

Metodika pro hodnocení účinnosti a stanovení zásad používání akustických, optických a pachových odpuzovačů u pozemních komunikací

Tato metodika je spolufinancována se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy ČR v rámci Programu Doprava 2020+

NÁZEV PUBLIKACE

Metodika pro hodnocení účinnosti a stanovení zásad používání akustických, optických a pachových odpuzovačů živočichů u komunikací

AUTOŘI

RNDr. Jitka Uhlíková, Ph.D. (Agentura ochrany přírody a krajiny ČR)

Mgr. Milan Křápek, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně)

Mgr. Ivo Dostál, Ph.D. (Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.)

Ing. Václav Hlaváč (Agentura ochrany přírody a krajiny ČR)

RNDr. Martin Strnad (Agentura ochrany přírody a krajiny ČR)

Bc. Martin Slepica (Agentura ochrany přírody a krajiny ČR)

OPONENTI

doc. Ing. Tomáš Kušta, Ph.D., Katedra myslivosti a lesnické zoologie FLD ČZU v Praze

Mgr. Vlasta Škorpíková, Odbor životního prostředí, Oddělení ochrany přírody a krajiny, Krajský úřad Jihomoravského kraje

PROJEKT

Průchodnost dopravní infrastruktury pro faunu jako podmínka bezpečné a udržitelné dopravy (CK03000086)

METODIKA SCHVÁLENÁ

Ministerstvo dopravy České republiky, č.j. MD-7176/2025-730/78

ISBN 978-80-7620-201-6 (online, pdf)

© Agentura ochrany přírody a krajiny ČR

Praha 2025

Anotace

Autoři:

Uhlíková, J., Křápek, M., Dostál, I., Hlaváč, V., Strnad, M., Slepica, M.

Název:

Metodika pro hodnocení účinnosti a stanovení zásad používání akustických, optických a pachových odpuzovačů živočichů u komunikací

Abstrakt:

Tato metodika slouží jako návod pro systematické hodnocení účinnosti odpuzovačů živočichů instalovaných u pozemních komunikací. Je zaměřena především na savce, protože odpuzovače jsou založeny na principech smyslových podnětů vnímatelných právě touto skupinou živočichů, u níž mají kolize s vozidly největší dopad na bezpečnost silničního provozu. Cílem metodiky je stanovit jednotný, opakovatelný a prakticky využitelný postup, který umožní objektivně posoudit, zda a do jaké míry daný typ odpuzovače skutečně přispívá ke snížení počtu kolizí mezi živočichy a vozidly.

Metodika je rozdělena do několika částí – od úvodního přehledu faktorů ovlivňujících pohyb živočichů v krajině, přes etologické posouzení účinku odpuzovače, specifikaci parametrů monitoringu mortality a návrh testovacího designu až po doporučení pro interpretaci výsledků s ohledem na další ovlivňující faktory. Stanovením zásad pro používání odpuzovačů metodika reaguje na dlouhodobý nedostatek jednotného postupu v této oblasti a představuje nástroj pro efektivnější plánování, instalaci a vyhodnocování účinnosti opatření ke snížení kolizí živočichů s vozidly na území České republiky.

Klíčová slova:

odpuzovače živočichů, repelenty, zradidla, monitoring mortality, dopravní infrastruktura, silnice, kolize s vozidly, bezpečnost dopravy

Schvalující orgán:

Ministerstvo dopravy ČR
nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12
110 15 Praha 1

Annotation

Authors:

Uhlíková, J., Křápek, M., Dostál, I., Hlaváč, V., Strnad, M., Slepica, M.

Title:

Methodology for evaluating the effectiveness and principles for the use of acoustic, optical and odour deterrents on roads

Abstract:

This methodology provides a framework for the systematic evaluation of the effectiveness of wildlife deterrent devices installed along road networks. It focuses primarily on mammals, as these deterrents operate on principles of sensory stimuli perceptible mainly to this taxonomic group, for which vehicle collisions pose the greatest risk to road safety. The objective of the methodology is to establish a standardized, repeatable, and practically applicable procedure enabling an objective assessment of whether, and to what extent, a specific type of deterrent effectively contributes to the reduction of wildlife–vehicle collisions. The methodology is structured into several sections, beginning with an overview of factors influencing animal movement within the landscape, followed by an ethological assessment of deterrent effects, specification of mortality monitoring parameters, experimental design recommendations, and guidelines for interpreting results in relation to additional influencing factors. By defining principles for the application of deterrent systems, the methodology addresses the long-standing absence of standardized evaluation procedures in this field and provides a scientifically grounded tool to support more effective planning, implementation, and assessment of measures aimed at mitigating wildlife–vehicle collisions within the territory of the Czech Republic.

Keywords:

animal deterrents, repellents, mitigation measures, mortality monitoring, wildlife–vehicle collisions (WVC), road ecology, traffic safety

Approving Authority:

Ministry of Transport of the Czech Republic
nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12
110 15 Praha 1

PŘEDMLUVA

Silniční síť představuje jeden z nejvýraznějších a nejrozsáhlejších zásahů člověka do krajiny. Moderní dopravní infrastruktura se stala symbolem rozvoje a mobility, zároveň se však stává významným ekologickým problémem. Pro volně žijící živočichy znamenají komunikace nejen fragmentaci stanovišť a narušení migračních tras, ale také přímé nebezpečí v podobě kolizí s projíždějícími vozidly.

Každoročně hynou na našich silnicích vyšší statisíce jedinců obratlovců – od obojživelníků přes plazy, ptáky, drobné savce až po kopytníky či šelmy. Ačkoli tato metodika testování odpuzovačů spadá do rámce ochrany obratlovců obecně, její principy a postupy jsou primárně zaměřeny na savce, kteří tvoří nejrizikovější skupinu z hlediska kolizí s vozidly. U ryb by aplikace takové metodiky postrádala smysl, u obojživelníků či plazů se uplatňují zcela odlišné migrační mechanismy a způsoby reakcí na podněty. Ptáci se pohybují převážně v prostoru nad vozovkou a silnice pro ně proto představují jiný typ rizika než pro pozemní živočichy. Pro úplnost je zde nutné zmínit, že enormní ztráty na životech postihují také bezobratlé živočichy, např. hmyz, jejichž mortalita na komunikacích bývá často přehlížena. Tyto ztráty napříč všemi skupina živočichů nelze vnímat pouze jako izolované epizody. Při vyšší četnosti mohou ovlivnit celé populace, narušovat jejich věkovou a pohlavní strukturu, měnit genetickou variabilitu a v konečném důsledku přispívat k úbytku biodiverzity.

Současně je s ochranou fauny nutné brát v úvahu i bezpečnost silničního provozu. Střety s živočichy způsobují každoročně velké množství dopravních nehod, často s vážnými následky pro řidiče i spolucestující. Hledání účinných a funkčních opatření na zmírnění těchto střetů je tedy záležitostí nejen ekologickou, ale také společenskou, ekonomickou a bezpečnostní.

Jedním z často používaných opatření ke snížení kolizí živočichů s projíždějícími vozidly jsou tzv. odpuzovače – zařízení, jejichž cílem je odradit živočichy od vstupu na silnici. Přestože se tato opatření používají již několik desetiletí, v odborné literatuře často chybí výzkumem ověřené informace o jejich skutečné účinnosti. Tato metodika proto vytváří standardizovaný rámec pro testování odpuzovačů v podmínkách České republiky a stanovuje zásady pro jejich používání, čímž podporuje jednotný a systematický přístup při plánování, instalaci a hodnocení účinnosti. Dále tento materiál poskytuje přehled dostupných datových zdrojů, definuje klíčové parametry monitoringu a upozorňuje na úskalí, která je třeba při vyhodnocování účinků zohlednit.

Věříme, že metodika umožní objektivně hodnotit účinnost odpuzovačů, přispěje ke zmírnění negativních vlivů dopravy na volně žijící živočichy a zároveň zvýší bezpečnost silničního provozu.

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíl metodiky.....	9
3	Základní pojmy a definice.....	10
4	Metodická část	12
4.1	Popis faktorů ovlivňujících pohyb živočichů v krajině a mortalitu na komunikacích	12
4.1.1	Sezónní dostupnost potravy.....	12
4.1.2	Životní biorytmy (denní a roční aktivita).....	12
4.1.3	Zdroj vody.....	12
4.1.4	Počasí.....	13
4.1.5	Polní vs. lesní biotopy.....	13
4.1.6	Doba lovu (sezónnost).....	13
4.1.7	Turistický ruch (sezónnost)	13
4.1.8	Charakter komunikace	13
4.2	Metodika testování odpuzovačů	13
4.2.1	Etologické ověření účinku odpuzovače.....	14
4.2.2	Monitoring mortality živočichů – testování účinnosti odpuzovače u komunikací ...	16
4.2.3	Design monitoringu mortality živočichů na komunikacích	22
4.2.4	Měření intenzity dopravy	28
4.2.5	Kontrola funkčnosti odpuzovačů.....	28
4.3	Zásady pro používání odpuzovačů u komunikací	28
5	Srovnání novosti postupů	31
6	Popis uplatnění metodiky.....	32
7	Ekonomické aspekty.....	33
8	Závěr	36
9	Seznam použité literatury	37
10	Seznam publikací, které předcházely metodice.....	40
11	Seznam použitých zkratk.....	41
12	Seznam tabulek	42
13	Přílohy.....	43

1 Úvod

Problematika mortality živočichů na komunikacích

Rozvoj liniových dopravních staveb, zejména silnic a dálnic, představuje jednu z nejvýznamnějších příčin fragmentace krajiny a narušení ekologické konektivity. Dopravní infrastruktura zásadně ovlivňuje prostředí jak ve fázi výstavby, tak po celou dobu svého provozu. Z hlediska ekologických důsledků lze vlivy dopravních staveb rozdělit do několika kategorií. Patří mezi ně ztráta a degradace biotopů, změna mikroklimatických a hydrologických poměrů, zvýšené rušení živočichů a chemické znečištění okolního prostředí. Z hlediska vlivu na populace živočichů mezi zásadní dopady patří přímá mortalita živočichů a tzv. bariérový efekt komunikace. Tento efekt je možné členit podle způsobu, jakým ovlivňuje pohyb živočichů a prostupnost krajiny, na primární a sekundární:

Primární bariérový efekt vyplývá z fyzické nepřekonatelnosti komunikace pro některé druhy – ať už kvůli samotnému tělesu silnice, oplocení, vysoké intenzitě provozu nebo přítomnosti rušivých vlivů. Tento efekt vede ke snížení průchodnosti krajiny, omezuje denní i sezónní migrace, brání přístupu k potravním nebo rozmnožovacím lokalitám a ve svém důsledku přispívá k prostorovému rozčlenění populací a k změně jejich genetické variability.

Sekundární bariérový efekt se projevuje zprostředkovaně, především prostřednictvím urbanizačního tlaku a následného rozvoje dalších infrastrukturních celků podél komunikace, jako jsou místní komunikace, průmyslové a logistické zóny, rekreační areály či obytná výstavba. Tyto sekundární zásahy vedou k dalšímu omezení prostupnosti krajiny a zvyšují kumulativní zátěž pro živočichy, čímž mohou ovlivnit efektivitu opatření původně navržených ke zmírnění vlivu hlavní komunikace.

S cílem minimalizovat negativní dopady dopravní infrastruktury na faunu se využívá široká škála ochranných a migračních opatření, která lze rozdělit do několika základních skupin:

1. **Stavební a krajinářská opatření** – zahrnují zejména výstavbu migračních objektů (nadchody, podchody, propustky) a oplocení komunikací, které zabraňuje vstupu živočichů do vozovky a navádí je na bezpečná místa pro přechod. Do této skupiny spadá také úprava vegetace v okolí komunikací – například udržování nízkého travního porostu, odstraňování náletových dřevin nebo cílená výsadba vhodných rostlin. Tyto zásahy zvyšují přehlednost, snižují atraktivitu okrajů komunikace pro živočichy a přispívají k usměrnění jejich pohybu v krajině.
2. **Behaviorální opatření** – zaměřují se na ovlivnění chování živočichů s cílem snížit riziko střetu s vozidlem. Patří sem akustické, optické a pachové odpuzovače (nebo jejich kombinace), které mají za úkol zamezit vstupu zvířat na komunikaci. Odpuzovače mohou být navrženy buď pro trvalý provoz, nebo pro aktivaci v rizikových částech dne (např. za soumraku, za úsvitu, v tmavé části dne) či v reakci na blížící se vozidlo (nebo kombinací uvedeného).

3. **Informační a varovná opatření** – zahrnují instalaci dopravního značení upozorňujícího řidiče na zvýšené riziko výskytu živočichů na silnici. Do této skupiny patří i pokročilé detekční systémy, které dokáží zaznamenat přítomnost živočicha v blízkosti vozovky a automaticky aktivovat proměnné dopravní značení s výstrahou. Tato opatření zatím v České republice nejsou běžně využívána, ale představují slibný nástroj prevence kolizí.

Behaviorální opatření, tj. odpuzovače, jsou u silničních komunikací využívány již po několik desítek let. První optická zařízení (tzv. odrazky) byla v Evropě vyvíjena a u komunikací používána již v 70. letech 20. století. Chemické repelenty se používají od 70. let 20. století k ochraně zemědělských plodin, porostů jehličnatých sazenic a sadů před poškozením živočichy, a postupem času začaly být využívány také v silniční ekologii s hlavním cílem předcházet nebo snižovat počty střetů vozidel s živočichy. V rámci silniční ekologie se nejčastěji používají syntetické nebo přírodní látky (Keken et al., 2024)

Navzdory desetiletím praxe je zářející, že v odborných publikacích chybí dostatek robustních, dlouhodobých a statisticky validních studií, které by jednoznačně potvrdily či vyvrátily funkčnost odpuzovačů různého typu. Syntetizující přehledy výsledků uvádějí závěry smíšené nebo nejednoznačné: některé studie dokládají selektivní či krátkodobý efekt, jiné uvádějí selhání opatření kvůli habituaci živočichů či nedostatku údržby. Současně je patrný rozpor mezi výsledky nezávislých studií a údaji výrobců, kteří často prezentují extrémně vysoká procenta snížení mortality, aniž by tato tvrzení byla podložena relevantními daty. Ve veřejném prostoru se tak šíří proklamace o účinnosti, které mají spíše marketingový než vědecký základ a slouží především jako zdroj příjmů pro výrobce. Za těmito neověřenými tvrzeními však stojí skutečné následky – životy živočichů a dopravní nehody s vážnými dopady na bezpečnost na silnicích.

Alarmujícím nedostatkem použití odpuzovačů v praxi je absence systematického výzkumu, zda živočichové na odpuzovače skutečně reagují, a jestli je tak naplněn vstupní předpoklad o vlivu těchto opatření na chování jedinců různých druhů. Z těchto důvodů je nezbytné, aby prvním krokem při hodnocení jakéhokoli odpuzovače byla behaviorální studie, která experimentálně ověří, zda podnět skutečně vyvolává požadovanou reakci u cílových skupin živočichů. Teprve na základě těchto poznatků lze přistoupit k testování v reálných podmínkách silničního provozu.

