

## Vplivi železniške infrastrukture na prostoživeče živali: opredelitev dejavnikov bariernega učinka

### *The impact of railways on wildlife: Identifying factors related to barrier effects*

Samar Al Sayegh Petkovšek<sup>1</sup>, Klemen Kotnik<sup>1</sup>, Boštjan Pokorny<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Fakulteta za varstvo okolja, Trg mladosti 7, Velenje

<sup>2</sup> Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, Ljubljana

#### Izveleček

Železniški promet ponovno postaja vodilni globalni kopenski transportni sistem. Praviloma je ekonomsko in okoljsko sprejemljivejši od drugih vrst transporta. Vendar tudi železniški promet in infrastruktura povzročata različne okoljske težave, ki jih ne smemo prezreti. Prepoznani so štirje osnovni tipi vplivov železniške infrastrukture na prostoživeče živali, ki skupaj povzročajo velik barierni učinek: (i) fizična in vedenjska ovira; (ii) motnje zaradi hrupa, vibracij, onesnaženja in prisotnosti ljudi; (iii) izguba, sprememba in drobljenje (fragmentacija) habitatov ter (iv) povečana umrljivost zaradi trkov živali z vlaki. Navedeni vplivi so pogosto prepleteni in jih težko ločimo med seboj; zaradi sinergističnih učinkov posameznih dejavnikov je lahko skupen negativen vpliv na prostoživeče živali še večji. Med vplivi smo se osredotočili na trke vlakov z večjimi vrstami sesalcev, ki so pomemben dejavnik umrljivosti parkljarjev in zveri (zlasti medvedov). V zadnjem obdobju se število trkov povečuje zaradi povečane intenzivnosti železniškega prometa in posodobitve železnic, saj so vlaki vse tišji in manj robustni ter zato za živali manj opazni. Posledično so trki z večjimi vrstami sesalcev bolj moteči tudi za ljudi (povzročena večja škoda; zamude v prometu). Pričujoči pregledni članek je prispevek k zavedanju pomena poznavanja vplivov železniške infrastrukture na prostoživeče živali, kar je pogosto spregledano v nacionalnem raziskovalnem prostoru in tudi globalno.

**Ključne besede:** železniška infrastruktura, barierni učinek, trki prostoživečih živali z vlaki

#### Abstract

*Rail transport is once again emerging as the leading global land transport system. It is generally considered more environmentally and economically friendly than other types of transport; however, railways also cause a range of environmental problems, which should not be ignored. The following broad types of impacts, causing a barrier effect, are identified: (i) physical and behavioural barriers; (ii) disturbance from traffic noise, vibration, chemical pollution and human presence; (iii) habitat loss and fragmentation, and (iv) increased mortality due to animal collisions with trains. The various sources of railway barrier effects are often closely related and it is difficult to separate them; due to the synergistic effects of individual factors, the overall negative impact on wildlife can be even greater (ibid.). Among the impacts shown, we focused on train collisions with large mammals, which contribute significantly to the mortality of ungulates and bears. In recent years, the number of collisions has been increasing due to the increased intensity of rail traffic and the modernisation of railways, as trains are becoming quieter and less robust and therefore less noticeable to animals. As a result, collisions with large mammals are also more disruptive to humans (damages and traffic delays). This article*

*contributes to the awareness of the importance of knowledge regarding the impacts of railway infrastructure on wildlife, a topic often overlooked on both the national and global scales.*

**Keywords:** railways, barrier effect, wildlife-train collisions

## 1 Uvod

Železniški promet ponovno postaja vodilni globalni kopenski transportni sistem (Dulac, 2013; Popp in Boyle, 2017). Praviloma je ekonomsko in okoljsko sprejemljivejši od drugih vrst transporta. Vendar pa tudi železniški promet in infrastruktura povzročata različne okoljske težave, ki jih ne smemo prezreti. Med njimi je zelo pomemben vpliv na prostoživeče živali in biotsko raznovrstnost. Železniška infrastruktura negativno vpliva na prostoživeče živali predvsem zaradi t. i. bariernega učinka (učinka ovir oz. pregrad). Le-ta onemogoča oz. zmanjšuje premike prostoživečih živali (iskanje hrane, zatočišč in razmnoževanja), ki so eden ključnih pogojev za dolgoživost populacij (Dorsey in sod., 2015; Heske, 2015; Barrientos in Borda-de-Agua, 2017; Borda-de-Agua in sod., 2017; Santos in sod., 2017; Potočnik in sod., 2019).

