

Netopýři jako bioindikátory kvality prostředí



Kolonie samic létavce stěhovavého
(*Miniopterus schreibersii*)

Letouni (Chiroptera) v číslech a faktech

- Jediní savci se schopností aktivního letu, cca 1400 druhů na světě, v ČR 29 druhů
- Nejmenší letoun v ČR – **netopýr nejmenší** (*Pipistrellus pygmaeus*) vážící 3 g s rozpětím křídel 20 cm
- Největší letoun v ČR **netopýr obrovský** (*Nyctalus lasiopterus*) vážící 50 g s rozpětím 50 cm



Netopýr hvízdavý
(*Pipistrellus pipistrellus*)

Online zdroj 1



Netopýr obrovský
(*Nyctalus lasiopterus*)

Online zdroj 2

Letouni (Chiroptera) v číslech a faktech

- Jediní savci se schopností aktivního letu, cca 1400 druhů na světě, v ČR 29 druhů
- Nejmenší letoun a zároveň savec na světě – **netopýrek thajský** (*Craseonycteris thonglongyai*) vážící 2 g s rozpětím křídel 13 cm
- Největší letoun na světě **kaloň indický** (*Pteropus giganteus*) vážící 1,5 kg s rozpětím křídel 1,5 m



Netopýrek thajský
(*Craseonycteris thonglongyai*)

Online zdroj 3



Kaloň indický
(*Pteropus giganteus*)

Online zdroj 4

Letouni (Chiroptera) v číslech a faktech

- K-strategie – dlouhověká zvířata, věk lze určit pouze z kroužkování
- Průměrný věk asi 5 – 6 let, nejstarší jedinec 47 let
- Většina druhů rodí 1 mládě, v mírném pásmu až 8 z 10 tohoročních mláďat nepřežije první zimu
- Samci i samice se zapojují do rozmnožování většinou až ve 2. roce života



Netopýr rezavý (*Nyctalus noctula*) je jedním z mála druhů netopýrů, kteří mohou mít ve vrhu až dvě mláďata

Netopýři jako bioindikátory

- Náchylní k negativním účinkům škodlivých látek prostřednictvím bioakumulace (dlouhověkost)
- **Pokles v početnosti se objeví v krátkém časovém horizontu, ale má dlouhodobé následky (nízká natalita)**
- Tvoří největší savčí uskupení na světě, rychlý přenos patogenů mezi jedinci (socialita)

Vylétávající tadaridy brazilské (*Tadarida brasiliensis*). Největší známá kolonie tohoto druhu čítá 25 milionů jedinců na lokalitě Bracken Cave, Texas.

J. Pikula

Letní kolonie samic netopýra brvitého (*Myotis emarginatus*) s mláďaty

J. Pikula

Netopýři jako bioindikátory

- Vysoce energeticky náročný let si žádá přísun potravy až 100% váhy těla (vysoká rychlost metabolismu)
- **Důležitá role v ekosystému, opylovači významných kulturních plodin (banánovník, pepřovník), plodožravé druhy roznášejí semena**
- Insektivorní druhy jsou jedinými predátory nočního hmyzu – v USA roční náklady na insekticidy ve výši 23 mld USD kvůli masovému vymření na syndrom bílého nosu



Netopýr hnědavý (*Myotis lucifugus*) napadený plísní *Pseudogymnoascus destructans*, která způsobuje syndrom bílého nosu.

Online zdroj 5



Online zdroj 6

© Merlin D. Tuttle



Online zdroj 7



Online zdroj 8



SCIENCEphoto Online zdroj 10



Online zdroj 11



Online zdroj 12



Online zdroj 9

Úkryty

- Synantropizace – střetávání člověka s netopýry, úbytek přirozených úkrytů (jeskyně, štoly, dutiny stromů)
- Netopýři jsou schopni využívat jako úkryt lidská sídla, čímž se potenciálně vystavují zvýšenému riziku kontaminace polutanty
- Silná věrnost (fidelita) úkrytu i po několik desítek let
- Při nálezu kolonie na stavbě nelze jedince odchytat a přemístit, je nutné vyčkat do podzimních měsíců, kdy zvířata přirozeně odletí



Vyklízení trusu na půdě pod kolonií netopýra velkého (*Myotis myotis*).
Za 6 měsíců vyprodukuje jediná samice až 1 kg trusu. Kolonie na kostele v Doubravníku čítá 1200 jedinců.