Další závažný problém spočívá v samotné aplikační praxi. Např. v České republice jsou pachové odpuzovače obvykle instalovány mysliveckými spolky, správci komunikací nebo místními samosprávami, a to často bez koordinace a jednotné metodiky. Časté je také nevhodné nastavení podmínek aplikace – odpuzovače se používají celoročně a na dlouhých úsecích komunikací, namísto aby byly cíleně soustředěny do nejrizikovějších úseků a období (Keken et al., 2024). Tyto skutečnosti významně podporují habituaci živočichů a tím snižují účinnost aplikovaného opatření.

2 Cíl metodiky

Záměrem této metodiky je stanovit věcný rámec pro hodnocení účinnosti a používání odpuzovačů volně žijících živočichů u komunikací. Metodika má sloužit jako jednotný a opakovatelný návod, jak postupovat při testování těchto opatření, aby výsledky byly objektivní, srovnatelné a prakticky využitelné.

Jejími dílčími cíli jsou:

1. Stanovit základní rámec pro etologické hodnocení účinku odpuzovačů

Tento cíl zahrnuje vymezení pravidel hodnocení reakcí živočichů na odpuzovač v kontrolovaném i reálném prostředí.

2. Specifikovat návazný postup testování odpuzovačů u komunikací prostřednictvím monitoringu mortality živočichů

Předmětná část uvádí klíčové parametry a možné zdroje dat pro monitoring mortality živočichů u komunikací.

3. Definovat zásady pro návrh designu studií testujících účinnost odpuzovačů

Cílem je popsání metodického postupu založeného na mezinárodně uznávaných odborných principech (tzv. Before–After–Control–Impact design), který umožní získat věrohodné výsledky a odlišit skutečný efekt odpuzovače od jiných aspektů majících vliv na četnost kolizí živočichů s vozidly.

4. Stanovit zásady pro používání odpuzovačů a sjednotit tak přístup k jejich používání

Tato část definuje zásady pro používání odpuzovačů u komunikací v praxi.

5. Přispět k ochraně volně žijících živočichů a ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu

Zastřešujícím cílem metodiky je podpořit změnu přístupu k využívání odpuzovačů u komunikací a tím přispět ke snížení počtu kolizí mezi živočichy a vozidly, k ochraně fauny a k posílení bezpečnosti dopravy.

3 Základní pojmy a definice

- **Behaviorální** – vztahující se k chování živočichů; často používané v souvislosti s reakcemi živočichů na vnější podněty.
- **BA-CI** (Before – After – Control – Impact) – experimentální metodika, která porovnává stav před a po zavedení opatření, a to jak na ošetřených, tak na kontrolních úsecích.
- **Etologie** – biologická disciplína studující chování živočichů včetně jeho příčin, funkcí a vývoje.
- **Expozice** – vyjadřuje celkový rozsah sledování při monitoringu mortality živočichů. Jedná se o kombinaci délky sledovaného úseku a doby monitoringu, která určuje množství zaznamenaných dat při sledování úhynů živočichů na silnicích. Expozice přímo ovlivňuje spolehlivost a statistickou průkaznost výsledků. Vyšší expozice zvyšuje pravděpodobnost zachycení úhynů a umožňuje provést přesnější a robustnější hodnocení účinnosti instalovaných odpuzovačů.
- **Habituace** – proces, při němž živočich postupně přestává reagovat na stejný opakovaný podnět, který nepředstavuje skutečné nebezpečí.
- **Inferenční síla** – schopnost studie spolehlivě určit, zda naměřený rozdíl (např. v mortalitě živočichů) skutečně souvisí s testovaným opatřením, nebo zda byl náhodný či způsobený jinými faktory.
- **Kadáver** – tělo uhynulého živočicha, v kontextu metodiky doklad kolize živočicha s vozidlem při monitoringu mortality.
- **Mitigace, mitigační opatření** – zmírňování nebo kompenzace negativních dopadů dopravní infrastruktury na životní prostředí, zejména na volně žijící živočichy.
- **Odpuzovač živočichů** – zařízení nebo prvek, jehož cílem je pomocí specifických podnětů (např. akustických, optických nebo pachových), které působí na smyslové orgány, odradit volně žijící živočichy od vstupu do rizikového prostoru. Odpuzovače se u komunikací využívají jako behaviorální opatření ke snížení rizika střetu zvířat s vozidly. Tato zařízení mohou působit buď nepřetržitě bez závislosti na konkrétním podnětu (například pachové odpuzovače), nebo mohou být aktivovány jen při konkrétním podnětu, jako je pohyb vozidla či přítomnost zvířete, čímž se snižuje riziko habituace živočichů. V odborné i aplikační praxi se pro odpuzovače používají různá označení, jako např. plašič, repellent.

Typy odpuzovačů:

Akustický odpuzovač – využívá zvukové podněty (např. ultrazvuk, impulzní nebo sirénové tóny, hlasy živočichů), které jsou pro zvířata nepříjemné nebo rušivé a vedou k jejich vyhýbavému chování vůči prostoru v okolí zdroje zvuku.

Optický odpuzovač – pracuje se světelnými nebo pohybovými podněty (např. odrazky, světelné odrazy, blikající světla), které mají za cíl zvířata znejistit nebo odradit od vstupu na komunikaci.

Pachový odpuzovač – využívá chemické látky, které mají simulovat „nebezpečné prostředí“ (tj. např. predátora, člověka) s cílem odradit živočichy od pohybu v dané oblasti. V ČR je používán

T A

Č R

Program **Doprava 2020+**

termín pachový ohradník, pachový repelent, pachové zradidlo, pachová oplocenka. V anglické odborné literatuře je označován zkratkou „ORE = odour repellents“.

Kombinovaný odpuzovač – zařízení, které spojuje více typů podnětů (např. světelný a zvukový) pro zvýšení účinnosti. Může být aktivní trvale nebo pouze při detekci vozidla či živočicha.

- **Power analýza** – metoda používaná k určení potřebného rozsahu vzorku nebo délky sledování tak, aby studie měla dostatečnou statistickou sílu odhalit skutečné rozdíly mezi sledovanými skupinami či obdobími, pokud existují.
- **Útěkové chování** – reakce živočichů na potenciální nebezpečí, kdy se snaží uniknout před predátorem nebo jinou hrozbou.
- **WVC** (= wildlife-vehicle collision) – anglická zkratka a termín pro střet živočicha s vozidlem.

4 Metodická část

4.1 Popis faktorů ovlivňujících pohyb živočichů v krajině a mortalitu na komunikacích

Pohyb volně žijících živočichů v krajině je výsledkem složité interakce mezi biologickými potřebami jedince a vnějšími faktory prostředí. Tyto faktory zároveň ovlivňují pravděpodobnost, že zvíře vstoupí do prostoru komunikace a stane se obětí dopravní mortality. Pro správné plánování a hodnocení účinnosti ochranných opatření je proto nezbytné uvážit následující soubor faktorů, které pohyb živočichů v krajině ovlivňují.

Každý druh živočicha má specifické chování, teritoriální potřeby, preferované biotopy i rozdílnou míru náchylnosti k překračování komunikací. Znat cílové druhové zastoupení živočichů v rizikových úsecích je zásadní pro výběr vhodného typu odpuzovače i pro interpretaci výsledků testování.

4.1.1 Sezónní dostupnost potravy

Kvalita a množství dostupné potravy výrazně ovlivňují pohybovou aktivitu živočichů. V obdobích, kdy je potrava méně dostupná (např. na konci zimy nebo v období sucha), zvířata podnikají delší pochody, často přes komunikace. Klíčovou roli v prostorovém chování živočichů – zejména býložravců a všežravců – hraje skladba a fenologie plodin pěstovaných na zemědělské půdě v okolí komunikací. Plodiny mohou sloužit nejen jako zdroj potravy, ale i jako úkryt. Nepřímo mohou plodiny ovlivnit také pohyb masožravců, kteří do těchto oblastí přicházejí v reakci na zvýšený výskyt potenciální kořisti (např. drobných savců, zajíců, ptáků). Tím se zvyšuje pravděpodobnost výskytu i těchto predátorů v blízkosti komunikací. Dalším faktorem zvyšujícím atraktivitu okolí silnic může být výskyt ovocných dřevin rostoucích v jejich bezprostřední blízkosti. Spadané ovoce představuje snadno dostupný zdroj potravy, který láká býložravce i všežravce. V neposlední řadě zvyšuje atraktivitu prostředí v blízkosti komunikací příkrmovací zařízení, které tak může výrazně přispívat k vyššímu riziku kolizí.

4.1.2 Životní biorytmy (denní a roční aktivita)

Živočichové se vyznačují specifickými rytmy aktivity – někteří jsou aktivní především za soumraku a v noci (např. kopytníci, ježci), jiní během dne (např. veverky). Významná je rovněž roční dynamika, zejména období rozmnožování, migrace, disperze mladých jedinců nebo zvýšené potřeby potravy před zimou. V těchto obdobích dochází k vyšší mobilitě jedinců, a tím i ke zvýšenému riziku střetu s dopravou.

4.1.3 Zdroj vody

Přítomnost vodních zdrojů, jako jsou toky a vodní nádrže, představuje významný cíl pohybu pro mnoho druhů. Pokud je zdroj vody situován na opačné straně komunikace než denní úkryt živočichů, dochází k pravidelnému překračování silnice, často ve stejných trasách.

4.1.4 Počasí

Meteorologické podmínky (např. teplota, déšť, sníh, mlha) ovlivňují jak aktivitu živočichů, tak viditelnost a reakční dobu řidičů. Například teplota zásadně ovlivňuje pohyb plazů a obojživelníků, kdy u druhé skupiny mají významný vliv na migraci také dešťové srážky. V zimě může posypová sůl přitahovat k silnici živočichy (býložravce, ptáky).

4.1.5 Polní vs. lesní biotopy

Chování živočichů se může lišit podle typu krajiny. V lesních prostředích mají živočichové větší kryt a častěji využívají konkrétní trasy. Naopak v otevřené zemědělské krajině jsou více vystaveni vizuálním a zvukovým podnětům, což může jejich chování ovlivnit – např. větší váhání při překračování volné komunikace nebo naopak útěkové chování.

4.1.6 Doba lovu (sezónnost)

V obdobích lovu může docházet ke změnám chování živočichů – zvýšené plachosti, přesunům do méně narušených oblastí a větší aktivitě v nočních hodinách. To může vést ke zvýšenému překračování komunikací v nezvyklých časových intervalech.

4.1.7 Pohyb osob v krajině (sezónnost)

Přítomnost lidí v krajině, ať už za účelem vykonávání běžných činností (zemědělci, lesníci), nebo za účelem rekreace (zejména v letních měsících nebo o víkendech), ovlivňuje rozložení pohybu živočichů. Živočichové se mohou přesouvat do klidnějších oblastí, což může znamenat vyšší počet překonávaných překážek včetně silnic.

4.1.8 Charakter komunikace (intenzita provozu, přítomnost svodidel, oplocení, stěn apod.)

Intenzita provozu ovlivňuje tendenci živočichů silnici překročit – zatímco na málo frekventovaných silnicích může docházet k častějšímu přecházení, vysoká intenzita provozu naopak působí jako bariéra. Přítomnost svodidel nebo jiných fyzických překážek (protihlukových stěn apod.) může navíc změnit pohybové trajektorie zvířat a vést k jejich koncentraci na konkrétních místech, v nichž se zvyšuje riziko kolize. Problematické je v tomto kontextu např. oplocení, protihlukové stěny nebo zárubní zdi, které se nachází pouze na jedné straně komunikace. Živočich, který se k takové bariéře dostane, bývá zastaven v pohybu, bloudí podél stěny, opakovaně se vrací zpět na komunikaci nebo hledá mezeru v oplocení. Tím se paradoxně zvyšuje riziko střetu s vozidly, protože živočich zůstává delší dobu v těsné blízkosti silnice a jeho pohyb je pro řidiče nepředvídatelný. Obdobným problémem je nefunkční oplocení komunikací, zejména místa s mezerami, poškozeními nebo špatně provedenými napojeními. Takové nedostatky umožňují živočichům vstup na komunikaci a zcela devalvují smysl realizovaného opatření.

4.2 Metodika testování odpuzovačů

Tato kapitola popisuje doporučený postup hodnocení účinnosti odpuzovačů v podmínkách pozemních komunikací. Konkrétně jsou v ní uvedeny postupy pro etologické ověření účinku, návrh

monitoringu mortality, stanovení délky a designu studií, sledování intenzity dopravy a kontrolu funkčnosti odpuzovačů. Celé hodnocení musí být navrženo s ohledem na cílovou skupinu živočichů, pro kterou je testovaný odpuzovač určen, aby byly zajištěny relevantní a věrohodné výsledky. Součástí kapitoly jsou také pravidla pro interpretaci výsledků s ohledem na aspekty, které mohou ovlivnit jejich spolehlivost.

4.2.1 Etologické ověření účinku odpuzovače

Při ověřování funkčnosti odpuzovačů instalovaných podél komunikací je zcela zásadní si uvědomit, že podstata jejich účinku spočívá ve změně chování živočichů. Odpuzovač je prostředkem, který má svou přítomností – ať už prostřednictvím akustického, optického, pachového či jiného stimulu – vyvolat u živočicha vyhýbavé chování a tím snížit pravděpodobnost vstupu na vozovku a následného střetu s vozidlem.

Z tohoto důvodu by měl být prvním krokem jakéhokoliv validního ověřování účinnosti odpuzovače etologický výzkum, tedy experimentálně podložené ověření, že daný podnět skutečně vyvolává požadovanou reakci u cílové skupiny živočichů. Tento výzkum může být realizován dvěma způsoby:

- V kontrolovaném prostředí (např. obory, polopřírodní výběhy nebo experimentální ohrady), kde jsou eliminovány některé vnější rušivé vlivy a je možné podmínky opakovaně a přesně nastavovat. Pro objektivní hodnocení je vhodné předem stanovit soubor jasně definovaných behaviorálních ukazatelů (např. zastavení pohybu, zvýšená ostražitost, změna směru, vyhýbání se podnětu), které lze kvantifikovat a následně statisticky vyhodnocovat.
- V reálném prostředí komunikace, tedy přímo v místě instalace odpuzovače, kde lze sledovat chování volně žijících živočichů v interakci s dopravním prostředím. V tomto případě je však nutné počítat s tím, že samotné prostředí silnice – hluk, světla, pachy, vibrace i rychlost pohybujících se vozidel – již chování ovlivňuje. Pro monitoring lze využít buď kamerové systémy rozmístěné v terénu, nebo telemetrické obojky s GPS technologií, které v pravidelných intervalech zaznamenávají polohu jedince a umožňují tak detailně sledovat jeho pohyb a změny v prostorovém chování. Tabulkový přehled jednotlivých metod včetně výhod a nevýhod jejich použití je uveden v následujícím přehledu:

TABULKA 1: PŘEHLED METOD ETOLOGICKÉHO VÝZKUMU FUNKČNOSTI ODPUZOVAČŮ

Metoda	Výhody	Nevýhody
Fotopasti	<ul style="list-style-type: none"> • Snadná instalace • Nízké náklady • Možnost dlouhodobého 	<ul style="list-style-type: none"> • Omezený zorný úhel a dosah • Aktivace závislá na

	monitoringu bez přítomnosti člověka <ul style="list-style-type: none"> • Noční vidění 	pohybu a nastavení citlivosti <ul style="list-style-type: none"> • Riziko falešných aktivit (např. vegetace ve větru) • Poskytují fragmentární obraz o chování
Kamerové systémy	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuální a detailní záznam chování • Zaznamenání jemných behaviorálních projevů • Vhodné pro kvantifikaci reakcí dle ukazatelů 	<ul style="list-style-type: none"> • Vyšší pořizovací a provozní náklady • Nutnost zdroje energie • Omezené možnosti instalace
Telemetrické obojky (GPS)	<ul style="list-style-type: none"> • Detailní data o pohybu jedince • Sledování prostorového chování (migrační trasy, vyhýbání se úsekům) • Kontinuální monitoring v dlouhém časovém období 	<ul style="list-style-type: none"> • Vysoké náklady • Nutnost odchyty a manipulace s živočichem • Legislativní omezení odchyty a manipulace se živočichy • Omezený počet jedinců a druhů

Optimální je kombinace více metod, která umožňuje zachytit jak detailní behaviorální projevy (fotopasti, kamerové systémy), tak dlouhodobé údaje o prostorovém chování (GPS obojky). Takto získaná data umožňují vyhodnotit, zda odpuzovače skutečně ovlivňují aktivitu a migrační trasy cílových druhů v prostředí, kde ke střetům s vozidly dochází.

