

Útmutató épületek denevérbarát felújításához és az épületlakó denevérek védelméhez

Bevezető

A denevérek a rágcsálók után a második legnépesebb emlősrendet alkotják, a napjainkban ismert fajok száma megközelíti az 1300-at. Mobilitásuknak és sokszínűségüknek köszönhetően szinte az egész glóbuszt benépesítették, az emberiség „fejlődése” okozta globális környezeti krízis eredményeként azonban egyre több faj válik veszélyeztetetté. Az iparilag fejlett országokban élő állományok különösen rossz helyzetben vannak. Hazánkban még nagyon értékes denevérállományok élnek, a létszámcsökkenés azonban idehaza is egyértelműen kimutatható, illetve néhány faj esetében már kifejezetten aggasztó mértékű. A vegyszerek egyre elterjedtebb használata, a szállás- és táplálkozóhelyek fokozódó zavarása mind káros hatással vannak az érzékeny denevérekre.

A szálláshelyek egy része épületekben van, így ezek megőrzése nagyon fontos feladat.

1. Bevezetés, problémafelvetés
2. Épületlakó denevérfajok és denevérközösségek
 - 2.1. A fajok synanthropizációs folyamata, érintett fajok ökológiai igényei (a tv-i téma szerint kauzális nézőpontból)
 - 2.2. Épületlakó fajok bemutatása
 - 2.3. Denevérek hatásai és denevérekre gyakorolt hatások (direkt és indirekt, pozitív és negatív hatások,
 - 2.4. Egészségügyi kérdések ismertetése
3. Denevérvédelmi kérdések épületekben
 - 3.1. Jogi szabályozás (természetvédelmi, építésügyi)
 - 3.2. Kirekesztés módszerei
 - 3.3. Építések, felújításokhoz kapcsolódó veszélyhelyzetek, kezelési kérdések (pl. időbeli ütemezés, állványozás, mikroklimatikus adottságok fenntartása stb.)
 - 3.4. Denevérbarát fejlesztési módszerek (bepülönnyílások kialakítása)
 - 3.5. Fakonzerválók, impregnálók, egyéb vegyszerek
 - 3.6. A mesterséges éjszakai megvilágítás hatása a denevérekre és a védekezés lehetőségei
4. Denevérodúk, szálláshelykiváltás, átmeneti menedékhely kérdései
5. Min. 3 eset részletes ismertetése
6. Az értelmezést segítő fényképmelléklet (ez az egyes fejezeteknél is szerepelhet)
7. Szakirodalmak felsorolása

3.6. A MESTERSÉGES ÉJSZAKAI MEGVILÁGÍTÁS HATÁSA A DENEVÉREKRE ÉS A VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI

BOLDOGH SÁNDOR ANDRÁS

MME Emlősvédelmi Szakosztály, Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság;
sandorboldogh@yahoo.com

BEVEZETÉS

Az éjszakai életmódú denevérek természetes körülmények között csak a Hold és a csillagok fényének, illetve az alkonyati és hajnali derengésnek vannak kitéve. Fényérzékelésük igen kifinomult, még a holdfázisok okozta fényintenzitás változásra is érzékenyen reagálnak, ezért az emberiség által okozott mesterséges éjszakai megvilágításnak (továbbiakban: MÉM), illetve az ebből eredő fényszennyezésnek nyilvánvalóan rendkívül jelentős hatása van rájuk (ROWSE *et al.* 2016].

Közismert az, hogy a lámpák fénye által összegyűjtött rovar tömeg rövid időn belül odavonhat néhány denevért (RYDELL 2006; RYDELL & BAAGØE 1996), amit semleges vagy akár kedvező hatásnak is tekinthetnénk a MÉM-nek azonban sokkal inkább riasztó (DOWNS *et al.* 2003; STONE *et al.* 2009), ill. az egyedfejlődés és a viselkedés befolyásolásán keresztül bizonyítottan állománycsökkentő hatása van (BOLDOGH *et al.* 2007; VOIGT *et al.* 2018). Az egyes denevérfajok eltérő mértékben és módon reagálnak, a MÉM így jelentős mértékben átalakítja a denevérközösségeket, a tapasztalatok szerint kifejezetten csökkenti azok diverzitását is (pl. ANCILOTTO *et al.*, 2015; SCHOEMAN 2015). A MÉM nem csak közvetlenül hat a denevérekre, de például a rovarközösségek átalakításán (pl. EISENBEIS 2006; VEROVNIK *et al.* 2015) vagy az egyes élőhelyfoltok egymástól való elszigetelésén keresztül közvetett módon is.