Ochrana ve světě

- Všechny druhy netopýrů na celém světě chráněni prostřednictvím mezinárodních dohod
- V rámci EU je to Dohoda o ochraně evropských netopýrů (EUROBATS)
- Úmluva o ochraně stěhovavých druhů volně žijících živočichů (Bonnská úmluva)
- Úmluva o ochraně evropské fauny, flóry a přírodních stanovišť (Bernská úmluva)



Ochrana v ČR

- V ČR upravuje ochranu zákon č. 114/1992 Sb., ochraně přírody a krajiny a prováděcí vyhláška Sb.
- **Všechny druhy letounů jsou zařazeni do kriticky nebo silně ohrožený druh**
- Právní ochraně podléhají nejen samotná zvířata, ale také netopýří stanoviště (přirozená i umělá)
- **Zákaz manipulace se zvířaty a zásahů do úkrytů**
- Při nalezení kolonie netopýrů je vhodné obrátit se na místní orgány ochrany přírody a krajiny (AOPK)
- **Netopýři jsou skvělými bioindikátory prostředí, přísná ochrana však brání jejich využití ve standardizovaných programech monitorování kontaminantů životního prostředí**



Znečištění

V zákoně o životním prostředí je znečištění definováno jako:

"Vnášení takových fyzikálních, chemických nebo biologických činitelů do životního prostředí v důsledku lidské činnosti, které jsou svou podstatou nebo množstvím cizorodé pro dané prostředí."

Typy znečištění

1. **Těžké kovy** – prvky s hustotou vyšší než 5 g/cm^3 – jde o 11 prvků: arsen, kadmium, kobalt, chrom, měď, rtuť, mangan, nikl, olovo, cín a thalium
2. **Persistentní organické polutanty** – látky antropogenního původu, odolávají degradaci a dlouhodobě se udržují v prostředí, koncentrace v organismech díky rozpustnosti v lipidech



Online zdroj 13



Online zdroj 14

1. Těžké kovy

Arsen

- Čistý je neškodný, toxické jsou jeho sloučeniny – v minulosti široce využíván jako součást léčiv a pesticidů, jeho zdrojem je metalurgický průmysl (hutnictví)
- tzv. Těšínská choroba včel – hromadné úhyny včelstev z důvodu vysokých emisí sloučenin arsenu v ovzduší
- Kontaminace pokožkou, sliznicí i vdechnutím, inhibuje enzymatické systémy, poškozuje veškeré orgány



Online zdroj 15



Online zdroj 16

1. Těžké kovy

Kadmium

- Jeden z nejzávažnějších kontaminantů životního prostředí, uvolňuje se ve formě plynu nebo prachových částic při zpracování rudy a spalování fosilních paliv
- **Kontaminace vody z důlních systémů, resorbce rostlinami, bioakumulace v potravním řetězci**
- Chemická podstata je velmi podobná zinku, po požití nebo vdechnutí se váže na erytrocyty, narušuje enzymatické systémy, ukládá se v játrech, ledvinách a gonádách



Online zdroj 17



Vaječníky vrápence velkého (*Rhinolophus ferrumequinum*)
J. Pikula

1. Těžké kovy

Rtuť

- Uvolňuje se prostřednictvím průmyslové výroby ve formě anorganických a organických sloučenin (tzv. organomerkuriáty), které se do těla dostávají perorálně nebo vdechnutím
- Účinky – srážejí bílkoviny, poškozují membrány, leptají
- Rtuť je vylučována do exkrementů, mléka, slin i potu
- Ke kumulaci dochází v srsti a kožních derivátech, po metylaci vodními mikroorganismy také ve vodních ekosystémech