Důležitou součástí etologického ověřování je také sledování habituace, tedy postupného snižování reakce živočichů na opakovaný podnět. Pokud podnět rychle ztrácí svou účinnost, je nutné to zohlednit při rozhodování o jeho praktickém použití.

Důležitým dokladem významu etologického ověřování jsou i výsledky publikovaných studií z ČR, které staví otazník nad aktuálně plošným používáním pachových odpuzovačů u komunikací, a to i v návaznosti na výsledky terénních testování. Bíl et al. (2020) testovali vliv pachových ohradníků na chování srnce obecného (*Capreolus capreolus*), avšak neprokázali žádný jednoznačný efekt. Podobně Jurečka (2021) ve své diplomové práci neprokázal vliv pachových ohradníků na chování srnce obecného (*Capreolus capreolus*) a zajíce polního (*Lepus europaeus*). Tyto závěry korespondují i s výsledky rozsáhlých terénních testů (Bíl et al., 2024), které naznačují účinnost pachových odpuzovačů pouze v krátkodobém horizontu a s rizikem habituace.

Jestliže etologický výzkum dostatečně prokáže požadovaný vliv odpuzovače na chování živočichů, je teprve v této fázi opodstatněné a smysluplné přistoupit k další fázi – tedy k reálnému hodnocení účinnosti zařízení prostřednictvím sledování mortality živočichů u komunikací. Až tehdy má smysl vynakládat finanční prostředky, čas i personální kapacity na rozsáhlý terénní monitoring, jehož cílem je ověřit praktický efekt v prostředí ovlivněném komplexní škálou dalších faktorů. Etologický účinek odpuzovače tak představuje nezbytný předpoklad pro jakékoliv smysluplné hodnocení jeho efektivity v reálných podmínkách. Bez tohoto ověření hrozí chybná interpretace výsledků a neefektivní vynakládání prostředků.

4.2.2 Monitoring mortality živočichů – testování účinnosti odpuzovače u komunikací

Pokud etologický výzkum prokáže, že odpuzovač skutečně vyvolává požadovanou reakci u cílových skupin živočichů, je žádoucí navázat na tato zjištění systematickým monitoringem mortality živočichů u komunikací. Etologická studie totiž ukazuje pouze změnu chování, ale sama o sobě nedokáže potvrdit, zda tento efekt vede k reálnému snížení počtu kolizí. Monitoring mortality je proto nezbytný k ověření praktického účinku v prostředí, kde chování živočichů ovlivňuje řada dalších faktorů – viz kapitola 4.1. Teprve kombinace etologického ověření a následného sledování mortality poskytuje úplný a spolehlivý obraz o účinnosti odpuzovačů v reálných podmínkách silničního provozu.

4.2.2.1 Klíčové parametry pro plánování monitoringu mortality živočichů na komunikacích

Úspěšné a metodicky spolehlivé hodnocení účinnosti odpuzovačů u silničních komunikací vyžaduje přípravu celého monitorovacího procesu. Pro objektivní výsledky je nezbytné definovat základní sledované proměnné, např. délku monitoringu, typy komunikací a způsob sběru dat. V následujícím textu jsou uvedeny základní parametry, které je při plánování monitoringu nutné stanovit.

4.2.2.1.1 Délka sledovaných úseků

Vhodnou délku sledovaných úseků je nezbytné stanovit s ohledem na požadovanou expozici, tj. celkový rozsah monitoringu vyjádřený jako součin délky úseku (v km) a délky sledovaného období (v letech). Expozice určuje, kolik „příležitostí k záznamu“ úhynů studie pokrývá, a tím přímo ovlivňuje spolehlivost výsledků. Modely ukázaly, že příliš krátké úseky často vedou k nulovým výsledkům (tj. k žádné pozorované mortalitě živočichů), které snižují informační hodnotu sledování. Naopak příliš dlouhé úseky mohou být nepraktické z hlediska proveditelnosti studie a mohou zastřít prostorové rozdíly v účinnosti opatření. Optimální délka úseků je proto v tabulce 3 stanovena na základě simulačních výpočtů, které určují minimální potřebnou expozici na úsek a období.

Pro tyto simulační výpočty byla využita pilotní data uvedená v Příloze 3. Vstupními parametry byla zejména průměrná mortalita živočichů na komunikacích (počítaná na kilometr a rok) a rozptyl hodnot mezi jednotlivými úseky. Tyto údaje sloužily k odhadu minimální expozice, která zajišťuje dostatečnou pravděpodobnost zachycení nenulových hodnot a umožňuje spolehlivé statistické vyhodnocení účinnosti odpuzovačů.

4.2.2.1.2 Délka monitoringu

Pro hodnocení účinnosti odpuzovačů je zásadní, aby monitoring probíhal dlouhodobě. Jen víceleté sledování umožňuje zachytit sezónní proměnlivost chování živočichů i meziroční rozdíly v klimatických podmínkách, nabídce potravy a populační dynamice. Krátkodobé sledování naproti tomu může vést k nesprávné interpretaci výsledků – například připisování změn účinku odpuzovače, ačkoli byly způsobeny pouze výkyvy počasí, populačními cykly nebo jinými faktory prostředí (např. dočasnou změnou v intenzitě dopravy). Dlouhodobý monitoring je proto nezbytný k tomu, aby bylo možné odlišit skutečný efekt opatření od změn v krajině a populacích. Podrobnosti k doporučené délce monitoringu jsou uvedeny v kapitole 4.2.3.

4.2.2.1.3 Frekvence monitoringu

Frekvence provádění monitoringu je zásadním parametrem, který významně ovlivňuje výsledný počet nalezených živočichů a tím i celkový design testování účinnosti odpuzovačů. Příliš nízká frekvence vede k vysokému riziku podhodnocení mortality, protože kadávery jsou odnášeny predátory nebo rychle degradují. Naopak příliš častý monitoring může znamenat nepřiměřenou zátěž na časové a finanční kapacity. Klíčová je proto konzistence – všechny úseky musí být sledovány v obdobných intervalech, aby výsledky byly mezi sebou porovnatelné.

Odborné studie ukazují, že mortalita je zachytitelná pouze při dostatečně častém monitoringu – menší druhy vyžadují prakticky denní kontroly, zatímco u větších živočichů může být interval delší (Santos et al., 2011; Schwartz et al., 2018). Další možností je zaměřit monitoring jen na období se zvýšenou mortalitou (např. jaro, podzim), kdy je pravděpodobnost kolizí nejvyšší, zatímco v méně rizikových obdobích může být monitoring omezen nebo zcela vynechán. Tento přístup byl aplikován například ve studii Bíl et al. (2024), kde byl monitoring prováděn pouze v měsících s nejvyšší mortalitou. Pro načasování monitoringu lze využít i externí zdroje informací o sezónní a denní dynamice kolizí. Příkladem je portál „srazenazver.cz“, který pro určité druhy poskytuje přehledné grafy a může pomoci určit kritická období vhodná pro intenzivnější sledování.

Frekvence monitoringu by měla být volena tak, aby umožnila získat dostatečný počet nalezených jedinců potřebný pro statisticky průkazné vyhodnocení účinnosti odpuzovačů, jak je uvedeno v tabulce 3. Cílem tedy není pouze stanovit interval kontrol, ale zajistit takovou celkovou expozici (kombinaci délky sledovaných úseků, délky trvání monitoringu a frekvence kontrol), která povede k dosažení minimálního počtu záznamů nutných pro ověření účinnosti s požadovanou spolehlivostí.

4.2.2.1.4 Denní doba sledování

Monitorování by mělo probíhat především v ranních hodinách, ideálně krátce po východu slunce, protože v tomto období je vyšší šance zachytit kadávery dříve, než dojde k jejich odstranění (např. mrchožrouty nebo lidmi) (Santos et al., 2011, Schwartz et al., 2018). Zároveň jsou ráno příznivější světelné podmínky pro vizuální detekci (Schwartz et al. 2018) a nižší hustota provozu umožňuje zpomalit nebo krátce zastavit bez zvýšeného rizika pro pozorovatele i řidiče.

Zásadní je, aby byl čas monitoringu mezi jednotlivými úseky a dny jednotný. Při méně častém monitoringu (např. 1× týdně) ztrácí smysl snaha zachytit okamžitý stav, podstatná je především konzistence – tedy aby byly všechny kontroly prováděny v obdobné denní době a stejným způsobem. Takový standardizovaný časový rámec umožní porovnatelnost výsledků mezi úseky i v delším časovém horizontu.

4.2.2.1.5 Personální zajištění monitoringu

Monitoring může být zajištěn následujícími způsoby:

1. Odborný a cílený sběr dat prováděný školenými osobami.
2. Sběr dat uživateli honiteb, kteří mají detailní znalost terénu.
3. Kombinovaný přístup, při němž uživatelé honiteb poskytují doplňkové informace k odbornému sběru dat.

Další informace k možným zdrojům dat jsou uvedeny v části 4.2.2.2.

4.2.2.1.6 Způsob provádění monitoringu

Zvolený způsob monitoringu ovlivňuje efektivitu a výpovědní hodnotu dat.

Možné způsoby:

1. Pěší kontrola – nejpodrobnější, vhodná pro přesnou detekci kadáverů, ale časově náročná
2. Monitoring z kola – kompromis mezi efektivitou a citlivostí detekce
3. Monitoring z auta/motocyklu – umožňuje pokrýt větší vzdálenosti, ale snižuje pravděpodobnost zjištění menších nebo hůře viditelných jedinců.

4.2.2.1.7 Evidence nalezených kadáverů

Pro zajištění konzistentních a kvalitních dat je nezbytné používat jednotný formulář pro evidenci nalezených uhynulých živočichů (viz příloha 1). Formulář musí obsahovat základní informace, jako je datum, lokalizace nálezu, druh, stav nálezu a další relevantní poznámky. Součástí monitoringu by měla být také fotografická dokumentace, která umožňuje dodatečné určení druhu živočicha a dalších charakteristik exempláře. Fotografie jsou zvláště cenné při rozlišení podobných druhů, jako například kuna lesní a kuna skalní, kde je vizuální záznam klíčový pro přesnou identifikaci. Díky

jednotné evidenci a doprovodné dokumentaci lze zvýšit kvalitu dat, usnadnit jejich analýzu a podpořit objektivitu vyhodnocení účinnosti odpuzovačů.

4.2.2.1.8 Volba typů komunikací

Při testování účinnosti odpuzovačů živočichů je nezbytné zahrnout všechny relevantní typy komunikací, které se liší svou charakteristikou a intenzitou provozu. To zahrnuje silnice první, druhé a třetí třídy. U dálnic je bezpředmětné uvažovat o instalaci odpuzovačů, protože mortalita na nich je řešena odlišnými opatřeními, konkrétně oplocením a migračními průchody. Rozdíly mezi jednotlivými třídami komunikací spočívají nejen v intenzitě dopravy, která přímo ovlivňuje chování živočichů a jejich reakce na odpuzovače, ale také v jejich stavebně-technickém řešení, tj. např. v přítomnosti svodidel, směrových sloupků či v šířce komunikace.

4.2.2.1.9 Provozní faktory

a) Je nezbytné předem ověřit plánované uzavírky, opravy a rekonstrukce komunikací, které by mohly ovlivnit migraci fauny i přístupnost úseků. To platí i pro předpokládané objízdné trasy, na něž bude dopravní tok odkloněn.

b) U řady typů odpuzovačů se běžně předpokládá jejich instalace na směrové sloupky. V posledních letech však dochází k zavádění tzv. plochých (plastových) směrových sloupků, které neumožňují bezpečné ani funkčně vhodné připevnění těchto zařízení. Jednou z možností, jak tuto situaci řešit, je domluva se správcem komunikace, aby v daných úsecích byly instalovány trojboké směrové sloupky, které instalaci odpuzovačů umožňují. Alternativně lze odpuzovače upevnit na samostatné konstrukce v blízkosti komunikace, například na kolíky. Tato náhradní řešení však mohou v některých případech představovat bezpečnostní riziko, zejména pokud zasahují do průjezdního profilu silnice nebo snižují její přehlednost. Specifickou situaci představuje umístění odpuzovačů v místech se svodidly – zde může být řešením instalace části směrového sloupku přímo na svodidla, na který lze odpuzovač následně upevnit.

Při plánování monitoringu i samotné instalace odpuzovačů je tak nezbytné koordinovat technické provedení s normami pro projektování silnic a příslušnými správci komunikací, mj. aby nedošlo k porušení bezpečnostních předpisů.

c) Při výběru úseků pro testování účinnosti odpuzovačů je nutné zajistit, aby na daném místě nebyl v předchozím období používán jiný typ odpuzovače. Minimální doba, po kterou by neměl být úsek zatížen předchozím opatřením, je odhadována na přibližně dva roky. Tento interval je však pouze orientační, protože zatím neexistují dostatečná data, která by jej jednoznačně potvrdila. Navíc délka potřebného odstupu se může lišit v závislosti na použitém typu odpuzovače, jeho účinnosti, cílových druzích živočichů i specifických podmínkách lokality.

4.2.2.1.10 Volba úseků v kontextu krajiny

a) Charakter krajiny

Při výběru úseků komunikací pro testování odpuzovačů je nezbytné zohlednit také charakter okolní krajiny. Úseky by měly být reprezentativní pro různé typy krajiny, jako jsou otevřené zemědělské plochy, lesní porosty či krajinné mozaiky kombinující více typů prostředí. Charakter okolní krajiny zásadně ovlivňuje pohyb živočichů a tím i riziko střetů s vozidly. Proto je vhodné zařadit monitoring do širšího kontextu krajinných podmínek, aby bylo možné správně interpretovat výsledky a efektivitu odpuzovačů. Při volbě testovacích úseků je však současně nutné uvážit, pro které druhy živočichů je toto zařízení určeno, tj. pro lesní druhy neinstalovat odpuzovače v zemědělské krajině (viz 4.2.2.1.12).

b) Plodiny

Jedním z faktorů ovlivňujících pohyb živočichů v krajině jsou pěstované plodiny v okolí komunikací. Dostupnost a atraktivita těchto plodin významně ovlivňují prostorové chování býložravých a všežravých druhů. Plodiny mohou sloužit jako zdroj potravy nebo úkryt, což zvyšuje frekvenci pohybu živočichů přes silnice a tím i pravděpodobnost kolizí. Nepřímo mohou plodiny ovlivnit také pohyb masožravců, kteří do těchto oblastí přicházejí v reakci na zvýšený výskyt potenciální kořisti (např. drobných savců, zajíců, ptáků využívajících pole). Tím se zvyšuje pravděpodobnost výskytu i těchto predátorů v blízkosti komunikací.