A fentiek alapján világosan látszik, hogy csupán a denevérek oldaláról megközelítve is mennyire összetett problémakörrel állunk szemben. A denevérek speciális életmódja és képességei miatt (pl. az emberek által nem észlelt UV-tartományban is érzékelnek, a fajok többsége abszolút fénykerülő) kifejezetten nehéz a hatékony védelmi intézkedések kiválasztása, ráadásul a sok érintett érdekcsoport miatt ezek végrehajtása is általában igen hosszú előkészítést kíván.

Védelmi lépéseket azonban tennünk kell, az európai, illetve ezen belül a hazai denevérek ugyanis egyre nagyobb veszélyben vannak, a drasztikus állománycsökkenés több faj esetében egyértelműen kimutatott (MICKLEBURGH *et al.* 2002; VOIGT & KINGSTON 2016; BOLDOGH *et al.* 2019). Bár Magyarországon a denevérek 1901 óta védettek (európai viszonylatban elsőként nálunk helyezték őket védelem alá), komolyabb denevérvédelmi programok azonban csak két-három évtizede indultak. Hazánknak, mint az Európai Unió

tagjának, az EU által létrehozott Natura 2000¹ keretein belül is lépéseket lehet és kell tennie a denevérek érdekében. A MÉM és a fényszennyezés káros hatásai elleni védekezés keretében azonban eddig még csak nagyon kevés konkrét hazai lépés történt, bár a problémakör kezelésének lehetősége szerencsére már a magyar jogi szabályozásban is megjelenik.²

A következő néhány oldalon összefoglaljuk azokat a szempontokat, melyeket mindenképpen figyelembe kell venni az intézkedések tervezésénél, illetve ismertetünk néhány olyan – reményeink szerint máshol is hasznosítható – tapasztalatot, melyeket célirányos hazai denevérvédelmi intézkedések során gyűjtöttünk. A szempontok áttekintését az UNEP/EUROBATS legfrissebb iránymutatását (VOIGT *et al.* 2018) követve tesszük meg. A tapasztalatokat célirányos denevérvédelmi programok keretében gyűjtötték (lásd bővebben: BOLDOGH 2018).



1. kép: A kis patkósdenevér (*Rhinolophus hipposideros*) az egyik legérzékenyebb hazai faj.

¹ A Natura 2000 egy olyan összefüggő európai ökológiai hálózati rendszer, amely a közösségi jelentőségű természetes élőhelytípusok és vadon élő fajok védelmén keresztül biztosítja a biológiai sokféleség megővését, illetve hozzájárul ezek kedvező természetvédelmi helyzetének fenntartásához, helyreállításához.

² A természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvényt 35. § (1) bek. d) pontja, ill. az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet 54.§ 2. pontja.

A MÉM DENEVÉREKRE GYAKOROLT HATÁSAI

A tudományos tapasztalatok szerint a MÉM hatással van a denevérek minden élettevékenységére, legyen az táplálkozás, vonulás, nász (swarming), rejtőzködés vagy pihenés/telelés. Egyes denevérfajok már telihold idején is kifejezetten rejtőzködővé válnak, ezért nem kell különösebben magyarázni azt, hogy ezt a kb. 0,1 lx-nyi (lux) megvilágítást általában messze meghaladó bármilyen MÉM milyen hatással lehet a denevérekre (csak összehasonlításképpen, egy átlagos utcai közvilágítás legalább 5 lx megvilágítást okoz, de hazánkban a megvilágítás nagyon sok esetben ennél lényegesen nagyobb mértékű). A denevérek mesterséges megvilágítással kapcsolatos reakciója a zsákmányszerzés alkalmával a fajok egy részénél (pl. törpedenevérek, kései denevér) a körülmények függvénye, míg más fajok egyértelműen és minden esetben elkerülik a megvilágított területeket (pl. STONE 2013; RYDELL *et al.* 1996). A szálláshelyeken – legyen az téli vagy nyári –, illetve ivás során, mindegyik faj egyértelműen irtózik tőle. A lámpák körül összegyűlő rovarokat azok az opportunisták hasznosíthatják, melyek a leggyorsabb röptűek, így kevésbé vannak a predáció veszélyének kitéve. A megfigyelések szerint azonban ezek a fajok is csak minimális időt töltenek a direkt megvilágított részeken, és teljesen elkerülik azokat a táplálkozóhelyek közötti átmozgások során.