Online zdroj 18



Jeřáb kanadský (*Grus canadensis*)

J. Pikula

1. Těžké kovy



Online zdroj 19

Olovo

- významný kontaminant ekosystémů, po desetiletí bylo součástí aditivovaných benzínů, dnes tzv. bezolovnaté, antioxidační nátěrové hmoty s obsahem olova
- **Anorganické sloučeniny olova pronikají do těla perorálně, organické inhalací**
- Ukládá se zejm. v játrech, kostech, ledvinách, svalech a srsti. Prostupuje do mateřského mléka
- **Poškozuje CNS, narušuje krvetvorbu**



J. Pikula

Samice netopýra brvitého (*Myotis emarginatus*) s mládětem



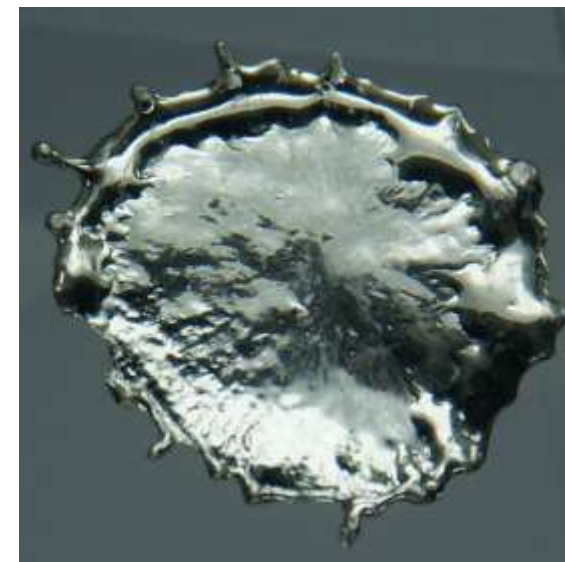
J. Pikula

Rentgenový snímek netopýra hvízdavého (*Pipistrellus pipistrellus*)

1. Těžké kovy

Cín

- Složka fungicidů, hubí živočišné škůdce na rostlinách, uniká při výrobě PVC
- **Vysoce toxické jsou organické sloučeniny cínu, pronikají všemi cestami resorpce**
- Narušuje strukturu vitamínu B12 (důležitý při reakcích DNA, RNA), zvyšuje vzrušivost nervových vláken, imunosupresivní účinky
- **Kumuluje se ve vodních ekosystémech, podobně jako rtuť**



Online zdroj 20



Mangrovový porost, Florida, USA

K. Zukalová

1. Těžké kovy

Selen

- Esenciální mikroprvek obsažený v rudách ve spojení se sírou a tellurem. Výskyt v půdě velmi nízký, ale lokálně může být zvýšen
- **Využívá se při výrobě fotočlánků**
- Kumulace v rostlinách, při vysokých dávkách dochází k poruchám trávení, vypadávání vlasů a chlupů, deprese



Online zdroj 21



Hymenocallis littoralis

J. Pikula

1. Těžké kovy

- Přirozený výskyt v prostředí – tzv. referenční hodnota, hodnota prostředí
- **Koncentrace se liší, vzrůstá antropogenní činností**
- Některé TK jsou nezbytné pro normální fyziologické procesy u zvířat (např. stopové dávky manganu, niklu, kobaltu, mědi, železa a zinku)