Zahrnutí informací o druzích a rozmístění plodin do analýzy výsledků monitoringu je proto opodstatněné. Interpretace těchto vlivů však bývá komplikovaná. V daném úseku komunikace se často vyskytuje více druhů plodin, jejichž složení a rozmístění se může lišit na obou stranách vozovky. Navíc se skladba plodin mění v průběhu sezóny i mezi jednotlivými roky. Výsledný vliv zemědělských plodin na četnost kolizí tedy závisí nejen na jejich druhovém složení, ale i na konkrétní konfiguraci ploch, jejich velikosti, době sklizně a dalších faktorech. Tato komplexita vytváří široké spektrum možných variant, což často znemožňuje jednoznačné vyhodnocení jejich vlivu na pohyb živočichů a efektivitu odpuzovačů. Alternativním řešením je dostatečně plošný a dlouhodobý monitoring, kterým se tyto lokální a sezónní rozdíly budou vyrovnávat. Rozsáhlejší prostorové pokrytí sledovaných úseků bude zmírňovat vliv proměnlivé skladby plodin a umožňovat tak hodnocení účinnosti odpuzovačů bez nutnosti složitých korekcí na tyto faktory.

4.2.2.1.11 Volba kontrolních úseků

Aby měly výsledky studie co nejvyšší vypovídací hodnotu, je potřebné pozorně vybírat kontrolní úseky. Ty by měly být parametry co nejvíce podobné úsekům s instalovanými odpuzovači. Základní kritéria výběru jsou:

- Shodný typ biotopu – stejná krajinná struktura, vegetační pokryv a podmínky v okolí vozovky. Biotop ovlivňuje složení i hustotu populací živočichů, tedy i mortalitu.
- Podobná délka úseku – délka kontrolního a testovaného úseku by měla být srovnatelná (ideálně totožná), aby byla data vzájemně dobře porovnatelná.

- Srovnatelná míra mortality živočichů před instalací – je třeba zajistit, aby počáteční úroveň mortality na kontrolním a testovaném úseku byla podobná.
- Stejný typ silnice a dopravní zatížení – kontrolní a testovaný úsek by měl být na stejné kategorii komunikace, se srovnatelnou intenzitou provozu, rychlostí vozidel i technickými parametry, které ovlivňují riziko střetů (Van der Grift et al., 2015). Další informace ke kontrolním úsekům jsou uvedeny v části 4.2.3.

4.2.2.1.12 Druhové spektrum živočichů a parametry odpuzovače

Aby bylo možné ověřit skutečnou účinnost odpuzovače, je nezbytné předem jasně vymezit cílové druhové spektrum, na které má zařízení působit. Parametry odpuzovačů (zejména typ signálu, intenzita, frekvence a načasování aktivace) musí odrážet specifické biologické, ekologické a etologické vlastnosti těchto cílových druhů. To zahrnuje především jejich denní nebo noční aktivitu, senzitivitu k určitým podnětům (zvuk, světlo, vibrace), typ pohybu krajinou a preferenci konkrétních biotopů. Například druhy aktivní převážně v noci vyžadují odpuzovače s noční aktivací, zatímco denní druhy naopak vyžadují aktivaci během dne. Úseky vybrané pro testování by dále měly reprezentovat biotopy typické pro cílové druhy, aby se zařízení skutečně setkávalo s odpovídající cílovou populací. Přizpůsobení odpuzovačů cílovým druhům zajistí, že testování realisticky zhodnotí jejich účinnost a reálnou využitelnost v praxi (Van der Grift et al., 2015).

4.2.2.2. Možné zdroje dat pro monitoring mortality živočichů u komunikací

Aby bylo možné smysluplně vyhodnotit účinnost odpuzovačů, je nezbytné vycházet z věrohodných a dobře interpretovatelných informací. Tato kapitola se zaměřuje na možné zdroje dat, které lze využít při ověřování účinnosti odpuzovačů na základě monitoringu mortality živočichů u komunikací. V ideálním případě by měla být data získávána systematicky – tedy podle předem definované metodiky sběru, ve srovnatelném rozsahu a s jasně stanoveným časoprostorovým rámcem. V praxi však bývají k dispozici různorodé, a ne vždy plně standardizované datové zdroje. Taková situace sice neodpovídá metodickému ideálu, ale reflektuje reálné podmínky terénního výzkumu a dostupné kapacity. Tato kapitola proto přináší přehled těchto zdrojů a hodnotí jejich výpovědní hodnotu, výhody i omezení.

4.2.2.2.1. Data od uživatelů honiteb

Informace poskytované mysliveckými hospodáři, uživateli honiteb či členy mysliveckých spolků často tvoří významnou část podkladů při hodnocení účinnosti odpuzovačů. Výhodou tohoto zdroje je přímá a dlouhodobá znalost konkrétní oblasti, častá přítomnost v terénu a praktické zkušenosti s výskytem a pohybem živočichů. Za přínos lze považovat také vazby na místní prostředí, znalost regionálních poměrů a neformální informační sítě. Je však nezbytné upozornit na omezenou objektivitu a metodickou konzistenci těchto dat. Vzhledem k tomu, že nejde o systematický

monitoring dle předem stanovených pravidel, dochází ke značné variabilitě v rozsahu, kvalitě i přesnosti informací (Hromádko, 2014). Subjektivní vnímání účinnosti, rozdílné metody pozorování a potenciální zájmové zkreslení mohou vést k nadhodnocení či podhodnocení efektu odpuzovačů. Z těchto důvodů je třeba s tímto zdrojem pracovat obezřetně a výsledky vždy interpretovat v kontextu dalších datových vstupů. Ke zvýšení spolehlivosti dat se nabízí zasmluvnění uživatelů honiteb ke sledování vybraných úseků silnic podle předem domluvené metodiky.

4.2.2.2 Dopravní nehody evidované policií

Záznamy Policie ČR o dopravních nehodách způsobených střetem s živočichy představovaly přibližně do roku 2023 významný zdroj informací o prostorové a časové distribuci kolizí. Ve statistikách však zpravidla chybí určení druhu živočicha, s nímž ke střetu došlo. Vzhledem k tomu, že policie bývá volána především k vážnějším nebo finančně náročnějším nehodám, lze předpokládat, že se většinou jednalo o střety s většími druhy, zejména kopytníky. V posledních letech však dochází k postupnému omezení výjezdů policie ke kolizím, při nichž nedochází k výraznější materiální škodě ani ke zranění osob. Tento trend významně snižuje spolehlivost a úplnost těchto údajů, a proto již policejní statistiky nelze považovat za dostatečně relevantní zdroj informací pro hodnocení účinnosti odpuzovačů.

4.2.2.3 Cílený terénní monitoring mortality živočichů

Nejspolehlivějším zdrojem dat pro vyhodnocení účinnosti odpuzovačů je cílený, standardizovaný monitoring, který je navržen tak, aby minimalizoval metodické chyby a umožnil srovnatelnost výsledků v čase i mezi lokalitami.

Výpovědní hodnota těchto dat je však i přesto ovlivněna několika faktory:

Skrytá mortalita – část sražených živočichů po kolizi odběhne, případně uhyne mimo komunikaci, a tedy unikne záznamu.

Odstranění kadáverů predátory (mrchožrouty) – mrtví živočichové mohou být během velmi krátké doby odneseni predátory, zejména v noci nebo v ranních hodinách.

Odstranění kadáveru lidmi – v některých případech dochází také k odvezení sraženého živočicha lidmi (např. pro využití masa či trofejí)

Znehodnocení kadáverů provozem – při vyšší intenzitě dopravy může dojít k rozježdění kadáveru natolik, že se stane nezaznamenaným.

Variabilita pozorovacích podmínek – vliv má roční období (zejména sníh v zimě), vegetační kryt, počasí i viditelnost.

4.2.3 Design monitoringu mortality živočichů na komunikacích

Po etologickém potvrzení, že odpuzovač vyvolává požadovanou reakci u cílových živočichů, je smysluplné přistoupit ke standardizovanému monitoringu mortality. K tomu se doporučuje využít

tzv. design „BA–CI“ (tzn. Before–After–Control–Impact) (Underwood, 1992), který spočívá v dlouhodobém sledování téhož úseku před instalací odpuzovače (tj. „before“) a po jeho instalaci (tj. „after“), a současně alespoň jednoho kontrolního úseku bez opatření (tj. „control“). Design BA–CI umožňuje spolehlivě eliminovat vliv přirozené meziroční variability, stejně jako plošné trendy v populacích živočichů nebo změny v krajině či intenzitě dopravy (Van der Grift & Seiler, 2016). Kompletní BA–CI přístup je důležitý zejména proto, že studie založené pouze na Before–After (BA) nebo Control–Impact (CI) metodě mají výrazně slabší inferenční sílu. Tyto méně komplexní přístupy mohou vést k chybným závěrům o účinnosti odpuzovačů, např. když pokles mortality ve skutečnosti způsobily jiné faktory, např. klimatické výkyvy, populační fluktuace nebo změny v dopravě (Roedenbeck et al., 2007).

Základní struktura BA–CI studie je tedy tvořena dvěma časovými fázemi – Before (před) a After (po) – a současným sledováním kontrolních úseků.

Fáze Before představuje období před instalací odpuzovače. Jejím cílem je zachytit přirozenou meziroční variabilitu a stanovit referenční stav. Délka sledování musí být dostatečně dlouhá, aby bylo sníženo riziko, že přirozené výkyvy budou při vyhodnocení výsledků mylně interpretovány jako efekt opatření.

Fáze After představuje období po instalaci odpuzovače. Délka monitoringu účinnosti opatření musí být dostatečně dlouhá, aby umožnila odlišit skutečný efekt opatření od přirozené meziroční variability, plošných trendů v populacích, v krajině a v dopravě. Zároveň by měla zohlednit i možné období habituace, tedy postupného snižování účinku opatření vlivem přivykání živočichů. Potřeba zohlednění tohoto jevu by měla vyplynout již z výsledků etologické studie. Období „After“ by mělo být časově srovnatelné s obdobím „Before“, a to jak co do celkové délky trvání, tak i zahrnutých částí roku (např. jaro, léto, podzim, zima), aby bylo možné výsledky obou fází přímo porovnat za obdobných sezónních podmínek. Tím se minimalizuje riziko zkreslení vlivem sezónní variability v chování a mortalitě živočichů.

Kontrolní úseky musí být sledovány po celé období obou fází, protože pokles mortality na úseku s odpuzovači může být způsoben i plošnými změnami, jako je pokles abundance populací nebo snížení intenzity dopravy. Kontrolní úseky proto umožňují odlišit skutečný efekt odpuzovačů od plošných změn způsobených např. stavem populací živočichů, dopravní zátěží či dalšími vnějšími faktory. Je doporučováno pracovat minimálně se třemi až pěti dvojicemi ošetřených a kontrolních úseků, které jsou srovnatelné zejména z hlediska biotopu, délky a dopravní intezity. Prostorová replikace významně zvyšuje statistickou průkaznost studie a umožňuje správně interpretovat zjištěné výsledky (FHWA, 2011; Clevenger, 2003; Van der Grift & Seiler, 2016).

Při volbě kontrolních úseků a hodnocení účinnosti odpuzovačů je nutné zohlednit i tzv. okrajový efekt (tzv. spillover efekt). Tento jev nastává tehdy, když odpuzovač nevytěsňuje živočichy z prostoru komunikace úplně, ale pouze je přesune do blízkého kontrolního úseku. V důsledku toho může kontrolní úsek vykazovat zvýšenou mortalitu, což vede k riziku nesprávné interpretace výsledků a podhodnocení skutečné účinnosti opatření. Prevencí tohoto jevu je především dostatečná

prostorová vzdálenost mezi ošetřenými a kontrolními úseky, aby se minimalizovalo přelítí pohybu živočichů. Vhodné je také využití přirozených bariér, jako jsou větší vodní toky, zastavěná území nebo jiné krajinné prvky, které přirozeně omezují přesun jedinců mezi úseky. V případech, kdy se v datech projeví paralelní změny v mortalitě na ošetřených i kontrolních úsecích, je nezbytné výsledky interpretovat obezřetně a zvažovat možnost, že se jedná právě o projev okrajového efektu (Van der Grift & Seiler, 2016).

Odborná literatura se shoduje, že účinnost opatření nelze spolehlivě hodnotit bez víceletého monitoringu, jehož délka musí být dostatečná k odlišení účinku opatření na pozadí přirozené variability populací a prostředí. Obecně je doporučováno stanovit délku sledování pomocí power-analýzy, tj. statistického odhadu potřebného počtu let a vzorků k dosažení požadované síly testu (Bissonette & Cramer, 2008; Van der Grift & Seiler, 2016).

Na základě těchto doporučení je v následující části popsán konkrétní postup, jak stanovit rozsah monitoringu potřebný k prokázání účinnosti odpuzovačů.

4.2.3.1 Stanovení rozsahu monitoringu pro prokázání účinnosti odpuzovačů

Cílem této podkapitoly je popsat postup, kterým se stanoví minimální počet úseků silnic (n) a minimální expozice (E) potřebné k prokázání účinnosti odpuzovače. V následujícím textu je postup popsán ve zjednodušené a srozumitelnější podobě, aby mohl sloužit jako praktický návod. Podrobnější matematický popis je k dispozici v příloze 2. Samotné výpočty a simulační modely vycházejí z pilotních dat popsaných v příloze 3, zejména z údajů o průměrné mortalitě živočichů na komunikacích a jejím rozptylu mezi jednotlivými úseky.

Zvolený přístup vychází z experimentálního designu „Before–After Control–Impact“ (tzv. „BACI“), který byl popsán výše. Při analýze je porovnávána mortalita živočichů na úsecích silnic s instalovanými odpuzovači a bez nich, a to v období před a po instalaci odpuzovačů. Hlavním kritériem při vyhodnocení je rozdíl v počtu usmrcených živočichů mezi úseky s odpuzovači a kontrolními úseky v období před a po instalaci. Tento rozdíl se vyjadřuje podílem (tzv. „rate ratio“ „RR“), což je číslo, které ukazuje relativní účinnost opatření – hodnoty menší než 1 značí pokles mortality, vyšší než 1 nárůst.

