mešani gozd je vzhodno od cerkve.

**Cerkev na Stari Vrhniki** z vseh strani obdaja pokopališče, nadalje pa z južne strani cesta in z jugovzhodne, zahodne in severne strani pas zelenja z drevesi, na zahodni strani so hiše. Več listnatih dreves se na zahodni strani cerkve razprostira proti severu. Manjši listnati gozdiček je severno od cerkve in se razprostira proti severozahodu.

**Cerkev v Otaležu** se nahaja v naselju in jo z vseh strani obdaja pokopališče in nato cesta, razen na jugovzhodni strani. Na jugovzhodni, južni in zahodni strani so travnate površine s posameznimi drevesi. Severno od cerkve so travniki, polja in mešani gozd.

**Cerkev na Mali Ligojni** stoji na nizkem griču nad vasjo in je obdana z ovalnim zidom. Na severni strani, takoj za zidom, ki obdaja cerkev, leži gozdiček listnatih dreves, ki se razteza tudi na zahodno ter vzhodno stran cerkve, vendar je med cerkvijo in drevesi še travnik. Na južni strani je travnik. Vzhodno od cerkve je mešani gozd.

### Priloga C: Število čez dan prešteti in število zvečer izletelih malih podkovnjakov na treh neosvetljenih cerkvah poleti 2013

Preglednica C1: Število čez dan prešteti netopirjev (posebej število odraslih, mladičev, ki visijo na samicah (»mladiči 2«) in samostojnih mladičev (»mladiči«)) ter število izletelih netopirjev na cerkvi V Zideh poleti 2013. Opomba: sedmi teden opazovanja V Zideh je označen kot mesec julij, vendar je bil točen datum 30.6.2013.

| teden opazov. | mesec | št. odraslih | št. mladičev 2 | št. mladičev | št. vseh netop. | št. izlet. |
|---------------|-------|--------------|----------------|--------------|-----------------|------------|
| 1             | MAJ   | 33           | 0              | 0            | 33              | 29         |
| 3             | JUN   | 26           | 0              | 0            | 26              | 29         |
| 5             | JUN   | 33           | 0              | 0            | 33              | 46         |
| 6             | JUN   | 38           | 0              | 0            | 38              | 43         |
| 7             | JUL   | 45           | 1              | 0            | 46              | 50         |
| 8             | JUL   | 48           | 19             | 0            | 67              | 48         |
| 9             | JUL   | 34           | 17             | 0            | 51              | 49         |
| 11            | JUL   | 25           | 2              | 18           | 45              | 57         |
| 13            | AVG   | 30           | 0              | 11           | 41              | 57         |
| 15            | AVG   | 30           | 0              | 5            | 35              | 53         |

Preglednica C2: Število čez dan prešteti netopirjev (posebej število odraslih, mladičev, ki visijo na samicah (»mladiči 2«), samostojnih mladičev (»mladiči«)) ter netopirjev, za katere nismo mogli določiti, ali so odrasli ali mladiči (»odr./mlad.«)) ter število izletelih netopirjev na cerkvi v Verdu poleti 2013.