Online zdroj 22



Online zdroj 23

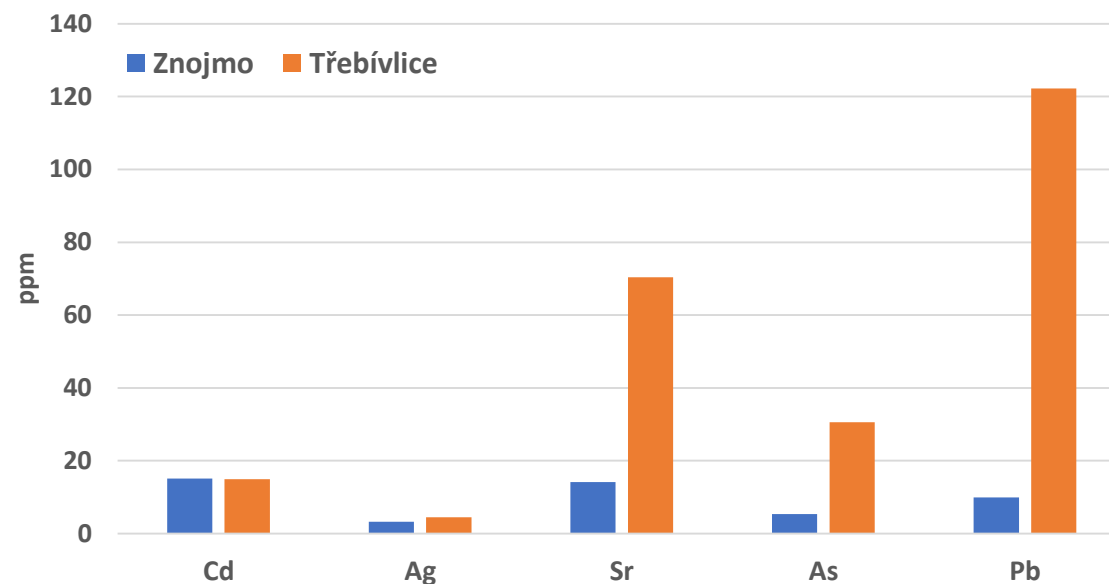
1. Těžké kovy

- K emisím do prostředí dochází spalováním, automobilovou dopravou, těžbou a zpravováním surovin, komunální a průmyslový odpad a fosilní paliva
- **Ke znečištění vod dochází odtokem z půdy během skladování a přepravy**
- Těžké kovy se dostávají do půdy a následně do podzemních vod, hmyzu a plodin



1. Těžké kovy

- Výskyt některého z těžkých kovů studován u 65 druhů letounů
- **Poprvé u *Pteropus poliocephalus* – úhyn australských kaloňů po olízání klece natřené barvou na bázi olova**
- Zjišťujeme zvýšené množství těžkých kovů v guánu jedinců netopýra velkého (*Myotis myotis*), jejichž úkryty se nachází v blízkosti průmyslových měst



Graf 1. Těžké kovy v trusu netopýra velkého (*Myotis myotis*) na jižní Moravě (Znojmo) a v severních Čechách (Třebívlice leží cca 10 km od chemičky v Lovosicích). Zdroj: vlastní výsledky

1. Těžké kovy

- Časté hromadění v tuku, jako matrice pro analýzu často využívána játra, ledviny, mozek nebo celé tělo (kadaver)
- TK se v různých orgánech hromadí odlišně, nelze porovnávat mezi orgány, byla však zjištěna korelace mezi orgány
- Koncentrace TK se liší mezi pohlavím, věkem, rokem sběru i lokalitou, přičemž nebyl pozorován jasný vzor



Čerstvý kadaver mláděte vrápence velkého
(*Rhinolophus ferrumequinum*)

1. Těžké kovy

- Možnost studovat zatížení těžkými kovy prostřednictvím metalothioneinů (proteiny schopné vázat dvojmocné kovy)(Pikula et al 2010)
- **Neexistuje studie, která by hodnotila práh toxicity jednotlivých TK pro netopýry**
- Škodlivé vlivy TK: změny rychlosti růstu, hormonální změny, poškození imunitního, nervového či oběhového systému, přenos lipofilních kontaminantů do mléka, nebo zvýšené zpracování tukových zásob během probouzení z hibernace