A denevérek színlátók, ezen belül – az emberekkel ellentétben – képesek az UV-tartományban is érzékelni. Így például az UV-tartományban is jelentős mértékben sugárzó nagynyomású higanygőz és fém-halogén lámpákat sokkal élesebben látják, mint mi. Ennek az UV-kibocsátással kapcsolatos kérdéskörnek a táplálékbázisul szolgáló rovarok sötét helyekről történő „*elvonása*”, illetve a fényszennyezést jobban toleráló denevérfajok táplálékforrás-hasznosítása szempontjából különösen nagy jelentősége van. A világítótestek által kibocsátott rövid hullámhosszúságú fény (különösen az UV-sugárzás) ugyanis alapvető fontosságú a rovarokra gyakorolt vonzó hatás szempontjából, így a korábban említett, az UV-tartományban is világító lámpák sokkal több rovarot gyűjtenek össze, mint az ilyen spektrummal nem rendelkező, például a narancssárga fényű Na-gőz lámpák.

Sokkal többről van azonban szó, mint a rovarok szimpla összegyűjtése. Már rövid időtávon belül is előfordulhat az, hogy a természetmegőrzési szempontból kedvezőtlenebb lámpatípusok olyan mértékben koncentrálnak a rovarokat a világos helyeken, hogy a sötétebb élőhely-foltokon nem marad elegendő táplálék az érzékenyebb, onnan kirepülni nem merő denevérfajok számára (MANFRIN *et al.* 2018). Ez a folyamat – karöltve a MÉM fragmentációs hatásával – rövid időn belül nagyobb területeken is a fajkészlet teljes átalakulását eredményezheti (RUSSO & ANCILOTTO 2015; LEWANZIK & VOIGT 2016).

A mesterséges megvilágításnak hosszú távon egyértelműen katasztrofális hatása van a rovarvilágra (CONRAD *et al.* 2006; HALLMAN *et al.* 2017). A lámpatestekhez odacsalt rovarok szaporodási esélye jelentősen lecsökken, illetve jelentős részük sajnos el is pusztul. A fejlettebb infrastruktúrával, így intenzívebb MÉM-sal rendelkező országokban a pozitív fototaktikus rovarok különösen nagyarányú visszaszorulása egyértelmű bizonyíték erre (VAN LANGEVELDE *et al.* 2018). Az európai denevérek kivétel nélkül rovarevők, a táplálékbázisként szolgáló rovarvilág és a denevérek állománycsökkenése biztosa és szoros összefüggésben van egymással (pl. AZAM *et al.*, 2016).



2. kép: A korábban barlanglakó fajok (pl. patkósdenevérek, csonkafülű denevér) napjainkban már inkább épületekben képeznek szülőkolóniákat. Ezeknek a szálláshelyeknek a díszkivilágítása nagy veszélyt jelent az állatokra.

A vizsgálati eredmények szerint a denevérek szálláshelyeinek külső megvilágítása egyértelműen káros. Az elsők között éppen hazai kutatók gyűjtöttek olyan eredményeket, melyek azt mutatták, hogy például a denevérek által lakott épületek kivilágítása nem csupán eltolja az állatok kirepülési idejét, de a jelentős hatással van a kölykök fejlődésére is (BOLDOGH *et al.*, 2007). Vizsgálva a fiatalok születési idejét, testtömegét és a csöves csontok növekedését kiderült, hogy a megvilágított épületekben később születnek a kölykök, testtömegük, illetve alkarjuk növekedése is elmarad a zavartalan épületekben élő társaiknál. Az eredmények alapján a megvilágított épületekben felnövő állatok az önállósodás időszakára sem tudják kompenzálni hátrányukat. A díszkivilágítás azonban akár a teljes kolónia elköltözését/szétszóródását is eredményezheti. A hajdani barlangi fajok különösen érzékenyek, de a szálláshelyük és így a kirepülőnyílások megvilágítását az opportunisták is nagyon nehezen viselik (pl. STONE 2013; ZAGMAJSTER 2014).