Základním parametrem pro hodnocení účinnosti odpuzovačů je počet usmrcených zvířat na komunikacích přepočtený na jeden kilometr silnice a jeden rok sledování. Tento parametr vychází z pilotních dat (viz příloha 3), která zároveň ukázala, že počty usmrcených živočichů se mezi jednotlivými úseky velmi liší – na některých úsecích je úmrtnost mnohonásobně vyšší než na jiných. Aby bylo možné s těmito rozdíly správně pracovat, je nutné použít statistický model, který dokáže tuto nerovnoměrnost zohlednit. Vhodným řešením je negativně binomický model, který se používá v situacích, kdy je kolísání výsledků (rozptyl) větší než jejich průměr (Brooks et al., 2017). Díky němu je možné získat realistické odhady průměrné úmrtnosti a variability. Tyto odhady pak slouží jako podklad pro stanovení potřebné délky sledování (tzv. expozice „E“) a pro simulace, které ukazují,

kolik úseků je nutné sledovat, aby bylo možné účinnost odpuzovačů spolehlivě prokázat (viz tabulka 3).

„Expozice E“ představuje délku sledovaného úseku silnice (v kilometrech) násobenou dobou sledování (v letech). Pro praktické použití metodiky je důležité stanovit takovou hodnotu E, aby se na většině úseků neobjevovaly pouze nulové výsledky, tedy aby byla zaznamenána alespoň nějaká mortalita. K tomu byly využity výsledky z pilotních dat (viz příloha 3) a vlastnosti zvoleného statistického modelu. Na jejich základě byla vypočtena minimální doporučená expozice na úsek a období („E_unit“), která odpovídá různým požadavkům na minimální počet zaznamenaných případů a různým úrovním pravděpodobnosti, že daný počet nebude dosažen (viz tabulka 2).

TABULKA 2: PŘEHLED MINIMÁLNÍCH HODNOT EXPOZICE

α / m	1	2	3	4	5	6
0,1	1	2	2	3	4	4
0,05	2	3	4	6	7	8
0,01	7	14	20	27	34	40

Vysvětlivky:

α – pravděpodobnost, že daný počet úhynů nebude zaznamenán

m – počet úhynů (1-6 jedinců)

Příklad použití tabulky 2:

Tabulka ukazuje, jak velká musí být expozice – tedy kolik kilometrů silnice a jak dlouho je potřeba sledovat – aby se na úsecích objevila alespoň určitá minimální mortalita. Řádek „m“ označuje, jaké je minimum případů kolizí, které chceme s jistotou zachytit, a hodnota „ α “ vyjadřuje, jak velkou pravděpodobnost připouštíme, že se tohoto počtu nedosáhne. Například: pokud požadujeme alespoň 2 zaznamenané případy ($m=2$) a připouštíme 1% riziko, že nenastanou ($\alpha=0,01$), vychází pak minimální expozice na 14 km sledovaných rok nebo 7 km sledovaných 2 roky. V tomto případě, jestliže pak sledujeme období před instalací a po instalaci (např. 2 období + 2 období), pak by celková doba zkoumání byla 4 roky před instalací a 4 roky po instalaci. V tomto kontextu představuje „období“ jednotku sledování, obvykle jeden rok. Jednoroční období však nemusí být dostatečně dlouhé k odstínění vlivů mimořádných podmínek (např. počasí, změn v populacích či v krajině), proto je vhodné uvažovat alespoň dvouleté období, které lépe postihne přirozenou variabilitu a umožní spolehlivější porovnání fáze před a po instalaci odpuzovačů.

Po stanovení expozice následuje další krok, kterým je určení síly testu (tzv. power analýza). Zatímco běžná power analýza hodnotí, s jakou pravděpodobností lze zjistit jakýkoliv rozdíl oproti nule, v tomto případě je cílem ověřit, zda odpuzovače dosahují alespoň předem stanovené účinnosti (například snížení mortality o 80 % a více). Takto nastavená hranice má praktický význam – zajišťuje, že účinnost hodnocených opatření bude nejen statisticky průkazná, ale i efektivní z hlediska vynaložených nákladů a přínosu pro snižování četnosti kolizí. Podmínka účinnosti je splněna tehdy, když horní mez 95 % intervalu spolehlivosti nepřekročí stanovenou hranici (např. hodnotu 0,20, což odpovídá poklesu o 80 %). Tento přístup vychází z metodiky využívané v tzv.

ekvivalenčních a non-inferioritních studiích (Schuirmann, 1987; Wellek, 2010; Lakens, 2017) a doporučuje se také pro ekologický výzkum (Fisher et al., 2019).

Pravděpodobnost dosažení požadované účinnosti odpuzovače (viz tabulka 3) byla zjišťována pomocí simulačního postupu Monte Carlo. Pro různé kombinace vstupních hodnot – tedy počty sledovaných úseků v každé skupině, jejich expozici, počet let sledování před a po instalaci a předpokládanou skutečnou účinnost odpuzovačů – byla opakovaně (konkr. 1 000 opakování) vytvořena umělá datová sada. Každá sada byla vyhodnocena statistickým modelem, který porovnává, zda se mortalita mezi obdobími „před“ a „po“ změnila na úsecích s odpuzovači více než na kontrolních úsecích. Výsledkem je hodnota označovaná jako poměr míry (RR). Pokud horní mez intervalu spolehlivosti této hodnoty nepřekročila stanovený práh účinnosti, byla simulace považována za úspěšnou. Podíl úspěšných simulací pak představuje tzv. empirickou sílu testu, tedy pravděpodobnost, že studie prokáže požadovaný efekt.

Pro simulační výpočty byly definovány vstupy, které určují podmínky každého modelového scénáře. Pevně byla stanovena doba sledování, která byla stanovena na dvě období před instalací a dvě období po instalaci odpuzovačů. Tato délka byla zvolena jako kompromis mezi potřebou získat dostatečně reprezentativní data o změnách v čase a realizační únosností (tj. předcházející etologická studie (časové a finanční nároky), finanční náročnost a organizační proveditelnost monitoringu).

Další vstupy do výpočtu se měnily podle zkoumaných variant. Patřila mezi ně:

- 1) zjištěná účinnost na základě monitoringu (v tabulce 3 „skutečný poměr“),
- 2) účinnost, kterou chceme prokázat (tzv. testovaná účinnost, v tabulce 3 „dokazovaný poměr“),
- 3) délka sledovaných úseků
- 4) počet úseků

Pro každou kombinaci těchto hodnot bylo provedeno 1 000 simulací. Výsledky ukázaly, s jakou pravděpodobností lze v daných podmínkách prokázat požadovanou účinnost odpuzovačů.

Na základě výsledků byla sestavena tabulka minimálních doporučených počtů úseků (ošetřených i kontrolních) dlouhých 1, 2 nebo 7 km. Hodnoty jsou uvedeny podle délky sledovaných úseků, zjištěné a testované účinnosti a pro tři úrovně statistické síly (0,80; 0,90; 0,95). Tabulka 3 tak poskytuje praktický přehled, kolik úseků o jaké délce je potřeba sledovat, aby bylo možné účinnost odpuzovačů spolehlivě prokázat.

TABULKA 3: DESIGN MONITORINGU PRO PROKÁZÁNÍ ÚČINNOSTI ODPUZOVAČŮ

Zjištěná účinnost odpuzovače %	Testovaná účinnost %	Počty úseků o délce 1/2/7 km		
		Pravděpodobnost statistické významnosti 80 %	Pravděpodobnost statistické významnosti 90 %	Pravděpodobnost statistické významnosti 95 %
95	90	45/45/35	60/50/50	80/70/60
90	80	40/40/35	50/50/50	70/70/60
85	80	300/300/200	300/300/300	400/400/400
90	70	15/15/14	25/18/19	30/25/25
80	70	120/120/100	160/160/140	200/180/180
75	70	>500/500/500	>500/>500/>500	>500/>500/>500
90	60	10/9/9	13/13/11	15/14/14
80	60	40/40/40	50/50/50	100/70/60
70	60	400/300/200	500/400/300	>500/500/400
65	60	>500/>500/>500	>500/>500/>500	>500/>500/>500
90	50	8/7/6	9/9/9	13/12/11
80	50	25/20/19	30/30/30	40/35/35
70	50	70/70/70	90/90/80	120/120/100
60	50	400/400/400	500/500/500	>500/>500/>500
55	50	>500/>500/>500	>500/>500/>500	>500/>500/>500

Příklady použití tabulky 3:

První příklad: Pokud předpokládáme, že odpuzovače mají průměrnou účinnost 95 % a chceme dokázat statisticky významně vyšší hodnotu účinnosti 90 % s pravděpodobností vyšší než 80 %, budeme potřebovat sledovat přibližně 45 ošetřených úseků a 45 kontrolních úseků o délce 1 km, nebo 2 km, případně 35 úseků obou typů o délce 7 km. Jestliže chceme vyšší pravděpodobnost úspěšného prokázání efektivity, je vhodné zvýšit počet úseků až na 80 při délce 1 km.

Druhý příklad: Při zjištěné účinnosti 90 %, a snaže prokázat efektivitu pouze na úrovni 60 %, vystačíme přibližně s 10-15 úseky každého typu (ošetřené/kontrolní), přesněji při délce 1 km jich bude 10-15 a při větších délkách postačuje 9-14, kdy vyšší hodnoty poskytují pravděpodobnost úspěšného prokázání účinnosti 95 %, nižší pak tuto pravděpodobnost snižují na 80 %.

Třetí příklad: pokud zjistíme účinnost 75 % a testujeme, že účinnost je vyšší než 70 %, bylo by nutné mít celkem více než 1000 úseků, vždy 500 každého typu. Což úspěšné prokazování účinnosti činí prakticky nespílitelným.

Čtvrtý příklad: Při požadované minimální účinnosti odpuzovače 50 %: jestliže zjištěná účinnost klesne pod 70 %, stává se úspěšné prokazování účinnosti prakticky nerealizovatelné.

4.2.4 Měření intenzity dopravy

V rámci studie je nutné měřit intenzitu dopravy, protože zásadně ovlivňuje aktivaci některých typů odpuzovačů i reakce živočichů. Na úsecích s vysokou intenzitou se zařízení aktivovaná projíždějícími vozidly (např. jejich světelnými reflektory) spouštějí téměř nepřetržitě; vzniká souvislá bariéra světla či hluku a živočichové si na trvalý podnět snáze zvyknou, takže varovný efekt mizí. Naopak při nižším provozu se odpuzovač aktivuje jen při příjezdu vozidla, mezi průjezdy vznikají „klidová okna“ a signál si udržuje moment překvapení (Putman & Langbein, 2024). Z tohoto důvodu metodické pokyny doporučují zahrnout objem a rychlost dopravy mezi proměnné při hodnocení účinnosti každého opatření (Van der Grift & Seiler, 2016; FHWA, 2011). Parametry provozu lze stanovit buď dlouhodobým sledováním (např. pomocí indukční smyčky v komunikaci) nebo opakovanými krátkodobými průzkumy s využitím přepočtových koeficientů uvedených v Technických podmínkách 189 (Martolos & Bartoš, 2018).

4.2.5 Kontrola funkčnosti odpuzovačů

Nedílnou součástí monitoringu účinnosti odpuzovačů je pravidelná kontrola jejich technického stavu a funkčnosti. Aby bylo možné získané výsledky správně interpretovat, je nezbytné mít jistotu, že odpuzovače byly po celou dobu sledování plně funkční. Technické poruchy, poškození zařízení nebo jejich nesprávná instalace mohou výrazně ovlivnit výslednou účinnost opatření a vést k chybnému vyhodnocení. Pravidelné kontroly by proto měly být plánovány v předem stanovených intervalech, ideálně doplněné o záznamy o provedených kontrolách, případných závadách a způsobu jejich odstranění. Zvláštní pozornost je nutné věnovat zimnímu období, kdy v souvislosti se zimní údržbou komunikací (např. pluhování, posyp) výrazně narůstá riziko mechanického poškození odpuzovačů. V tomto období by měly být kontroly častější, aby bylo možné včas odhalit závady a předejít zkreslení výsledků sledování. Tím se zajistí, že zjištěná míra účinnosti skutečně odpovídá funkčnímu stavu instalovaných zařízení.

4.3 Zásady pro používání odpuzovačů u komunikací

Odpuzovače živočichů představují jedno z možných opatření ke snížení rizika střetů mezi volně žijícími živočichy a vozidly. Jejich účinnost závisí především na správném výběru typu zařízení, vhodném umístění, časovém harmonogramu instalace a na pravidelné údržbě. Aby odpuzovače přinesly očekávaný efekt, je nutné při jejich používání dodržovat určité zásady. Následující přehled shrnuje klíčové principy, které je třeba zohlednit v praxi. Zároveň je nezbytné vzít v potaz, že odpuzovače představují pouze jeden z dostupných nástrojů a měly by být vždy kombinovány

s dalšími opatřeními ke snížení mortality živočichů na komunikacích. Pouze propojením více přístupů lze dosáhnout skutečně efektivního výsledku.

1. Používání odpuzovačů s nezávisle a věrohodně ověřenou účinností

Měly by se používat pouze takové typy odpuzovačů, u nichž byla věrohodně doložena účinnost na základě etologických testů a návazných systematických monitorovacích studií. Používání odpuzovačů bez prokázané účinnosti je neefektivní a neodůvodnitelné. Taková zařízení nepřinášejí žádný ověřený přínos, znamenají zbytečné náklady a vytvářejí falešný dojem řešení problému.

Je však třeba upozornit, že plnohodnotné ověření účinnosti odpuzovačů za použití doporučeného BA-CI designu nemusí být v některých případech realisticky proveditelné. Zásadním omezením je především samotná výše mortality. Pokud je na komunikaci zaznamenáván jen velmi malý počet srážek se živočichy, není možné spolehlivě statisticky vyhodnotit, zda odpuzovač funguje či nikoli – prostě proto, že dat je příliš málo. V takových situacích by ani dlouhodobé sledování neposkytlo dostatek informací a výsledek by byl nejednoznačný. V těchto případech je nutné výsledky považovat pouze za orientační, uvést tato omezení v interpretaci a nepovažovat takto získané údaje za plnohodnotný důkaz účinnosti. Pokud však etologické hodnocení prokázalo, že odpuzovač vyvolává požadovanou reakci u cílových druhů a orientační monitoring vykazuje slibné výsledky, lze uvažovat o jeho pilotním, omezeném zavedení do praxe. Takový krok by měl být vždy provázen pokračujícím monitoringem, aby bylo možné účinnost dále ověřovat a zpřesnit podmínky pro případné plošnější využití.

2. Lokalizace odpuzovačů

Instalace odpuzovačů by měla být vždy podložena konkrétními daty o výskytu střetů se živočichy či zvýšené mortality v daném úseku. Většina srážek se zvířaty se totiž nevyskytuje rovnoměrně, ale v tzv. kolizních shlukcích – tedy v úsecích, kde dochází k opakovaným kolizím v důsledku migračních tras, přítomnosti atraktivních biotopů či jiných specifických podmínek (Bíl et al., 2013). Tato zásada souvisí s logikou pohybu volně žijících živočichů, jedinci musí většinou při pohybu v krajině pro naplnění svých potřeb komunikace překonávat. Smysluplnou strategií proto není bránit jim v přechodu plošně, ale naopak je navádět do míst, kde je překonání komunikace méně rizikové – například díky lepší přehlednosti úseku, nižší intenzitě dopravy nebo návaznosti na další migrační opatření. Tím lze zvýšit efektivitu odpuzovačů i celkovou bezpečnost silničního provozu.