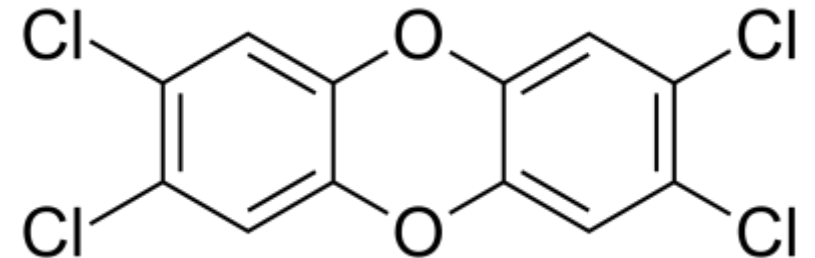
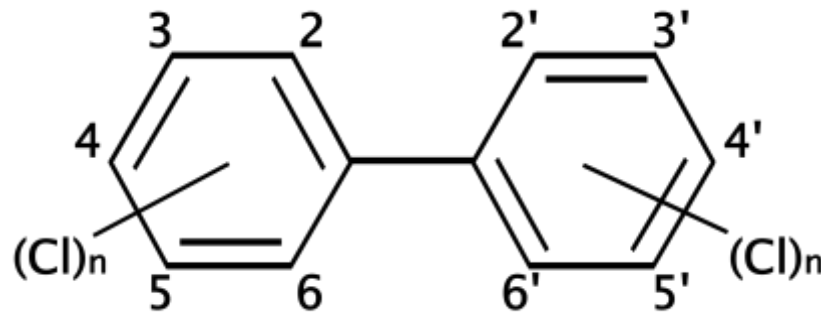
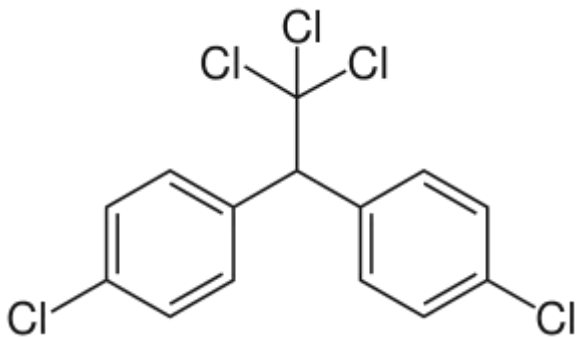


J. Pikula

Hibernující skupina netopýrů černých
(*Barbastella barbastellus*)

2. Persistentní organické polutanty

- Tři hlavní skupiny: Organochlorové pesticidy (např DDT, lindan), průmyslové chemikálie (např PCB), vedlejší produkty (např.dioxin)
- U netopýrů byly studovány zejm. vlivy organochlorových pesticidů
- Rok 2001 - Stockholmská úmluva o persistentních organických polutantech, jejímž cílem je eliminace vybraných persistentních organických látek, v ČR ratifikována v r.2004



Chemický vzorec (zleva): DDT, PCB, dioxin

2. Persistentní organické polutanty

- Po aplikaci DDT k hubení kůrovce byl otráven netopýr rudohnědý (*Lasiurus borealis*). Jedinec byl nalezen na zádech ve stavu silného třesu a nebyl schopen letět. Následně během hodiny uhynul
- Do r. 2020 bylo publikováno celkem 74 dalších prací týkajících se organochlorových pesticidů



Netopýr rudohnědý (*Lasiurus borealis*)

2. Persistentní organické polutanty

Lindan

- Nátěr používaný k ochraně dřeva na půdách domů
- Účinky subletálních dávek lindanu na hmotnost netopýra hvízdavého (*Pipistrellus pipistrellus*)
- Lindan zvýšil rychlost metabolismu a příjem potravy, problematické u živočichů s vysokou rychlostí metabolismu
- Neschopnost nahromadit dostatek tukových zásob před hibernací, může vést až k úhynu
- Snížení reprodukční úspěšnosti