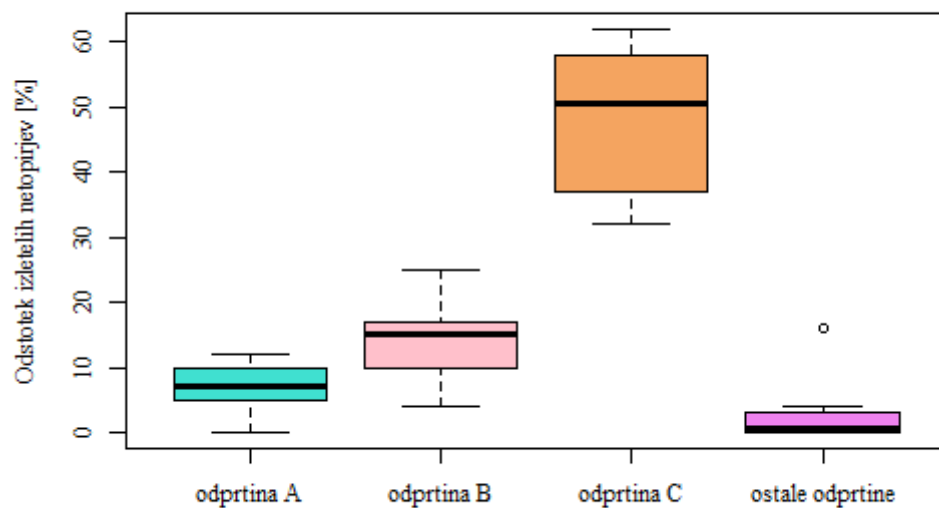
| teden opazov. | mesec | št. odraslih | št. mladičev 2 | št. mladičev (št. odr./mlad.) | št. vseh netop. | št. izlet. |    |
|---------------|-------|--------------|----------------|-------------------------------|-----------------|------------|----|
| 1             | MAJ   | 14           | 0              | 0                             | 14              | 25         |    |
| 3             | JUN   | 18           | 0              | 0                             | 18              | 25         |    |
| 5             | JUN   | 23           | 0              | 0                             | 23              | 34         |    |
| 6             | JUN   | 29           | 1              | 0                             | 30              | 34         |    |
| 7             | JUL   | 27           | 11             | 0                             | 38              | 31         |    |
| 8             | JUL   | 28           | 18             | 0                             | 46              | 30         |    |
| 9             | JUL   | 29           | 18             | 0                             | 4               | 51         | 31 |
| 11            | JUL   | 25           | 1              | 12                            | 38              | 45         |    |
| 13            | AVG   | 16           | 0              | 5                             | 21              | 34         |    |
| 15            | AVG   | 19           | 0              | 7                             | 26              | 24         |    |



Preglednica C3: Število čez dan prešteti netopirjev (posebej število odraslih, mladičev, ki visijo na samicah (»mladiči 2«) in samostojnih mladičev (»mladiči«)) ter število izletelih netopirjev na cerkvi v Lazcu poleti 2013.

| teden opazov. | mesec | št. odraslih | št. mladičev 2 | št. mladičev | št. vseh netopirjev | št. izlet. |
|---------------|-------|--------------|----------------|--------------|---------------------|------------|
| 1             | MAJ   | 49           | 0              | 0            | 49                  | 45         |
| 3             | JUN   | 65           | 0              | 0            | 65                  | 81         |
| 5             | JUN   | 53           | 0              | 0            | 53                  | 75         |
| 6             | JUN   | 74           | 0              | 0            | 74                  | 74         |
| 7             | JUL   | 76           | 0              | 0            | 76                  | 90         |
| 8             | JUL   | 70           | 20             | 0            | 90                  | 66         |
| 9             | JUL   | 72           | 42             | 0            | 114                 | 84         |
| 11            | JUL   | 66           | 24             | 16           | 106                 | 82         |
| 13            | AVG   | 44           | 3              | 13           | 60                  | 52         |
| 15            | AVG   | 39           | 0              | 12           | 51                  | 49         |

**Priloga D: Razporeditev izletelih netopirjev med različnimi odprtiniami na cerkvi v Lazcu poleti 2013**



Slika D1: Delež izletelih netopirjev iz odprtin A, B in C posebej ter skupno število izletelih netopirjev iz vrha zvonika (»ostale odprtine«) na cerkvi v Lazcu poleti 2013.