A direkt és indirekt megvilágítás radikálisan módosítja a denevérek közlekedési útvonalait, ugyanis az állatok nagyon jelentősen vagy teljesen elkerülik a megvilágított részeket. Ez még azokra a kistestű és nagyon jó manőverező képességgel rendelkező fajokra is érvényes, melyeket egyébként gyakran látni a lámpák fényére összegyűlt rovarokra vadászni. A tapasztalatok szerint a víztesteket érő mesterséges megvilágítás különösen káros, ugyanis ehhez az élőhelytípushoz sorosan kötődő fajok (pl. vízi denevér, tavi denevér) kiemelkedő érzékenységet mutatnak a MÉM-sal szemben. A vízfolyásokat, mint lineáris tájelemeket, különösen kedvelik a denevérek, ezek bármilyen megvilágítása ezért különösen súlyos fragmentációt eredményez.

Nem tartozik közvetlenül a fényszennyezés témaköréhez, de meg kell említenünk a denevéres szálláshelyek belső megvilágításának kérdését is. Ez általánosságban elfogadhatatlan a denevérek számára, ami a legérzékenyebb, elli időszakra különösen érvényes (nyilvánvalóan az épületek fenntartását segíthetik/segítik kis teljesítményű, rövid ideig üzemelő világítótestek, de ezek tartós üzemelését biztosan nem tudják tolerálni az állatok). Úgy tűnik, hogy a telelési időszakban egyes fajok a rövid ideig tartó gyenge, indirekt megvilágítást azonban képesek elviselni, amire számos példát találunk egyes turisztikailag is hasznosított barlangban, ahol a kivilágított szakaszokon vezetett barlangtúrák ellenére is sikeresen kitelelnek az állatok. A direkt megvilágítás (pl. rávilágítás) azonban egyértelműen drasztikus zavarást okoz.

DENEVÉRVÉDELMI FELADATOK ÉS STRATÉGIÁK

A MÉM egyre jelentősebb méreteket ölt (az éves intenzitásnövekedés 2-6%), így a káros hatások ma már minden térléptéken jelentkeznek (helyi, regionális, országos, globális – LONGCORE & RICH 2004; RICH & LONGCORE 2006; HÖLKER *et al.* 2010). Magyarország az „erősen kivilágított” országok közé tartozik.

Idehaza eddig 28 denevérfaj előfordulását sikerült bizonyítani, az opportunistá fajok mellett, nemzetközi szinten is jegyzett, szép állományai vannak még a MÉM-ra rendkívül érzékeny, kis mozgáskörzettel rendelkező (pl. kis és kereknyergű patkósdenevér, csonkafülű denevér), illetve a szintén érzékeny, de egyetlen éjszaka akár 25-30 km távolságra is elmozgó fajoknak (pl. közönséges és hegyesorrú denevér). Mindezekből következik, hogy a védekezést minden szinten szervezni kell, és itthon is hatékony lépéseket kell tenni a denevérek érdekében.

Mivel a szakmai mérlegeléshez és tervezéshez konkrét adatokra van szükség, ezért mindenképpen indokolt a denevérállományok rendszeres ellenőrzése, illetve legalább a jelentősebb állományok esetében a komolyabb, közvetlen hatást gyakorló alkalmazások (konfliktushelyek) feltérképezése. Ehhez azonban az adatok gyűjtésével, kezelésével és feldolgozásával foglalkozó szakmai háttérrel mindenképpen meg kell erősíteni az országban.