Netopýr hvízdavý
(*Pipistrellus pipistrellus*)



2. Persistentní organické polutanty

- Vyšší koncentrace obecně nacházeny u hmyzožravých druhů oproti frugivorním
- Škodlivé vlivy: působí na CNS prodloužením doby vzrušivosti, zhoršení echolokačních schopností, změna časování nočních aktivit, prokázány patologické změny na játrech, narušení endokrinního systému a imunosuprese organismu



Kaloň egyptský
(*Rousettus aegyptiacus*)

Online zdroj 25



Netopýr hnědavý
(*Myotis lucifugus*)

Online zdroj 26

2. Persistentní organické polutanty

- PCB – aditiva v barvách, lacích, hydraulických zařízeních, náplně do transformátorů a kondenzátorů
- U netopýra hnědavého (*Myotis lucifugus*) studováno množství PCB v tukové tkáni jedinců se syndromem a bez syndromu bílého nosu
- Nebyly zjištěny významné rozdíly, avšak zatížení kontaminanty se akumuluje a k imunosupresi a narušení endokrinního systému může dojít v období vyčerpání tukových zásob během hibernace



Online zdroj 27



Netopýr hnědavý (*Myotis lucifugus*)

Online zdroj 28

Otázky a úkoly

- Navrhněte postup v situaci, když budete osloveni člověkem, kterému vletěli do bytu netopýři.
- Navrhněte postup v situaci, kdy se na domě nachází letní kolonie samic netopýra hvízdavého (*Pipistrellus pipistrellus*) a majitelé se jich kvůli přítomnému trusu a obav z přenosu nemocí chtějí zbavit.
- Jakou matici byste použili k analýze těžkých kovů u netopýrů?
- Proč jsou hmyzožravé druhy netopýrů více zatíženi persistentními organickými polutanty, oproti frugivorním druhům?

Online zdroje

1. <https://www.bigstockphoto.com/cs/image-370036714/stock-photo-pipistrelle-bat-%28pipistrellus-pipistrellus%29-held-in-a-hand-to-give-an-indication-of-size/>
2. https://cs.wikipedia.org/wiki/Netop%C3%BDr_obrovsk%C3%BD
3. <https://merlintuttle.smugmug.com/CommercialUsePrintQuality/Diagnostics/i-VDFVgKq>
4. https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Indian_flying_foxes_%28Pteropus_giganteus_giganteus%29.jpg
5. <https://crittercontrolofseattle.wordpress.com/2016/03/16/cute-little-white-nose-no-a-deadly-disease/>
6. <https://viewkick.com/cute-photos-of-pollen-covered-bats-taken-by-merlin-tuttle>
7. <https://animalworld.tumblr.com/post/3490709788/likely-common-vampire-bat-desmodus-rotundus>
8. <https://www.merlintuttle.org/>
9. https://www.reddit.com/r/natureismetal/comments/92oohx/til_some_bats_eat_mice/
10. <https://www.pinterest.co.uk/pin/863354191035728212/>
11. <https://music.si.edu/story/rockin%E2%80%99-out-bats-learn-love-heavy-metal-music>
12. <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/more-mysteries-revealed-about-bat-eating-bat>
13. <https://odpady-online.cz/ve-chvaleticich-by-melo-vzniknout-zarizeni-na-zneskodneni-odpadni-rtuti-z-cr/>
14. <https://www.dnaindia.com/analysis/standpoint-india-is-phasing-out-the-use-of-ddt-but-it-s-not-tackling-its-long-term-effects-2125945>
15. <https://www.minerals.cz/arsen2.html>