## Priloga E: Prisotnost drugih vrst netopirjev na cerkvah v Verdu in v Lazcu poleti 2013

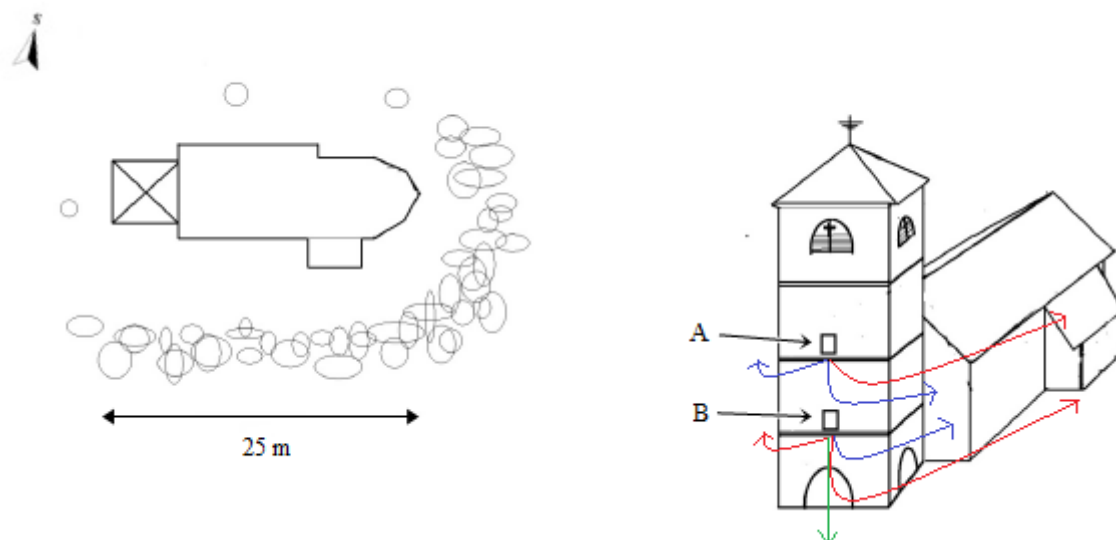
Preglednica E1: Prisotnost poznih netopirjev (*Eptesicus serotinus*) na neosvetljeni cerkvi v Verdu poleti 2013. Posebej je prikazano število netopirjev, prešteti na dnevnem pregledu in število netopirjev, ki so izleteli. Datumi, ko smo večerno izletavanje opravili na drug dan, kot dnevni pregled, so zapisani v oklepaju. Oznaka \* pomeni: nepopolno prešteto število izletelih netopirjev, saj na tistem opazovanju nismo opazovali vseh možnih odprtih, iz katerih so izletavali pozni netopirji.

| datum         | št. dnevni pregled | št. izletelih |
|---------------|--------------------|---------------|
| 21.5.         | 40                 | 43            |
| 3.6. (4.6.)   | 12                 | 55            |
| 18.6.         | 26                 | 56            |
| 24.6. (25.6.) | 73                 | 7*            |
| 1.7. (2.7.)   | 30                 | 35            |
| 8.7. (9.7.)   | 55                 | 70            |
| 15.7. (16.7.) | 42                 | 43            |
| 29.7. (1.8.)  | 14                 | 27            |
| 12.8. (13.8.) | 9                  | 11            |
| 27.8. (31.8.) | 0                  | 1             |