Útmutató denevérvédelmi intézkedésekhez és a denevérbarát épület-felújításokhoz

Az előző részben ismertetett tények alapján egyértelműen ki kell mondani, hogy a denevérek szempontjából legkedvezőbb állapot a teljes sötétség, a denevéreknek „semleges”, pláne „denevérbarát” mesterséges megvilágítás nem létezik, mivel a mesterséges világítás a denevérek minden éjszakai aktivitására – még a legkisebb intenzitással alkalmazva is – hatással van. A jelentősebb kolóniák esetében ezért a szállásfoglalási és szaporodási időszakban (ideális esetben **április 1. és szeptember 30. között**, de legalább **április 15. és szeptember 1. között**) teljesen meg kell akadályozni a menedékhelyek direkt kivilágítását! Mivel a denevérek megtelepedésére alkalmas épületek száma nagyon intenzíven csökken, ezért az ismert denevérszállások megvilágításának visszaszorítása a kérdéskörben az egyik legfontosabb denevérvédelmi feladat. Ugyanez érvényes a fontosabb táplálkozóhelyekre (pl. tavak, vízfolyások, parkok), illetve a denevérek közlekedési útvonalaira, az ökológiai folyókra is.

A tapasztalatok szerint a megvilágítási idő lerövidítése a szálláshelyek esetében csak kis mértékben csökkenti a negatív hatásokat, így ez nem hatékony védekezési eljárás (a 60 perces megvilágításnak is kimutatható hatása van). Persze sokkal jobb, ha csak 60 percet világítanak napnyugta után, mintha egész éjszaka égnek a lámpák. A táplálkozóhelyek és közlekedési útvonalak esetében azonban, ha azokat sötétben tartjuk legalább az éjszaka egy részében, akkor érdemi segítséget nyújthatunk az élővilágnak. A sötétben tartás ütemezése és ennek hossza viszont érzékeny kérdés, ugyanis a rovaraktivitás közvetlenül alkonyat után a legnagyobb, amikor az éjszakai mesterséges megvilágítás iránti igény is a leginkább jelentkezik (az nem életszerű, hogy az éjszaka első részében nem világítanak, utána viszont igen). **Minél hosszabb a világításmentes időszak, annál jobb.** A megvilágítás intenzitásának csökkentése viszont nem jelent érdemi intézkedést, a denevérek ugyanis az emberek számára értelmetlenül alacsony fényintenzitást is még zavarónak tartják.



3. kép: A denevéreket jelentősen zavarhatja a szállásépület közelében lévő, jelentős fényszennyezést okozó rossz közvilágítás is (Ragály).

A fényforrások színképi jellemzők alapján történő kiválasztásának nagy jelentősége van denevérvédelmi szempontból is. Az 540 nm alatti tartományban sugárzó „hideg fehér” fényforrások a legrosszabbak, ezek ugyanis nem csak a rovarokat ejtik tömegével csapdába, de hatásuk még riasztóbb az UV-tartományban is érzékelő denevérekre. Ráadásul, a kék tartomány sokkal jobban szóródik is a légkörben, így sokkal nagyobb fényszennyezést eredményeznek a rossz alkalmazások. A legérzékenyebb denevérfajok (pl. patkósok) azonban nincsenek tekintettel a spektrális összetételre, a fényt minden esetben zavaró hatásúnak tekintik. Vagyis, a denevérek megőrzése szempontjából is kulcskérdés a fényszennyezés általános csökkentése például azzal, hogy ernyőzéssel minimalizáljuk szükségtelen/rossz irányba szétszóródó fény mennyiségét. Mivel az emberek nem érzékelik az UV-fényt, így pl. ennek kiszűrése (akár egy elfogadott szabvány szerint kötelezően) egyáltalán nem is okozna az általunk érzékelt megvilágítási intenzitásban változást, az élővilágra nehezedő nyomás azonban jelentősen csökkenne.



4. kép: A megvilágított fehér felületek nagy mennyiségű éjjeli rovarot gyűjtenek össze, melyek a napfelkeltét követően rövid időn belül elpusztulnak.

Mivel általánosságban kijelenthető, hogy hazánkban a denevérek november-március között jórészt nyugalmi állapotban vannak (telelnek), így az aktív időszakban szükséges védelmi intézkedések (pl. az ellőhelyek direkt megvilágításának szüneteltetése) ebben az időszakban irreleváns kérdés.

Hazánkban eddig kevés konkrét denevérvédelmi intézkedés történt a MÉT és a fényszennyezés problémakörhöz kapcsolódóan, pedig számos olyan nemzetközi szinten is kiemelkedő jelentőségű épületlakó denevérkolóniánk van, melyek például a dekorációs célú díszkivilágítás közvetlen károsító hatásának vannak kitéve.