Prepoznani so štirje osnovni tipi vplivov železniške infrastrukture na prostoživeče živali, ki skupaj povzročajo velik barierni učinek: (i) fizične in vedenjske ovire; (ii) motnje zaradi hrupa, vibracij, onesnaženja in prisotnosti ljudi; (iii) izguba, sprememba in drobljenje (fragmentacija) habitatov ter (iv) povečana umrljivost zaradi trkov živali z vlaki. Navedeni vplivi so pogosto prepleteni in jih težko ločimo med seboj; zaradi sinergističnih učinkov posameznih dejavnikov je lahko skupen negativen vpliv na prostoživeče živali še večji (Borda-de-Agua in sod., 2017).

Pričujoči pregledni članek je prispevek k zavedanju pomena poznavanja vplivov železniške infrastrukture na prostoživeče živali, ki je tema, pogosto spregledana globalno (Popp in Boyle, 2017)

in tudi v nacionalnem raziskovalnem prostoru. Popp in Boyle (2017) sta analizirala znanstvene članke v obdobju dvajsetih let v štirinajstih pomembnih znanstvenih revijah in ugotovila, da 259 člankov raziskuje vplive cest na prostoživeče živali; v istem obdobju pa so se avtorji le v sedemnajstih člankih ukvarjali z raziskavami o vplivu železnice na živali. Glavni vzrok je pomanjkanje tovrstnih raziskav, kar posledično prispeva k manjšemu razumevanju vpliva železnic na prostoživeče živali ne glede na dejstvo, da železniški promet pridobiva na pomenu in obsegu (*ibid.*). Pričujoči članek pomeni eno prvih predstavitev tovrstne problematike v slovenskem raziskovalnem prostoru in je lahko osnova za pravilno načrtovanje in uvedbo omilitvenih ukrepov za zmanjšanje bariernega učinka železniške infrastrukture ter za zagotovitev ekoloških koridorjev prostoživečim živalim.

## 2 Material in metode

Opravili smo pregled in sintezo literature, ki obravnava vplive železniške infrastrukture na prostoživeče živali (s poudarkom na parkljarjih in zvereh), upošteva zlasti prvo pomembno pregledno delo Railway Ecology (Borda-de-Agua in sod., 2017) in novejša raziskave (npr. Gilhooly in sod., 2019; Mattson, 2019; Pollock in sod., 2019; St. Clair, 2020; Backs in sod., 2017, 2022). V preglednem članku smo se osredotočili na povečano umrljivost večjih vrst sesalcev zaradi trkov z vlaki, ki poleg pomembnega vpliva na umrljivost populacij parkljarjev in medvedov povzročajo tudi zamude v železniškem prometu in škodo na železniški infrastrukturi.

## 3 Železniška infrastruktura kot fizična in vedenjska ovira

Železniška proga je fizična ovira, ko je osebek ne more prečkati. Ko progo lahko prečka, vendar se ji zaradi neugodnih razmer in zaznanega tveganja izogne, pa govorimo o vedenjski oviri (Barrientos in Borda-de-Agua, 2017). Kot

fizična ovira najbolj vpliva na manjše vrste, ki so slabo mobilne (npr. želve) in/ali se sezonsko selijo ter premikajo vsak dan (npr. dvoživke) čez železniške proge in v njihovi okolici. Tako npr. različne vrste želv, kot sta karolinska škatlarica (*Terrapena carolina*) in grška kornjača (*Testudo hermanni*), ne morejo preplezati železniških tirnic in pogosto ostanejo ujete na tirih, kar jih vodi v smrt (Kornilev in sod., 2006; Iosif, 2012). Med dvoživkami je najbolj prizadeta vrsta navadna krastača (*Bufo bufo*), ki je najmanj mobilna vrsta med brezrepimi dvoživkami (red Anura) (Budzik in sod., 2014). Pogosto jih oslepijo luči prihajajočega vlaka in zmotijo (ustavijo) njihovo premikanje. Umrljivost navadnih krastač povečuje tudi dejstvo, da pogosto ostanejo ujete med tirnicami (*ibid.*). Za večino velikih sesalcev železniški tiri niso fizična ovira; neprehodna ovira je le, če je obdana z ograjo ali če je intenzivnost prometa izredno velika (Potočnik in sod., 2019).