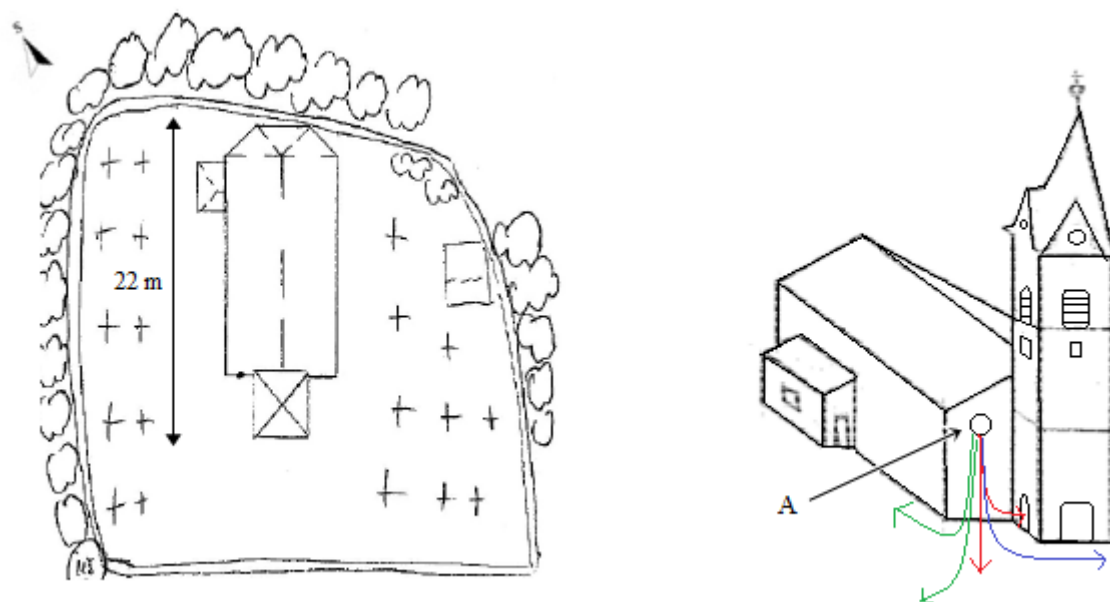
Preglednica E2: Prisotnost usnjebradih uhatih netopirjev (*Plecotus macrobullaris*) na neosvetljeni cerkvi v Lazcu poleti 2013. Posebej je prikazano število netopirjev, prešteti na dnevnem pregledu in število netopirjev, ki so izleteli. Datumi, ko smo večerno izletavanje opravili na drug dan, kot dnevni pregled, so zapisani v oklepaju. Oznaka \* pomeni: nepopolno prešteto število izletelih netopirjev na dnevnem pregledu zaradi slabe vidnosti netopirjev.

| datum         | št. dnevni pregled | št. izletelih |
|---------------|--------------------|---------------|
| 20.5.         | 10                 | 18            |
| 3.6.          | 14                 | 21            |
| 17.6.         | 4                  | 18            |
| 24.6.         | *                  | 7             |
| 1.7.          | 11                 | 20            |
| 8.7.          | 6                  | 27            |
| 16.7. (15.7.) | 7                  | 9             |
| 30.7.         | 2                  | 28            |
| 12.8.         | 0                  | 25            |
| 27.8. (29.8.) | 3                  | 19            |

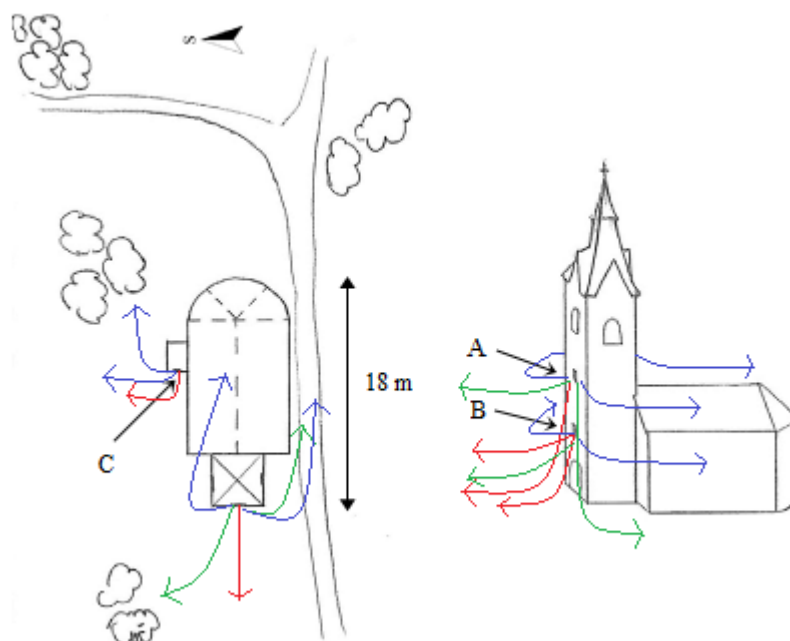
**Priloga F: Letalne poti malih podkovnjakov iz vseh treh cerkva brez zunanje osvetlitve (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013**