3. Načasování instalace a používání odpuzovačů

Při rozhodování o časovém harmonogramu instalace odpuzovačů je nezbytné zvážit dva klíčové parametry. Prvním je časová distribuce mortality cílových druhů na komunikacích. Pokud dostupná data prokazují, že k nejvyššímu počtu střetů dochází pouze v určitých obdobích roku (např. během migrace, říje nebo disperze mláďat), je vhodné uvažovat o instalaci či aktivaci odpuzovačů pouze

v těchto kritických obdobích. Tento přístup reflektuje realistickou úvahu, že mortalitu nelze zcela eliminovat, ale lze ji významně snížit právě v nejrizikovějších obdobích.

Druhým parametrem je výsledek testování odpuzovačů, konkrétně zjištění, zda živočichové reagují na podnět dlouhodobě, nebo zda dochází k habituaci. V případě, že reakce přetrvává jen krátkodobě, je nezbytné tomu přizpůsobit strategii jejich používání – tedy definovat období a režim aktivace tak, aby byla účinnost zařízení maximální a současně se předešlo rychlému vyhasínání reakce cílových druhů.

Zohlednění těchto parametrů je nutné nejen z hlediska ekologického, ale i praktického: jde o vyvážení efektivity, času, finančních nákladů a lidských kapacit ve vztahu k dosažené účinnosti na snížení četnosti kolizí.

4. Volba vhodného typu odpuzovače

Typ odpuzovače musí odpovídat biologii a etologii cílových druhů i místním podmínkám.

5. Technické řešení instalace

Zařízení musí být instalována tak, aby neohrožovala bezpečnost silničního provozu.

6. Pravidelná údržba a obnova funkčnosti

Je nezbytné zajistit pravidelnou kontrolu a údržbu odpuzovačů, včetně výměny nefunkčních či poškozených zařízení.

7. Kombinace s dalšími opatřeními

Instalace odpuzovačů pro snížení mortality živočichů nepředstavuje jediné možné a vše řešící opatření. Jejich účinnost pravděpodobně nikdy nebude stoprocentní a toto opatření samo o sobě nemůže zajistit úplnou eliminaci kolizí. Pro zvýšení celkového účinku na omezení střetů je proto nutné odpuzovače kombinovat s jinými opatřeními, jako je udržování přehledné vegetace v okolí komunikací, odstranění příkrmovacích zařízení, cílené úpravy krajiny, zpomalování dopravy nebo instalace dopravního značení.

8. Legislativní rámec a koordinace se správci komunikací

Všechna zvolená opatření musí být v souladu s platnou legislativou, normami pro správu komunikací a pravidly bezpečnosti silničního provozu. Současně je nezbytné veškeré kroky předem projednat se správci komunikací a informovat všechny dotčené subjekty (např. uživatelé honiteb, myslivecké spolky, oddělení dopravy a životního prostředí obcí s rozšířenou působností a krajských úřadů, případně správy CHKO a NP), kterých se problematika instalace odpuzovačů týká.

9. Zohlednění environmentálních důsledků aplikace odpuzovačů

Při rozhodování o instalaci a používání odpuzovačů je nutné posoudit také jejich možné environmentální dopady. Zejména je třeba zohlednit tvorbu odpadu, uvolňování mikroplastů, přítomnost chemických látek a další formy kontaminace prostředí. Výběr opatření a způsob jeho aplikace by měl minimalizovat tato rizika a být v souladu s principy ochrany životního prostředí i s požadavky na dlouhodobou udržitelnost.

5 Srovnání novosti postupů

Používání odpuzovačů živočichů podél silnic, zejména těch optických a pachových, má v České republice tradici již v řádech desítek let. Dosud však chyběl systematický, metodicky podložený a opakovatelný přístup k hodnocení jejich skutečné účinnosti. Většina dostupných údajů vycházela z dílčích pozorování, subjektivních dojmů nebo nesrovnatelných terénních monitoringů bez jednotné metodiky. Mezi nejčastější zdroje informací patřily zkušenosti místních uživatelů honiteb, evidence střetů vedená Policií ČR či vizuální kontrola instalovaných zařízení a jejich stavu. Tyto informace však postrádaly konzistenci, objektivitu i věrohodnost, a návazně je velkým otazníkem efektivita finančních prostředků vynaložených na jejich instalaci.

Navržená metodika přináší oproti dosavadní praxi zásadní posun v pěti rovinách:

1. Etologické ověření účinku jako nový metodický krok

Metodika jako první přehledně a prakticky popisuje nutnost etologického výzkumu, tedy ověření, že odpuzovač skutečně ovlivňuje chování živočichů. Právě tato fáze je zásadní pro posouzení, zda má smysl přistupovat k náročnějšímu terénnímu testování účinnosti zařízení u komunikací. Tento přístup vychází ze zásady efektivního využívání času, prostředků a odborných kapacit.

2. Standardizace sledování

Metodika definuje konkrétní parametry, které je nutné při monitoringu účinnosti stanovit – např. délka sledovaného úseku, způsob pohybu pozorovatele, četnost, denní doba, vliv prostředí apod. Tím umožňuje srovnatelnost mezi lokalitami i časovými obdobími.

3. Kritické zhodnocení datových zdrojů

Metodika analyzuje výhody a limity jednotlivých typů dat – od údajů od uživatelů honiteb po přímé sledování mortality – a upozorňuje na možné nepřesnosti, které mohou ovlivnit interpretaci výsledků. Tím napomáhá zvýšení věrohodnosti závěrů.

4. Důraz na praktickou proveditelnost

Metodika je navržena tak, aby zohledňovala skutečné podmínky, se kterými se pracovníci v terénu běžně setkávají. Reflektuje proměnlivé okolnosti monitoringu – například rozdílnou viditelnost v průběhu ročních období, přítomnost vegetace či omezený přístup do některých úseků komunikací. Dále bere v úvahu specifika prostředí, jako jsou typy pěstovaných plodin, které mohou ovlivnit pohyb živočichů v krajině. Metodika rovněž počítá s komplikacemi, které mohou nastat při

instalaci a údržbě odpuzovačů – například probíhající rekonstrukce silnic, dopravní omezení, sezónní práce nebo technické limity dané infrastrukturou.

Metodika zároveň poukazuje na skutečnost, že ne všechny situace jsou z hlediska testování odpuzovačů reálně proveditelné. Zásadním omezením je zejména nízká mortalita na některých komunikacích – pokud je počet srážek se živočichy velmi nízký, nelze získat dostatek dat pro spolehlivé vyhodnocení účinnosti. Metodika proto stanovuje doporučený standard a současně vymezuje hranice, kdy lze výsledky považovat pouze za orientační.

Díky zohlednění těchto aspektů je výsledný postup dobře aplikovatelný v praxi a minimalizuje rozdíl mezi teoretickým návrhem a skutečnou realizací v terénu.

5. Vazba na ekonomickou efektivitu a rozhodování veřejné správy

Výsledky získané podle této metodiky mohou sloužit jako opora pro kvalifikovaná rozhodnutí, ať už při schvalování dotačních programů, výběru konkrétních opatření nebo při hodnocení dopadů investic. Podporují tak rozhodování založené na věrohodných datech a prokazatelných výsledcích, nikoli pouze na odhadech či marketingových tvrzeních výrobců.

Tato metodika představuje první ucelený nástroj tohoto zaměření v České republice. Tento materiál propojuje etologický výzkum, monitoring mortality i praktické potřeby dopravní infrastruktury. Metodika umožňuje opakované použití v různých regionech, na různých typech silnic, a tím posiluje odbornou úroveň ochrany volně žijících živočichů před negativními dopady dopravy. Jejím zavedením do praxe může dojít k omezení neefektivních nebo formálních opatření a k podpoře skutečně funkčních opatření, jejichž účinnost je možné věrohodně ověřit.

6 Popis uplatnění metodiky

Tato metodika je určena jako praktický nástroj pro systematické a objektivní hodnocení funkčnosti odpuzovačů, jejichž účelem je snížit mortalitu volně žijících obratlovců na pozemních komunikacích. Její uplatnění je žádoucí především v případech, kdy je třeba posoudit vhodnost a účinnost použití konkrétních typů odpuzovačů v reálných provozních podmínkách, a to buď v rámci předběžného testování nových zařízení, nebo ex-post vyhodnocení opatření realizovaných v rámci staveb či rekonstrukcí dopravní infrastruktury.

Uplatnění metodiky umožňuje:

- **Standardizaci postupu** při sledování účinnosti odpuzovačů napříč různými lokalitami a typy komunikací,
- **Srovnatelnost výsledků**, která je nezbytná pro vyhodnocení dlouhodobé funkčnosti těchto prvků a jejich relevance

- **Včasnou identifikaci neúčinných zařízení**, čímž lze předejít zbytečným investicím a podpořit implementaci skutečně efektivních řešení
- **Zajištění zpětné vazby** pro rozhodovací procesy veřejné správy i soukromého sektoru při plánování opatření k ochraně živočichů na komunikacích.

Metodika je navržena tak, aby byla modulární a přizpůsobitelná – tedy použitelná jak v rámci krátkodobých experimentálních sledování, tak i při dlouhodobém monitoringu v rámci širších ekologických studií. Současně upozorňuje na limity běžně dostupných datových zdrojů, nutnost dodržení určitých standardů sběru dat i na faktory, které mohou výsledky zásadním způsobem ovlivnit. Záměrem této metodiky je doplnění stávajících mitigačních opatření o praktický nástroj, který umožní podpořit rozhodování na základě ověřitelných a relevantních informací.

Metodika je určena především pro výzkumné organizace zabývající se aplikačním výzkumem v oblasti ochrany přírody a dopravy. Dále je určena také pro odborníky ze správy komunikací, orgánů ochrany přírody, dopravního plánování a dalších institucí veřejné správy, kteří výsledky výzkumu uplatňují v praxi. Tento materiál umožní uživatelům informací o účinnosti odpuzovačů posoudit, zda hodnocení těchto zařízení bylo provedeno metodicky správně, a tedy zda jsou získané výsledky věrohodné a využitelné v praxi. Zavedení metodiky do praxe přispěje k odpovědnému rozhodování založenému na objektivních informacích a pomůže dlouhodobě udržitelně řešit konflikt mezi dopravou a přírodním prostředím.

7 Ekonomické aspekty

Snižování počtu kolizí mezi vozidly a volně žijícími živočichy prostřednictvím odpuzovačů není pouze otázkou ochrany přírody, ale představuje i významný ekonomický aspekt dopravního provozu. Střety s živočichy každoročně způsobují v České republice desítky až stovky milionů korun škod, a to nejen na vozidlech, ale i v důsledku omezení dopravy, potřeby zásahu složek integrovaného záchranného systému či odstraňování následků dopravních nehod. V krajních případech může dojít i k ohrožení života a zdraví účastníků provozu.

Z tohoto pohledu lze instalaci odpuzovačů chápat jako preventivní investici – byť s určitou vstupní finanční náročností, jejímž cílem je minimalizace budoucích škod. Efektivní odpuzovače, které skutečně snižují četnost kolizí, mohou přinášet dlouhodobé úspory nejen veřejným rozpočtům, ale i jednotlivým uživatelům dopravní sítě (motoristé, pojišťovny apod.).

Pozitivní či negativní ekonomický přínos instalace odpuzovačů je však nutné posuzovat v celospolečenském kontextu, a to bez ohledu na to, z jakého zdroje pocházejí prostředky pro realizaci a údržbu opatření a kdo bude profitovat z dosažených přínosů. Vzhledem k tomu, že v každé lokalitě se liší jak náklady spojené s instalací a údržbou zařízení, tak i dosažené přínosy, je

nutné každý případ posuzovat samostatně. Obecný rámec hodnocení efektivity zahrnuje vymezení nákladů a přínosů.

Na straně **nákladů** se typicky projevují:

- nákup dostatečného počtu zařízení v závislosti na délce úseku a hustotě osazení,
- pravidelná kontrola a údržba zařízení,
- výměna poškozených a nefunkčních prvků.

Na straně **přínosů** je nutné zohlednit jak rovinu bezpečnosti silničního provozu, tak i hodnotu environmentální.

- **Bezpečnostní přínosy** spočívají především ve snížení počtu dopravních nehod způsobených střety se živočichy. Do ekonomického hodnocení (Vyskočilová et al., 2017) se zde zahrnují náklady na zdravotní péči, výjezdy Integrovaného zásahového systému, administrativu policie a soudů, sociální výdaje, ztráta produkce, ale i subjektivní náklady (bolestné, ztráta kvality života). Dále se započítávají škody na vozidlech, převážněm nákladu, dopravní infrastrukturu a také ztráty z dopravní zácpy.

- **Úspora na hodnotě „zvěře“** představuje další ekonomický přínos funkčních odpuzovačů. Každý střet vozidla se zvěří znamená nejen riziko škod na majetku a zdraví, ale také ztrátu samotného živočicha. V tomto případě se jedná o „zvěř“, což je pojem legislativně vymezený a nezahrnuje všechny volně žijící živočichy. Podle zákona o myslivosti (zákon č. 449/2001 Sb., v platném znění) se zvěří rozumí vyjmenované druhy volně žijících savců a ptáků, které jsou předmětem mysliveckého hospodaření (např. jelen evropský, srnec obecný, prase divoké, zajíc polní, bažant obecný a další). Sazebník se tedy vztahuje pouze na tyto druhy a nelze jej využít k ocenění ztrát u všech živočichů, kteří se mohou stát obětí dopravních nehod.

Hodnotu jednotlivých druhů zvěře stanovuje oficiální sazebník Ministerstva zemědělství, který je využíván zejména při postihování pytláctví (Ministerstvo zemědělství ČR, 2021). Tento sazebník poskytuje rámcový ekonomický ukazatel, jenž umožňuje vyčíslit význam zvěře i v souvislosti s dopravními nehodami.

Pokud se díky odpuzovačům podaří střetům se zvěří předejít, dochází tím zároveň k úspoře vyjádřené prostřednictvím sazebníku. Pro ilustraci lze uvést, že sazebníková hodnota jelena evropského činí přibližně 33 700 Kč, prasete divokého 26 705 Kč a srnce obecného 28 000 Kč. Každý zachráněný jedinec tedy představuje konkrétní finanční hodnotu, která rozšiřuje spektrum ekonomických přínosů nad rámec bezpečnostních a environmentálních hledisek. Tento přístup poskytuje další argument pro systematické zavádění účinných a

Program **Doprava 2020+**

ověřených opatření, neboť ukazuje na přímou finanční ztrátu, jež vzniká při každém střetu se zvěří.

- **Environmentální přínosy vycházejí z hodnoty živočichů, jejich ekologické funkce a dopadů na biodiverzitu.** Každý organismus má v přírodě svou nezastupitelnou roli a celé ekosystémy tvoří prostředí pro život člověka. Hodnota přírodního bohatství proto není redukovatelná pouze na hospodářské či estetické hledisko jedinců, ale představuje nevyčíslitelnou hodnotu, bez níž se lidská společnost neobejde. Její kvantifikace je velmi obtížná a vyžaduje širší metodický rámec, který přesahuje běžné ekonomické hodnocení.