A három hazai csillagoségbolt-park kialakításából és az ott foganatosított intézkedésekből természetesen a denevérek is profitálnak, az egyes parkok denevérvédelmi jelentősége azonban jelentősen különbözik egymástól. Ha összevetjük az egyes denevérfajok előfordulási adatait a csillagoségbolt-parkok elhelyezkedésével, akkor nyilvánvaló, hogy mind a fajszám, mind az állomány nagyságok tekintetében a hegy- és dombvidéki területen kialakított parkoknak van nagyobb jelentősége (v. ö. BIHARI *et al.* 2005; BOLDOGH *et al.* 2019). Ráadásul, ha a MÉM-re legérzékenyebb fajok (pl. patkós-denevérek) elterjedési viszonyait még fokozottabban vesszük figyelembe, akkor egyértelmű, hogy hazánkban a bükki terület a legfontosabb. (Csak zárójelben jegyezzük

Útmutató denevérvédelmi intézkedésekhez és a denevérbarát épület-felújításokhoz

meg, hogy denevérvédelmi szempontból (is) legalább ilyen fontos csillagoségbolt-park lehetne az Aggteleki-karszton.)

Ami az elvégzett konkrét denevérvédelmi intézkedéseket illeti, információink szerint eddig csupán két nemzeti park igazgatóság esetében tettek bármilyen gyakorlati vagy adminisztratív lépést az elmúlt időszakban (DINPI; ANPI).

A hazai esetekben együttműködési megállapodások alapján, illetve hatósági eljárások keretében korlátozzák a legfontosabb épületlakó kolóniáknál a megvilágítási időtartamot (alapvetően április 15. és szeptember 30. között).

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- ANCILATTO, L.; TOMASSINI, A. & RUSSO, D. 2015. The fancy city life: Kuhl's pipistrelle, *Pipistrellus kuhlii*, benefits from urbanisation. *Wildlife Research*, 42: 598-606.
- AZAM, C.; KERBIRIOU, C.; VERNET, A.; JULIEN, J-F.; BAS, Y.; PLICHARD, L.; MARATRAT, J. & LE VIOL, I. 2015. Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats? *Global Change Biology* 21.
- BIHARI, Z., CSORBA, G., HELTAI, M. (Eds.). 2007. Magyarország emlőseinek atlasza. Kossuth Könyvkiadó, Budapest.
- BOLDOGH S.A.; ESTÓK P.; HEGYI Z.; DOBROSI D.; GÖRFÖL T.; BIHARI Z.; DOMBI I.; GOMBKÖTŐ P.; PAULOVICS P.; MÉSZÁROS J.; MÁTÉ B.; BERECZKY A.; SZATYOR M.; GÉCZI I. 2019. "Hogy vagytok denevérek?" – Az országos monitoring program első 15 évének néhány eredménye. Pp. 97-122. In: VÁCZI, O.; VARGA, I. & BAKÓ, B. (szerk.): A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer eredményei II. – Gerinces állatok. Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság, Szarvas.
- BOLDOGH, S. 2018. Cselekvő denevérvédelem. *Madártávlat* 25(2): 31-35.
- BOLDOGH, S., DOBROSI, D. & SAMU, P. 2007. The effects of illumination of buildings on housedwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica*, 9, 527-534.
- CONRAD, K.F.; WARREN, M.S.; FOX, R.; PARSONS, M.S. & WOIWOD, I.P. 2006. Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biological Conservation*, 132: 279-291.
- DOWNS, N. C., V. BEATON, J. GUEST, J. POLANSKI, S. L. ROBINSON, AND P. A. RACEY. 2003. The effects of illumination the roost entrance on the emergence behaviour of *Pipistrellus pygmaeus*. *Biological Conservation*, 111: 247-252.
- EISENBEIS, G. 2006. Artificial night lighting and insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. In: RICH, C. & LONGCORE, T. (eds). *Ecological consequences of artificial night lighting*, 2: 191-198.
- HALLMANN, C.A.; SORG, M.; JONGEJANS, E., SIEPEL, H.; HOF LAND, N.; SCHWAN, H.; STENMANS, W.; MÜLLER, A.; SUMSER, H., HÖRREN, T.; GOULSON, D. & DE KRON, H. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS ONE*, 12(10): e0185809.
- HÖLKER, F., WOLTER, C., PERKIN, E.K. & TOCKNER, K. 2010: Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(12): 681-682.
- LEWANZIK, D. & VOIGT, C.C. 2016. Transition from conventional to light-emitting diode street lighting changes activity of urban bats. *J. Appl. Ecol.* 54: 264-271.
- LONGCORE, T., & C. RICH. 2004. Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 191-198.
- MANFRIN, A.; LEHMANN, D.; VAN GRINSVEN, R.H.A.; LARSEN, S.; SYVARANTA, J.; WHARTON, G.; VOIGZ, C.C.; MONAGHAN, M.T. & HÖLKER, F. 2018. Dietary changes in predators and scavengers in a nocturnally illuminated riparian ecosystem. *Oikos* 127 (7): 960-969.