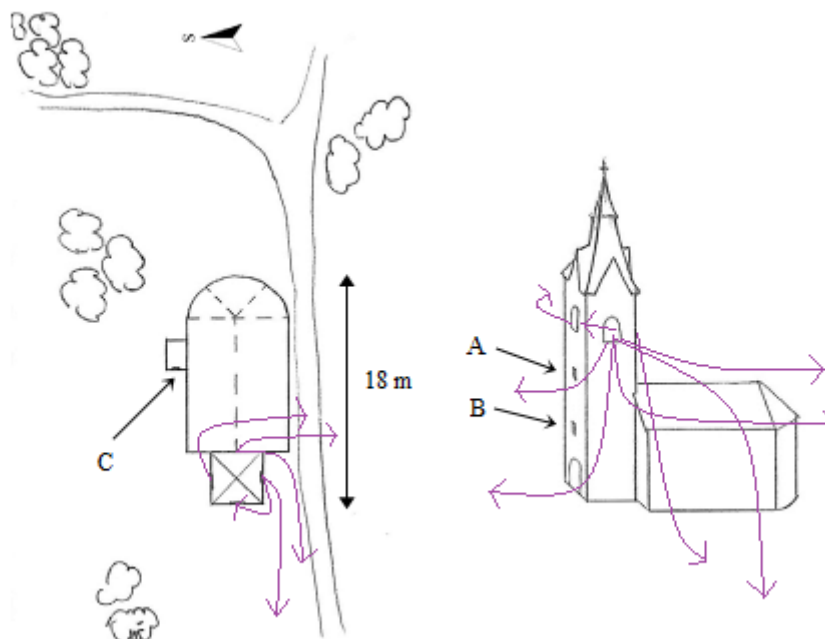
Slika F1: Letalne poti netopirjev iz cerkve V Zideh poleti 2013. Z rdečo so označene letalne poti netopirjev, ki smo jih opazili na 8 – 10 opazovanjih; z modro tiste, ki smo jih opazili na 3 -5 opazovanjih in z zeleno tista, ki je bila opažena le na enem opazovanju.



Slika F2: Letalne poti netopirjev iz cerkve v Verdu poleti 2013. Z rdečo so označene letalne poti netopirjev, ki smo jih opazili na vseh opazovanjih; z modro tiste, ki smo jih opazili na 5 opazovanjih in z zeleno tiste, ki so bile opažene na 2 - 3 opazovanjih.



Slika F3: Letalne poti netopirjev iz odprtin A, B in C cerkve v Lazcu poleti 2013. Z rdečo so označene letalne poti netopirjev, ki smo jih opazili na 8 - 5 opazovanjih; z modro tiste, ki smo jih opazili na 3 - 4 opazovanjih in z zeleno tiste, ki so bile opažene na 1 - 2 opazovanjih.



Slika F4: Letalne poti netopirjev iz zvonika cerkve v Lazcu poleti 2013.