Online zdroje

16. https://www.lidovky.cz/orientace/veda/zeptali-jsme-se-vedcu-kdyz-nas-vcela-bodne-tak-zemre-jaky-to-ma-vyznam.A170515_105659_In_veda_ape
17. <https://sk.wikipedia.org/wiki/Kadmium>
18. <https://odpady-online.cz/ve-chvaleticich-by-melo-vzniknout-zarizeni-na-zneskodneni-odpadni-rtuti-z-cr/>
19. <https://www.bezpecnostprace.info/rizika/snizovani-expozice-olovem/>
20. <https://cs.wikipedia.org/wiki/C%C3%ADn>
21. <https://www.minerals.cz/selen.html>
22. <https://www.sportvitalpro.cz/zdravi/jak-souvisi-alergie-se-znecistenim-zivotniho-prostredi>
23. <https://www.blesk.cz/clanek/regiony-praha-praha-zpravy/416676/pokladate-odpadky-u-precpane-popelnice-na-zem-pokuta-az-50-tisic-hrozi-magistrat.html>
24. <https://www.merlintuttle.org/>
25. <https://www.nbcnews.com/id/wbna18046336>
26. <https://www.batcon.org/article/pest-control/>
27. <https://www.domivo.cz/sluzby/barvy-laky-tmely>
28. https://www.inaturalist.org/guide_taxa/335862

Literární zdroje

- Bayat, S., Geiser, F., Kristiansen, P., & Wilson, S. C. (2014). Organic contaminants in bats: trends and new issues. *Environment international*, 63, 40-52.
- Benton, A. H. (1951). Effects on wildlife of DDT used for control of Dutch elm disease. *The Journal of Wildlife Management*, 15(1), 20-27.
- Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F., & Kunz, T. H. (2011). Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 332(6025), 41-42.
- Buchweitz, J. P., Carson, K., Reboloso, S., & Lehner, A. (2018). DDT poisoning of big brown bats, *Eptesicus fuscus*, in Hamilton, Montana. *Chemosphere*, 201, 1-5.
- De Conno, C., Nardone, V., Ancillotto, L., De Bonis, S., Guida, M., Jorge, I., ... & Russo, D. (2018). Testing the performance of bats as indicators of riverine ecosystem quality. *Ecological Indicators*, 95, 741-750.
- Hsu, M. J., Selvaraj, K., & Agoramoorthy, G. (2006). Taiwan's industrial heavy metal pollution threatens terrestrial biota. *Environmental pollution*, 143(2), 327-334.
- Jones, G., Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willig, M. R., & Racey, P. A. (2009). Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered species research*, 8(1-2), 93-115.
- Kannan, K., Yun, S. H., Rudd, R. J., & Behr, M. (2010). High concentrations of persistent organic pollutants including PCBs, DDT, PBDEs and PFOS in little brown bats with white-nose syndrome in New York, USA. *Chemosphere*, 80(6), 613-618.
- Oliveira, J. M., Destro, A. L. F., Freitas, M. B., & Oliveira, L. L. (2020). How do pesticides affect bats?—A brief review of recent publications. *Brazilian Journal of Biology*, 81, 499-507.
- Pikula, J., Zúkal, J., Adam, V., Bandouchova, H., Beklova, M., Hajkova, P., ... & Valentikova, L. (2010). Heavy metals and metallothionein in vespertilionid bats foraging over aquatic habitats in the Czech Republic. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 29(3), 501-506.
- Swanepoel, R. E., Racey, P. A., Shore, R. F., & Speakman, J. R. (1999). Energetic effects of sublethal exposure to lindane on pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*). *Environmental Pollution*, 104(2), 169-177.
- Torquetti, C. G., Guimarães, A. T. B., & Soto-Blanco, B. (2021). Exposure to pesticides in bats. *Science of the Total Environment*, 755, 142509.
- Zapletal O., Ruprich J., Dvořáková D., Nepejchalová L., Vránová E. 2001 Speciální veterinární toxikologie 148pp
- Zúkal, J., Pikula, J., & Bandouchova, H. (2015). Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect. *Mammalian Biology*, 80(3), 220-227.