Obnašanje čmrljev (*Bombus impatiens*; *B. affinis*) je primer vpliva železniške infrastrukture na vedenje. Čmrlji neradi prečkajo železniške proge; ko priletijo do njih, se obrnejo in vrnejo v gnezda oziroma panje (Bhattacherya in sod., 2003). Nasprotno lahko metulji vrste gozdni vratar (*Pyronia tithonus*) brez težav prečkajo hitro železnico in se vrnejo (Vandeveldt in sod., 2012). Jasnejši in izrazitejši je vpliv železnic na vedenje velikih sesalcev. Tako je, npr., spremljanje obnašanja mongolske gazele (*Procapra gutturosa*) potrdilo, da železniška infrastruktura ovira prostorske premike te vrste, saj gazele večinoma ne prečkajo železniških prog, čeprav bi jih lahko. Ker se ne selijo v zimska prebivališča, bogatejša s hrano, se poveča umrljivost živali (Ito in sod., 2013). Podobno vedenje, tj. izogibanje prečkanju brez fizičnega razloga za to, so opazili pri sajgi (*Saiga tatarica*) v Kazahstanu (Olson, 2013; Olson in van der Ree, 2015).

Železniška proga ni le vedenjska ovira, ampak pogosto vpliva na vedenje živali večplastno.

Železniška infrastruktura namreč lahko vpliva na vedenje živali zaradi povečevanja dostopnosti prehranskih virov ob progah in izkoriščanje železniške proge za lažje premikanje (Dorsey in sod., 2015; Pollock in sod., 2017, 2019). Vedenje medvedov ob pacifiški železnici, ki poteka skozi gorata in gozdnata območja narodnih parkov Banff in Yoho, so v zadnjih desetletjih raziskali natančneje. Z izotopsko analizo dlake grizljev (*Ursus arctos horribilis*) so ugotovili, da se nekateri medvedi prehranjujejo z ostanki povoženih živali in/ali z rastlinami, ki rastejo ob robu železnice (Hopkins in sod., 2014). Opazili so, da grizlije in črne medvede (*Ursus americanus*) privlačijo robovi oziroma prostorski pasovi ob železniških progah, ker so bogati z jagodičjem (Gibeau in Herrero, 1998; Pollock in sod., 2017, 2019). Med letoma 2000 in 2016 so spremljali gibanje medvedov s pomočjo GPS-telemetrije. Ovratnice so namestili 27 grizlijem in potrdili, da obstajata časovni in prostorski vzorec gibanja grizljev ob železniških progah in na njih. Najpogosteje so se medvedi zadrževali ob železnici spomladi in jeseni; ugotovili so, da sta najpomembnejša dejavnika prehranjevanje vzdolž železniških prog in prisotnost primerne hrane (npr. jagodičje, praproti). Presenetljivo so se medvedi zadrževali ob železnicah večinoma podnevi, kljub večji možnosti srečanja z ljudmi (Pollock in sod., 2019). Hkrati so Gangadharen in sod. (2017) potrdili, da se medvedi pogosto prehranjujejo tudi z žiti (še posebno s koruzo), ki padajo z vagonov. Rastros žit z vagonov povečuje tudi številčnost malih sesalcev in njihovih plenilcev, npr. kojotov (*Canis latrans*), ob železniških progah (Wells, 1999).

Železniška infrastruktura lahko olajša premikanje živalim in jim omogoča boljše izrabo energije. Navadna lisica (*Vulpes vulpes*) in volk (*Canis lupus*) se hitreje gibljeta vzdolž linijske infrastrukture in uspešneje plenita (Latham in sod., 2011; Dickie in sod., 2017). To je še zlasti pomembno v gorskih območjih, kjer relief pogosto otežuje gibanje živalim. Tako se, npr., losi (*Alces alces*) in volkovi v Kanadi ter losi

in evropska srna/srnjad (*Capreolus capreolus*) na Švedskem (Paquet in Callaghan, 1996; Eriksson, 2014) premikajo vzdolž železniških prog v globokem snegu, rjavi medvedi (*Ursus arctos*) pa na strmih terenu (Kaczensky in sod., 2003; Pollock in sod., 2019). Uporaba železnice kot »transportne poti« hkrati potencialno vpliva na večjo umrljivost živali. Tiste, ki se pogosto gibljejo oz. potujejo vzdolž železniških prog, so namreč ranljivejše (večja možnost trkov z vlakom) v primerjavi z drugimi osebki, ki železniške proge le prečkajo in se tam zadržujejo krajši čas (Pollock in sod., 2019).