Pro ilustraci závažnosti a významnosti škod lze uvést, že v roce 2023 činily jednotkové náklady na usmrčenou osobu přibližně **75 mil. Kč**, na těžce zraněnou **15,4 mil. Kč** a na lehce zraněnou **730 tis. Kč**. V předmětném roce pak dosáhly celospolečenské ztráty z dopravních nehod rekordních 146 mld. Kč (Centrum dopravního výzkumu, 2024). Přitom je nutné brát v úvahu, že Policie ČR eviduje pouze nehody s úmrtím, zraněním nebo škodou přesahující 200 000 Kč. Velké množství střetů s živočichy tak zůstává mimo oficiální statistiky, zejména po postupném navyšování škodního limitu (do roku 2000: 1 000 Kč; 2001–2008: 50 000 Kč; 2009–2025: 100 000 Kč).

V návaznosti na výše uvedené je na místě připomenout, že odpuzovače byly v ČR dosud instalovány bez předchozího testování jejich účinnosti, případně pouze na základě nesystematického monitoringu, terénních pozorování, neověřených domněnek či neformálních doporučení. Pokud nejsou tato opatření podložena ověřenými daty a správným způsobem vyhodnocena, hrozí riziko neefektivního vynakládání veřejných prostředků, ať už z rozpočtů správců komunikací, dotačních fondů nebo projektových rozpočtů v rámci staveb dopravní infrastruktury. V takovém případě však nevznikají jen zbytečné výdaje na instalaci a údržbu nefunkčních opatření, ale zároveň i nadále přetrvávají škody velkého finančního rozsahu způsobené střety s živočichy. Výsledkem je tedy dvojitá ztráta – jednak pokračující ekonomické ztráty z dopravních nehod, jednak náklady na opatření, která svému účelu ve skutečnosti neslouží.

Metodické a odborné ověření účinnosti odpuzovačů, k němuž tato metodika směřuje, je proto nezbytným předpokladem pro odpovědné nakládání s finančními prostředky. Poskytuje nástroj k:

- identifikaci skutečně funkčních technologií, které se vyplatí rozšiřovat,
- eliminaci neúčinných nebo zavádějících řešení, jež mohou být z dlouhodobého hlediska nákladnější než samotná absence opatření,
- srovnání nákladů různých typů odpuzovačů vůči jejich efektivitě v různých podmínkách (typ komunikace, biotop, sezónnost apod.),

- důvodnému plánování investic a prioritizaci lokalit, kde se instalace takových opatření ekonomicky i ekologicky vyplatí.

Zavádění funkčních a ověřených odpuzovačů má tedy nejen environmentální, ale i socioekonomický přínos, neboť přispívá ke snížení škod, zvyšuje bezpečnost dopravy a napomáhá racionálnímu využívání veřejných financí.

8 Závěr

Tato metodika přináší první ucelený a standardizovaný rámec pro hodnocení účinnosti odpuzovačů volně žijících živočichů na silnicích v České republice. Na základě principu fungování odpuzovačů jsou primární cílovou skupinou savci, přičemž v rámci této skupiny mohou být dále definovány konkrétní druhy, pro které je testovaný prostředek určen.

Cílem metodiky je zlepšit kvalitu sběru dat, podpořit objektivní posuzování účinnosti jednotlivých typů odpuzovačů a vytvořit nástroj, který umožní srovnatelnost výsledků mezi různými lokalitami, časovými obdobími i podmínkami.

Díky důrazu na předběžné etologické ověření účinku odpuzovače, praktickou proveditelnost v terénu a kritické zhodnocení dostupných datových zdrojů přispívá metodika k efektivnějšímu využívání finančních a personálních kapacit. Zároveň podporuje přechod od intuitivních řešení nebo opatření zavedených pouze na základě obecných doporučení, proklamací výrobců či subjektivních dojmů k takovým opatřením, jejichž účinnost je objektivně prokázána. Hlavním cílem není jen snížení počtu kolizí mezi živočichy a vozidly, ale především omezení negativních dopadů dopravy na přírodu, zajištění vyšší míry ochrany volně žijících živočichů a současně i zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

Metodika je primárně určena pro výzkumné organizace, které se zabývají aplikačním výzkumem na pomezí ochrany přírody a dopravní infrastruktury. Zároveň je určena také pro odborníky ze správy komunikací, orgánů ochrany přírody, dopravního plánování a dalších institucí veřejné správy, kteří výsledky tohoto výzkumu uplatňují v praxi. Metodika má sloužit jako opora při plánování, vyhodnocování a posuzování opatření zaměřených na zmírnění negativních dopadů dopravy na volně žijící živočichy.

Zkušenosti získané aplikací metodiky v praxi budou zároveň důležitým podkladem pro její budoucí aktualizaci a další rozvoj.

9 Seznam použité literatury

- Bíl, M., Andrášik, R. & Janoška, Z. (2013). Identifying locations along roads with high collision probability for wildlife-vehicle conflict mitigation. *Journal of Environmental Management*, 128, 93–102.
- Bíl, M., Andrášik, R., Bartonička, T., Křivánková, Z. & Sedoník, J. (2018). An evaluation of odor repellent effectiveness in prevention of wildlife-vehicle collisions. *Journal of Environmental Management*, 205, 209–214.
- Bíl, M., Kušta, T., Andrášik, R., Cícha, V., Brodská, H., Ježek, M. & Keken, Z. (2020). No clear effect of odour repellents on roe deer behaviour in the vicinity of roads. *Wildlife Biology*, 2020(4), 1–11.
- Bíl, M., Sedoník, J., Andrášik, R., Kušta, T. & Keken, Z. (2024). Olfactory repellents decrease the number of ungulate-vehicle collisions on roads: Results of a two-year carcass study. *Journal of Environmental Management*, 365, 121561.
- Bissonette, J. A. & Cramer, P. C. (2008). *Evaluation of the Use and Effectiveness of Wildlife Crossings (NCHRP Report 615)*. Transportation Research Board.
- Brooks, M. E., Kristensen, K., van Benthem, K. J., Magnusson, A., Berg, C. W., Nielsen, A., Skaug, H. J., Mächler, M. & Bolker, B. M. (2017). glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, 9(2), 378–400.
- Clevenger, A. P. (2003). Long-term, year-round monitoring of wildlife crossing structures and the importance of temporal and spatial variability in performance studies. In *International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2003)*, Lake Placid, NY, USA.
- Federal Highway Administration (FHWA). (2011) [cit. 2025-08-23]. *Wildlife Crossing Structure Handbook: Design and Evaluation in North America*. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/11068/>
- Fisher, R., Shiell, G. R., Sadler, R. J., Inostroza, K., Shedrawi, G., Holmes, T. H. & McGree, J. M. (2019). epower: an R package for power analysis of Before-After-Control-Impact (BACI) designs. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(11), 1843–1853.
- Howard, J. M. (2022). Gap crossing in flying squirrels: Mitigating movement barriers through landscape management and structural implementation. *Forests*, 13(12), 2027.
- Hromádko, J. (2014). Vyhodnocení účinnosti pachových repelentů ke snížení škod na zvěři na pozemních komunikacích ve vybrané lokalitě. (Bakalářská práce, ČZU v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská).
- Centrum dopravního výzkumu. (2024) [cit. 2025-08-29]. Tisková zpráva: Inflace se promítla do výše celospolečenských ztrát z dopravních nehod. <https://www.cdv.cz/file/inflace-se-promitla-do-vyse-celospolecenskych-ztrat/>

- Jurečka, M. (2021). Ovlivňují pachové ohradníky chování zvěře? (Diplomová práce, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno).
- Keken, Z., Wimmerová, L., Šolcová, O., Kušta, T. & Dvořáková, P. (2024). Olfactory repellents in road ecology: What we know and what to focus on in the future. *Sustainability*, 16(14), 5920.
- Kušta, T., Keken, Z., Ježek, M. & Kůta, Z. (2015). Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife–vehicle collisions: A case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 1–5.
- Lakens, D. (2017). Equivalence tests: a practical primer for t tests, correlations, and meta-analyses. *Social Psychological and Personality Science*, 8(4), 355–362.
- Ministerstvo zemědělství ČR. (2021) [cit. 2025-09-08]. Tisková zpráva: Ministerstvo zemědělství a Policie ČR se dohodli na úpravě sazebníku za upytlačenou zvěř a ryby. <https://mze.gov.cz/public/portal/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/ucinnejsi-zbran-na-pytlaky-ministerstvo>
- Martolos, J., Bartoš, L. (2018). Technické podmínky TP 189 – Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích. Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j. 179/2018-120-TN/1 ze dne 22. listopadu 2018 s účinností od 1. prosince 2018. Plzeň: Edip, 73 s.
- Putman, R. J. & Langbein, J. (2024). Deer Vehicle Collisions – a review of mitigation measures and their effectiveness (NatureScot Research Report 1354). NatureScot.
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Roedenbeck, I. A., Fahrig, L., Findlay, C. S., Houlahan, J. E., Jaeger, J. A. G., Klar, N., Kramer-Schadt, S., & van der Grift, E. A. (2007). The Rauschholzhausen agenda for road ecology. *Ecology and Society*, 12(1), 11.
- Rytwinski, T., Soanes, K., Jaeger, J. A. G., Fahrig, L., Findlay, C. S., Houlahan, J., van der Ree, R. & van der Grift, E. A. (2016). How effective is road mitigation at reducing road-kill? *PLOS ONE*, 11(11), e0166941.
- Santos, S. M., Carvalho, F. & Mira, A. (2011). How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PLOS ONE*, 6(9), e25383.
- Schuirmann, D. J. (1987). A comparison of the Two One-Sided Tests Procedure and the Power Approach for assessing the equivalence of average bioavailability. *Journal of Pharmacokinetics and Biopharmaceutics*, 15(6), 657–680.
- Schwartz, A. L. W., Williams, H. F., Chadwick, E. A., Thomas, R. J. & Perkins, S. E. (2018). Roadkill scavenging behaviour in an urban environment. *Journal of Urban Ecology*, 4(1), juy006.

- Underwood, A. J. (1992). Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 161(2), 145–178.
- Van der Grift, E. & Seiler, A. (2016). *Guidelines for Evaluating the Performance of Road Mitigation Measures (SAFEROAD Technical Report 6)*. CEDR.
- Van der Grift, E. A., Van der Ree, R., Fahrig, L., et al. (2013). Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation*, 22, 425–448.
- Vyskočilová, A., Tecl, J., Valach, O. & Ambros, J. (2017). Aktualizovaná metodika výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích. Brno: CDV, 36 s. ISBN 978-80-88074-50-2. Certifikováno MD ČR č.j. 38/2017-710-VV/1 ze dne 22. 5. 2017.
- Wellek, S. (2010). *Testing statistical hypotheses of equivalence and noninferiority* (2nd ed.). Chapman & Hall/CRC.

10 Seznam publikací, které předcházely metodice

Do současnosti nebyly vydány žádné metodické materiály věnované testování odpuzovačů živočichů u komunikací. Níže v seznamu jsou tak uvedeny publikace, které obsahují výsledky etologického hodnocení a testování odpuzovačů různého typu na území ČR.

- Bíl, M., Andrášik, R., Bartonička, T., Křivánková, Z., & Sedoník, J. (2018). An evaluation of odor repellent effectiveness in prevention of wildlife-vehicle collisions. *Journal of Environmental Management*, 205, 209–214.
- Bíl, M., Kušta, T., Andrášik, R., Cícha, V., Brodská, H., Ježek, M. & Keken, Z. (2020). No clear effect of odour repellents on roe deer behaviour in the vicinity of roads. *Wildlife Biology*, 2020(4), 1–11.
- Bíl, M., Sedoník, J., Andrášik, R., Kušta, T. & Keken, Z. (2024). Olfactory repellents decrease the number of ungulate-vehicle collisions on roads: Results of a two-year carcass study. *Journal of Environmental Management*, 365, 121561.
- Ježek, M., Faltusová, M., Cukor, J. & Ševčík, R. (2024): Ověření efektivity pachových ohradníků vůči prasatům divokým pomocí telemetrie, *Svět myslivosti* 11: 18–19
- Jurečka, M. (2021). Ovlivňují pachové ohradníky chování zvěře? (Diplomová práce, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno).
- Keken, Z., Wimmerová, L., Šolcová, O., Kušta, T. & Dvořáková, P. (2024). Olfactory repellents in road ecology: What we know and what to focus on in the future. *Sustainability*, 16(14), 5920.
- Košinová, K., Skoták, V., Linda, R. & Cukor, J. (2025): Využití pachových repelentů při senosečích. *Svět myslivosti* 1: 34–35.
- Kušta, T., Keken, Z., Ježek, M. & Kůta, Z. (2015). Effectiveness and costs of odor repellents in wildlife–vehicle collisions: A case study in Central Bohemia, Czech Republic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 1–5.

T A

Č R

Program **Doprava 2020+**

11 Seznam použitých zkratek

CHKO – chráněná krajinná oblast

NP – národní park

T A

Č R

Program **Doprava 2020+**

12 Seznam tabulek

Tabulka 1: PŘEHLED METOD ETOLOGICKÉHO VÝZKUMU FUNKČNOSTI ODPUZOVAČŮ

Tabulka 2: PŘEHLED MINIMÁLNÍCH HODNOT EXPOZICE

Tabulka 3: DESIGN MONITORINGU PRO PROKÁZÁNÍ ÚČINNOSTI ODPUZOVAČŮ

13 Přílohy**PŘÍLOHA 1**

Níže uvedená karta slouží jako záznamový formulář pro monitoring kolizí živočichů s dopravními prostředky. Formulář může být použit v papírové podobě nebo převeden do digitální formy dostupné v mobilním zařízení.

Karta nálezu uhynulého živočicha po kolizi s vozidlem

Datum:	Čas:	Jméno monitorovatele:
Specifikace úseku komunikace:		Název odpuzovače:
Směr monitoringu		
Z obce:		Do obce:
Druh uhynulého živočicha:	Odhadované stáří kadáveru:	
Foto sraženého živočicha (případně číslo fotografie):		
<i>Pozn. je nutné živočicha fotit tak, aby byla možná jeho druhová determinace (např. kuna skalní vs. kuna lesní)</i>		
Místo nálezu živočicha:		
<i>GPS souřadnice nebo zákres, mapka, screenshot mapy, odkaz na mapu:</i>		

Podrobnosti místa nálezu živočicha:						
Zaškrtn.	Vozovka	Krajnice	Příkop	Dále od okraje vozovky přibližná vzdálenost: m		
Srážka proběhla:		zaškrtnout	Přítomnost bariér		zaškrtnout	zaškrtnout
V blízkosti chodníku živočichů			Bez bariéry	na jedné straně	L P	na obou stranách
Mimo chodník živočichů			Svodidla	na jedné straně	L P	na obou stranách
U vyústění lesní/polní cesty			Oplocení	na jedné straně	L P	na obou stranách
Na konci svodidel			Zed'	na jedné straně	L P	na obou stranách
U vodního toku			Protihluková stěna	na jedné straně	L P	na obou stranách
U vodní nádrže						

Způsob obhospodařování ploch v okolí komunikace								
Varianta (zaškrtnout)	Vzdálenost komunikace od lesa/remízku (v případě pole, louka)	Věk porostu/ stav pole/aktuální stav travního porostu	Druh dřeviny/plodina/travní porost			Druh dřeviny/plodina/travní porost	Věk porostu/ stav pole/aktuální stav travního porostu	vzdálenost komunikace od lesa/remízku (v případě pole, louka)
				les	les			
				les	louka			
				les	pole			
				pole	pole			
				louka	louka			
				louka	pole			
<i>Příklad vyplnění</i>								
x	-	30 let	smrk	les	pole	ozim pšenice	10 cm výška	100 m

Poznámky:

T A
Č R

Program **Doprava 2020+**

PŘÍLOHA 2Stanovení rozsahu monitoringu pro prokázání účinnosti odpuzovačů

V části 4.2.3 je stanovení rozsahu monitoringu popsáno ve zjednodušené a srozumitelnější podobě, aby mohlo sloužit jako praktický návod. Podrobnější matematický popis postupu je uveden v této příloze.