## Priloga G: Temperature na dnevni pregledih in na večernih opazovanjih izletavanja netopirjev na treh neosvetljenih cerkvah (V Zideh, Verd, Lazec) poleti 2013

Preglednica G1: Temperature zatočišča V Zideh, merjene na dnevni pregledih - na podstrešju, v zvoniku in nad zvonovi ter zunanje temperature ob sončnem zahodu (SZ), prvem izletu netopirja (PI) in koncu opazovanja poleti 2013. Opomba: sedmi teden opazovanja V Zideh je označen kot mesec julij, vendar je bil točen datum 30.6.2013.

| teden opazov. | mesec | T podstrešje | T zvonik | T nad zvonovi | T ob SZ | T ob PI | T konec opazov. |
|---------------|-------|--------------|----------|---------------|---------|---------|-----------------|
| 1             | MAJ   | 20           |          |               | 14,1    | 13,5    | 12,7            |
| 3             | JUN   | 19,2         |          | 19,6          | 14,1    | 13,8    | 12,8            |
| 5             | JUN   | 30,9         |          | 33,2          | 24,8    | 23,1    | 22              |
| 6             | JUN   | 26,3         |          |               | 19      | 20,2    | 17,4            |
| 7             | JUL   | 24,2         |          | 25,3          | 17,7    | 18      | 15,7            |
| 8             | JUL   | 27           |          |               | 21,3    | 21,1    | 19,6            |
| 9             | JUL   | 26,8         |          |               | 21,2    | 18,7    | 17,7            |
| 11            | JUL   | 32,2         |          |               | 29,1    | 28      | 26,5            |
| 13            | AVG   | 29,6         | 27,4     |               | 22,4    | 21,5    | 19,9            |
| 15            | AVG   | 19,7         | 20,1     | 20,6          | 16,7    | 16,2    | 15,2            |
| povprečje     |       | 25,6         | 23,8     | 24,7          | 20,0    | 19,4    | 18,0            |

Preglednica G2: Temperature zatočišča v Verdu, merjene na dnevni pregledih – nad zvonovi in v zvoniku in zunanje temperature ob sončnem zahodu (SZ), prvem izletu netopirja (PI) in koncu opazovanja poleti 2013.

| teden opazov. | mesec | T nad zvonovi | T zvonik | T ob SZ | T ob PI | T konec opazov. |
|---------------|-------|---------------|----------|---------|---------|-----------------|
| 1             | MAJ   | 23,3          |          | 15,3    | 14,9    | 13,4            |
| 3             | JUN   | 23,1          |          | 17,6    | 17      | 15,7            |
| 5             | JUN   | 39,3          |          | 27,6    | 26      | 24,4            |
| 6             | JUN   | 22,8          |          | 15,8    | 14,5    | 13              |
| 7             | JUL   | 20,6          |          | 23,7    | 21,3    | 19,5            |
| 8             | JUL   | 26            |          | 25,2    | 23,4    | 21,6            |
| 9             | JUL   | 25,5          |          | 23,5    | 21,2    | 19,2            |
| 11            | JUL   | 37,1          | 30,2     | 26,1    | 24,6    | 23,2            |
| 13            | AVG   | 26,9          |          | 27,2    | 26,2    | 24,6            |
| 15            | AVG   | 26,9          |          | 19,5    | 21,1    | 17,9            |
| povprečje     |       | 27,2          |          | 22,2    | 21,0    | 19,3            |

Preglednica G3: Temperature zatočišča v Lazcu, merjene na dnevni pregledih – na podstrešju, v zvoniku in nad zvonovi in zunanje temperature ob sončnem zahodu (SZ), prvem izletu netopirja (PI) in koncu opazovanja poleti 2013.

| teden opazov. | mesec | T podstrešje | T zvonik | T nad zvonovi | T ob SZ | T ob PI | T konec opazov. |
|---------------|-------|--------------|----------|---------------|---------|---------|-----------------|
| 1             | MAJ   | 22,5         |          |               | 11,3    | 10,2    | 9,5             |
| 3             | JUN   | 26,5         |          |               | 17,4    | 17,1    | 15              |
| 5             | JUN   | 35,8         |          |               | 25,1    | 23,7    | 22,6            |
| 6             | JUN   | 16,7         | 20,3     | 16,7          | 14,9    | 14,9    | 14              |
| 7             | JUL   | 29,4         | 23,5     |               | 18,9    | 17,8    | 16,3            |
| 8             | JUL   | 35,1         |          |               | 22,6    | 21,7    | 21,4            |
| 9             | JUL   | 35,2         |          |               | 22,6    | 21,8    | 19,4            |
| 11            | JUL   |              | 27,4     |               | 22,5    | 21,6    | 19,9            |
| 13            | AVG   | 37,9         | 27,9     |               | 25,5    | 24,1    | 22,1            |
| 15            | AVG   | 26,3         |          | 20            | 17,2    | 16,2    | 14,8            |
| povprečna     |       | 29,5         | 24,8     | 18,4          | 19,8    | 18,9    | 17,5            |