- MICKLEBURGH, S., HUTSON, A., & RACEY, P. 2002. A review of the global conservation status of bats. *Oryx* 36(1), 18-34.
- RICH, C., & LONGCORE, T. (EDS.). 2006. Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, D.C., 458 pp.
- ROWSE, E. G., LEWANZIK, D., STONE, E. L., HARRIS, S., & JONES, G. 2016. Dark matters: The effects of artificial lighting on bats. In C. C. VOIGT, & T. KINGSTON (Eds.), *Bats in the anthropocene: Conservation of bats in a changing world* (pp. 187-213).
- RUSSO, D. & ANCILOTTO, L. 2015. Sensitivity of bats to urbanisation: a review. *Mammalian Biology*, 80(3): 205-212.
- RYDELL, J. 2006. Bats and their insect prey at streetlights. Pp. 43-60, in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH, AND T. LONGCORE, EDS.). Island Press, Washington, D.C., 458 pp.
- RYDELL, J., A. ENTWISTLE AND P. A. RACEY. 1996. Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. *Oikos*, 76: 243-252.
- RYDELL, J. & BAAGØE, H.J. 1996. Street lamps increase bat predation on moths. *Entomologisk Tidsskrift*, 117: 129-135.
- SCHOEMAN, M.C. 2015. Light pollution at stadiums favors urban exploited bats. *Animal Conservation* 19: 120-130.
- STONE, E.L. 2013. *Bats and Lighting: Overview of current evidence and mitigation*. University of Bristol, Bristol, United Kingdom, 78 pp.
- STONE, E.L., JONES, G. & HARRIS, S. 2009: Street lighting disturbs commuting bats. *Current Biology*, 19, 1123-1127.
- VAN LANGEVELDE, F.; BRAAMBURG ANNEGARN, M.; HUIGENS, M.E.; GROENDIJK, R.; POITEVIN, O.; VAN DEIJK, J.R.; ELLIS, W.N.; VAN GRUNSVEN, R.H.A., DEVOS, R., VOS, R.A.; FRANZEN, M. & WALLISDEVRIES, M.F. 2018. Declines in moth populations stress the need for conserving dark nights. *Global Change Biology*, 24(3): 925-932.
- VEROVNIK, R., FISER Z. & ZAKSEK, V. 2015. How to reduce the impact of artificial lighting on moths: A case study on cultural heritage sites in Slovenia. *Journal for Nature Conservation* 28: 105-111.
- VOIGT, C.C. & KINGSTON T. 2016. Bats in the Anthropocene. In: VOIGT C., KINGSTON T. (eds) *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*. Springer, Cham.
- VOIGT, C.C.; AZAM, C.; DEKKER, J.; FERGUSON, J.; FRITZE, M.; GAZARYAN, S.; HÖLKER, F.; JONES, G.; LEADER, N.; LEWANZIK, D.; LIMPENS, H.J.G.A.; MATHEWS, F.; RYDELL, J.; SCHOFIELD, H.; SPOELSTRA, K. & ZAGMAJSTER, M. 2018. Guidelines for consideration of bats in lighting projects. EUROBATS Publication Series No. 8. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 62 pp.
- ZAGMAJSTER, M. 2014. The influence of external lighting on bats. In: MOHAR, A.; ZAGMAJSTER, M.; VEROVNIK, R. & BOLTA SKABERNE, B. 2014. *Nature-friendlier lighting of objects of cultural heritage (churches) – Recommendations*. Dark-Sky Slovenia: 15-19.