Cílem této části metodiky je popsat postup, kterým se stanovuje minimální počet úseků silnic (n) a minimální expozice (E) potřebné k prokázání účinnosti zařízení pro odpuzování živočichů. Zvolený přístup vychází z experimentálního designu typu Before–After Control–Impact (BA-CI), jenž je v ekologických studiích považován za standardní pro hodnocení účinků opatření v prostředí s přirozenou variabilitou (Underwood, 1992). V rámci analýzy jsou porovnávány úseky silnic s instalovanými zařízeními (impact) a bez nich (control), a to v období před a po instalaci. Statistickým testem zájmu je interakce skupiny a období, jejíž exponent v modelu s logaritmickým linkem představuje odhad poměru míry (rate ratio, RR) – tedy relativní účinnosti opatření.

Základní jednotkou měření je počet usmrčených živočichů na komunikacích přepočtený na jeden kilometr a rok sledování. Tento ukazatel byl odhadnut z pilotních dat (viz příloha 3), z nichž byl získán i parametr disperze pro negativně binomické rozdělení. Použití negativně binomického modelu je v tomto kontextu nezbytné, protože mortalita živočichů na jednotlivých úsecích je vysoce variabilní a rozptyl dat typicky výrazně převyšuje průměr (Brooks et al., 2017). Parametry $\mu_0=15,084485$ (bazální míra mortality na km-rok) a $\theta=1,004$ (disperze NB2) byly odhadnuty pomocí generalizovaných lineárních smíšených modelů s offsetem $\log(\text{expozice})$ a náhodným interceptem pro úsek. Tyto odhady pak sloužily jako vstup pro návrh expozice i simulace síly testu.

$$Y_{ij} \sim NB(\mu_{ij}, \theta)$$

Kde Y_{ij} označuje počet mortalit v úseku i a období j .

$$\mu_0 = \frac{\sum_{i \in \text{control} \wedge j \in \text{before}} Y_{ij}}{\sum_{i \in \text{control} \wedge j \in \text{before}} E_{ij}}$$

Kde E_{ij} je délka i -tého úseku v období j .

Parametr θ se určí pomocí výpočtu

$$\sigma_{Y_{ij}}^2 = \mu_{ij} + \frac{\mu_{ij}^2}{\theta}$$

Kde $\sigma_{Y_{ij}}^2$ značí rozptyl mortalit v kontrolních úsecích v období before.

Expozici E byla definována jako délka úseku v kilometrech násobená jedním rokem sledování. Aby byl návrh metodiky prakticky využitelný, bylo nutné stanovit takovou hodnotu E , která zajistí, že na většině úseků nebudeme pozorovat zcela nulové počty. K tomu jsme využili vlastnosti negativně binomického rozdělení a pro hodnoty μ_0 a θ byla hledána nejmenší E_{unit} (v km-rok na úsek a období), pro které je pravděpodobnost zvolených počtů m menší než předem stanovená tolerance, (byla použita hladina α v hodnotách 0,1; 0,05 a 0,01). Tento postup zajišťuje, že i jednotlivá

pozorování mají dostatečnou informační hodnotu. Tabulka 2 udává hodnoty E splňující $P(X < m) = \alpha$, kde m je minimální mortalita a α je pravděpodobnost že ji nebude dosaženo.

TABULKA 2: PŘEHLED MINIMÁLNÍCH HODNOT EXPOZICE

α / m	1	2	3	4	5	6
0,1	1	2	2	3	4	4
0,05	2	3	4	6	7	8
0,01	7	14	20	27	34	40

Pro další návrh byly použity délky odpovídající návrhům pro nenulovost, které jsou v praxi lépe splnitelné.

Po určení expozice byla provedena k vlastní analýza síly testu (power analysis). Klasická power analýza se zaměřuje na pravděpodobnost detekce libovolného rozdílu oproti nule. V tomto případě bylo ale cílem ověřit, zda je účinnost zařízení alespoň na stanovené úrovni (např. $\geq 80\%$ snížení mortality). Proto byla testována hypotéza ve smyslu prahové účinnosti: úspěchem je situace, kdy horní mez 95% intervalu spolehlivosti pro odhad efektu (RR_effect) je menší nebo rovna stanovené hranici (např. 0,20 což odpovídá poklesu o 80 %). Tento přístup odpovídá metodologii používané v non-inferioritních a ekvivalenčních studiích (Schuirmann, 1987; Wellek, 2010; Lakens, 2017) a je doporučován i pro aplikace v ekologickém výzkumu (Fisher et al., 2019).

Výpočet pravděpodobnosti prokázání prahu účinnosti byl proveden simulačním postupem (Monte Carlo). Pro každou kombinaci parametrů (počet úseků na skupinu, délka úseků v km a tedy E_unit, počet let před a po ošetření, a předpokládaný skutečný efekt RR_true) byla generována umělá data podle negativně binomického rozdělení. Každá simulovaná datová sada pak byla vyhodnocena statistickým modelem, který formálně zapisujeme takto:

$$\log \log (\mu_{ij}) = \beta_0 + u_i + \beta_{group} \cdot Group_i + \beta_{period} \cdot Period_j + \beta_{int} \cdot (Group_i \times Period_j) + \log \log (E_{ij})$$

kde μ_{ij} představuje očekávaný počet mortalit pro úsek i v období j, E_{ij} je expozice (km·rok), u_i je náhodný vliv konkrétního úseku a β symbolizují vlivy skupiny (kontrola vs. ošetření), období (před vs. po) a jejich interakci (efekt opatření).

Prakticky tento zápis znamená, že model porovnává změnu mezi obdobími „před“ a „po“ mezi ošetřenými a kontrolními úseky, přičemž interakční koeficient β_{int} vyjadřuje rozdíl mezi změnou v „ošetřené“ skupině a změnou v „kontrolní“ skupině mezi obdobími „před“ a „po“. Jeho exponenciála je vyjádřena jako poměr míry (RR).

$$RR = e^{\beta_{int}}$$

Pokud horní mez intervalu spolehlivosti tohoto poměru nepřekročila požadovaný práh účinnosti, byla simulace považována za úspěšnou. Podíl úspěšných simulací pak představuje empirickou sílu testu.

Vstupy simulace, které byly určeny jako statické je počet let zkoumání před ošetřením a počet let zkoumání po ošetření, oba jsou nastaveny na 2 období (zdůvodnění viz 4.2.3). Variabilní vstupy byly

předpokládaná efektivita odpuzovačů, testovaná efektivita odpuzovačů, délka úseků a počet úseků. Pro tyto vstupy je po 1000 simulacích hodnot dle výše popsaného negativně-binomického rozdělení určí pravděpodobnost, že bude ve výsledku statistická významnost testované efektivity potvrzena.

Z výsledků modelů byla vytvořena tabulka 3 minimálních doporučených počtů úseků (jak kontrolních, tak s odpuzovači), dle zvolené délky úseků, předpokládané efektivity a dokazované efektivity, a to vždy pro tři empirické síly testu (0,8; 0,9; 0,95).

TABULKA 3: DESIGN MONITORINGU PRO PROKÁZÁNÍ ÚČINNOSTI ODPUZOVAČŮ

Skutečný poměr (zjištěná účinnost odpuzovače)	Dokazovaný poměr (testovaná míra účinnosti)	Počty úseků o délce 1/2/7 km		
		pravděpodobnost statistické významnosti 0,8	pravděpodobnost statistické významnosti 0,9	pravděpodobnost statistické významnosti 0,95
0,05	0,1	45/45/35	60/50/50	80/70/60
0,1	0,2	40/40/35	50/50/50	70/70/60
0,15	0,2	300/300/200	300/300/300	400/400/400
0,1	0,3	15/15/14	25/18/19	30/25/25
0,2	0,3	120/120/100	160/160/140	200/180/180
0,25	0,3	>500/500/500	>500/>500/>500	>500/>500/>500
0,1	0,4	10/9/9	13/13/11	15/14/14
0,2	0,4	40/40/40	50/50/50	100/70/60
0,3	0,4	400/300/200	500/400/300	>500/500/400
0,35	0,4	>500/>500/>500	>500/>500/>500	>500/>500/>500
0,1	0,5	8/7/6	9/9/9	13/12/11
0,2	0,5	25/20/19	30/30/30	40/35/35
0,3	0,5	70/70/70	90/90/80	120/120/100
0,4	0,5	400/400/400	500/500/500	>500/>500/>500
0,45	0,5	>500/>500/>500	>500/>500/>500	>500/>500/>500

PŘÍLOHA 3Popis pilotních dat

Pilotní data, na která se tato metodika odkazuje, byla získána v rámci projektu TRIPASS (program Doprava 2020+) – projekt CK03000086 „Průchodnost dopravní infrastruktury pro faunu jako podmínka bezpečné a udržitelné dopravy“ (2022–2026). Tento projekt TAČR byl řešen Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR ve spolupráci s Centrem dopravního výzkumu, v. v. i. a společností HBH Projekt s. r. o. Předmětná metodika je jedním z výstupů tohoto projektu.

Cílem předmětné části projektu bylo ověření funkčnosti dvou typů kombinovaných odpuzovačů živočichů (i) Deer Deter DD430 Generation 5 (iPTE Traffic Solutions, Rakousko) – kombinované opticko–akustické zařízení aktivované světly projíždějících vozidel a (ii) Hagopur Kombiset (Multiwarn – Wildlife Protector, Hagopur AG, Německo) – kombinované zařízení odrazek s pachovým koncentrátem. V roce 2022 bylo v Kraji Vysočina vybráno sedm úseků silnic I. a II. třídy o celkové délce 18,6 km, které byly známy zvýšenou četností srážek s živočichy. Úseky procházely celkem 15 mysliveckými honitbami. Na silnicích I. třídy byly sledovány 4 úseky v celkové délce 11,4 km. Na silnicích II. třídy byly sledovány 3 úseky v celkové délce 7,2 km. Na těchto úsecích probíhal kontinuální monitoring mortality metodou Before–After–Control–Impact (tzv. “BA-CI” design). Monitoring mortality probíhal před instalací odpuzovačů od března 2022 do listopadu 2023. Úseky byly kontrolovány 1x týdně pěšky na obou stranách komunikace. Data o kolizích byla dále doplněna o informace o uhynulých jedincích různých druhů od uživatelů honiteb a o šetřených nehodách od Policie ČR. Instalace odpuzovačů proběhla koncem listopadu 2023. Odpuzovačem Deer Deter byly osazeny 2 úseky I. třídy o celkové délce 5,2 km a 2 úseky II. třídy o celkové délce 4,8 km. Odpuzovačem Hagopur Kombiset byly osazeny 2 úseky I. třídy o celkové délce 6,2 km a 1 úsek II. třídy o délce 2,4 km. Monitoring probíhal v měsících prosinec 2023 – květen 2025. Monitoring mortality savců probíhal stejnou metodikou. U každého jedince od velikosti lasice kolčavy (včetně) byl zaznamenán druh, datum, GPS poloha a pořízena fotodokumentace. V rámci testování odpuzovačů byly hodnocena mortalita u těchto druhů savců: srnec obecný, daněk evropský, prase divoké, jezevec lesní, liška obecná, zajíc polní, kuna skalní a lesní Dle výsledků testování po instalaci odpuzovačů nedošlo u žádného z nich k statisticky významnému snížení mortality. Pilotní data a zkušenosti z realizace projektu TRIPASS slouží jako podklad pro tuto metodiku – zejména pro simulace uvedené v kapitole 4.2.3. Pro tyto simulace byla použita průměrná mortalita μ_0 a rozptyl σ_x^2 (viz níže) z reálných dat uhynulých živočichů na sledovaných úsecích silnic I. a II. třídy v Kraji Vysočina. Jak již bylo uvedeno výše, tato data byla získána terénním monitoringem, od uživatelů dotčených honiteb a od policie. Do výpočtů byla vzata mortalita před instalací odpuzovačů. Konkrétně se jednalo o silniční mortalitu za 21 měsíců, na 18,6 km, v součtu 491 jedinců 8 druhů savců (výčet druhů – viz výše).

$$\mu_0 = \frac{\sum_i x_i}{\sum_i E_i} = 15,0845$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_i E_i (x_i - \hat{\mu}_x)^2}{\sum_i E_i} = 38,8632$$

Zjištěné parametry znamenají následující:

- Průměrná mortalita říká, kolik jedinců připadá na jeden kilometr silnice za rok – tedy jak časté střety se zvěří na sledovaných úsecích jsou.
- Rozptyl ukazuje, jak moc se tato mortalita mezi jednotlivými úseky liší. Pokud je rozptyl nízký, znamená to, že se úseky chovají podobně a výsledky jsou srovnatelné. Pokud je rozptyl vysoký, některé úseky mají mnohem více kolizí než jiné, což komplikuje testování účinnosti odpuzovačů. V případě popsaného testování byl rozptyl poměrně vysoký, což vedlo k použití negativně binomického modelu (viz 4.2.3.1).

Použití těchto čísel v simulacích umožnilo modelovat, kolik úseků a jak dlouho je třeba sledovat, aby bylo možné spolehlivě prokázat účinnost či neúčinnost odpuzovačů. Pokud by byly do testování vybrány úseky s vyšší průměrnou mortalitou, než byla mortalita z pilotních dat, zvyšuje se tím množství informací, které lze z monitoringu pro testování získat. Platí to zejména tehdy, když se mortalita mezi úseky příliš neliší (tj. mortalita je relativně vyrovnaná a nejsou zde extrémní hodnoty, není velký rozptyl). V takovém případě je možné dosáhnout stejné spolehlivosti testu i s menším počtem sledovaných úseků, než ukazují výpočty uvedené v tabulce 3.

Název publikace: Metodika pro hodnocení účinnosti a stanovení zásad používání akustických, optických a pachových odpuzovačů živočichů u komunikací

Autoři: Jitka Uhlíková, Milan Křápek, Ivo Dostál, Václav Hlaváč, Martin Strnad, Martin Slepica

Oponenti: Tomáš Kušta, Vlasta Škorpíková

Vydala: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Kaplanova 1931/1, 148 00 Praha 11 – Chodov, Česká republika

Místo a číslo vydání: Praha, 1. vydání

Rok: 2025

ISBN ISBN 978-80-7620-201-6 (online; pdf)

T A
Č R

Program **Doprava 2020+**