## Priloga H: Osvetljenost odprtín na posamezni cerkvi

Preglednica H1: Osvetljenosti preletnih odprtín na posamezni cerkvi. Podane so povprečne vrednosti treh meritev, v enoti lux (1lm/m<sup>2</sup>). Opombe: Pri Lazcu je v odprtini E vrednost višja zaradi luči pri bližnji hiši. Pri Verdu, Špitaliču in Otaležu so bile v bližini tudi cestne svetilke in smo izmerili osvetljenost v smeri letih.

| cerkev        | odprtina     | vodoravno | navzgor | navzdol | proti ul. svetilki | proti reflektorju |
|---------------|--------------|-----------|---------|---------|--------------------|-------------------|
| V Zideh       | A            | 0,01      | 0       | 0       | /                  |                   |
|               | B            | 0,03      | 0       | 0,02    | /                  |                   |
| Verd          | A            | 0,04      | 0,02    | 0,03    | 0,05               |                   |
| Lazec         | A            | 0         | 0       | 0       | /                  |                   |
|               | B            | 0         | 0       | 0       | /                  |                   |
|               | C            | 0         | 0       | 0       | /                  |                   |
|               | D            | 0         | 0       | 0       | /                  |                   |
|               | E            | 0,017     | 0       | 0       | /                  |                   |
|               | F            | 0         | 0       | 0       | /                  |                   |
|               | G            | 0         | 0       | 0       | /                  |                   |
| Špitalič      | A            | 8,1       | 3,13    | 8,57    | 10,67              | 14,01             |
|               | B            | 8,54      | 4,27    | 10,18   | 11,29              | 13,4              |
|               | C            | 1,97      |         | 1,97    |                    | 1,97              |
| Stara Vrhnika | A            | 0,36      | 2,43    | 0,27    |                    |                   |
|               | B            | 22,82     | 11,2    | 17,51   |                    | 25,72             |
|               | C            | 0,49      | 0,61    | 1,54    |                    | 4,21              |
| Otalež        | A            | 0,06      | 0,04    | 0,06    |                    | 0,07              |
|               | Azg          | 0,31      | 0,04    | 0,43    |                    | 0,42              |
|               | B            | 0,02      | 0,01    | 0,04    |                    | 0,03              |
|               | Bzg          | 0,02      | 0       | 0,05    |                    |                   |
|               | C            | 0,04      | 0,02    | 0,05    |                    | 0,09              |
|               | D            | 0,05      | 0,02    | 0,05    | 0,03               | 0,13              |
|               | E            | 0,07      | 0,02    | 0,07    | 0,04               | 0,14              |
|               | F            | 0,35      | 0,14    | 0,41    | 0,15               | 0,62              |
|               | Fzg          | 0,32      | 0,04    | 0,62    | 0,18               | 0,64              |
|               | G            | 0,34      | 0,14    | 0,21    |                    | 0,33              |
|               | Gzg          | 0,41      | 0,06    | 0,55    |                    | 0,96              |
|               | rozeta       | 3,04      | 1,1     | 2,47    | 1,77               | 4,26              |
|               | Mala Ligojna | A         | 0       | 0       | 0                  |                   |
| B             |              | 0,02      | 0,01    | 0,01    |                    |                   |