#### 4 Motnje zaradi hrupa, vibracij in onesnaževanja

Motnje zaradi hrupa, vibracij, onesnaženja in prisotnosti ljudi vplivajo na populacije prostoživečih živali, ki živijo v bližini železniške infrastrukture, in prispevajo k bariernemu učinku. Motnje se pojavljajo v času gradnje in med obratovanjem železniških prog. Prvim so, zaradi kratkotrajnosti, namenili manj raziskav, kljub opaznemu vplivu na prostoživeče živali. Čeprav je bila gradnja železniške infrastrukture na Kitajskem ustavljena v času selitev tibetske antilope (*Pantholops hodgsonii*), živali niso uporabljale prehodov za živali zaradi spremenjenega okolja (gradbeni stroji, izkopi). Vendar se je ta vrsta po končanju del prilagodila in začela uporabljati prehode za živali (Yang in Xia, 2008).

Med dolgotrajnimi motnjami med obratovanjem, ki predstavljajo barierni učinek, je najpomembnejši hrup z vibracijami, ki ga povzročajo vlaki in se spreminja glede na: (i) intenzivnost prometa, vrsto tračnic, tip lokomotiv in vagonov; (ii) vrsto krajine oziroma topografijo (odprta krajina, doline, gozdna krajina itn.); (iii) vreme in strukturo ter vrsto okoliške vegetacije. Na širjenje vibracij vplivajo geološke značilnosti in sestava tal. Motnje zaradi hrupa na vplivnem območju železniške infrastrukture so opazne zlasti zaradi odsotnosti vegetacije ob železniških progah

in zaradi spreminjanja frekvenc zvoka. Slabša slišanost vlakov lahko prispeva k več trkom s prostoživečimi živalmi, ker le-te ne morejo razviti pravočasnega izogibalnega vedenja (Bucks in sod., 2022).

Raziskave so pokazale različno občutljivost posameznih vrst živali na hrup. Na Nizozemskem so, npr., opazili zmanjšano vrstno pestrost močvirskih ptic tik ob železniški progi (Waterman in sod., 2002). Nasprotno je bila v gozdovih na Poljskem vrstna pestrost gozdnih ptic večja bližje progi (Wiacek in sod., 2015), v brazilskih gozdovih pa hrup ni vplival na male sesalce, najverjetneje zaradi manjšega prometa (Cerbocini in sod., 2016).

Onesnaženost zraka zaradi železniške infrastrukture povzročajo dizelske lokomotive, zaviralni sistemi in prah, ki lahko nastaja zaradi transporta razsutega tovora. Glavni izpusti dizelskih lokomotiv so CO<sub>2</sub>, metan (CH<sub>4</sub>), CO, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, hlapne organske spojine, prašni delci itn. Izpusti se lahko kopičijo v tleh, dodatna nevarnost so izpusti goriv in nesreče pri transportu različnega materiala, še posebno nevarnih snovi. Poleg onesnaževanja tal lahko nastane tudi onesnaženje vodnih virov. Onesnaženo okolje lahko na živalske populacije vpliva neposredno ali posredno (prek vnosa onesnažil v prehranjevalno verigo). Tako so koncentracije pesticidov in herbicidov, s katerimi pršijo železniške tise, zelo velike in pogosto smrtno za vodno živalstvo, še posebno za ribe. Ugotovili so, da traja 6–48 mesecev, da se koncentracija pesticidov (npr. *imazapyr*, *diuron*) v okolju zmanjša na polovico (Vo in sod., 2015).

#### 5 Izguba, sprememba in drobljenje habitatov

Linearna infrastruktura je ena izmed največjih globalnih groženj biotski raznovrstnosti, vključno z izgubo in drobljenjem (fragmentacijo) habitatov. Gosta prometna omrežja drobijo

habitata na manjše habitatske krpe, ki so pogosto tako izolirane druga od druge, da imajo osebkoma malo možnosti, da bi uspešno prehajali med njimi in si izmenjavali genetski material. Slednje vodi do ogroženosti in/ali celo do izumrtja vrst (Iuell in sod., 2003; Barrientos in Borda-de-Agua, 2017; Potočnik in sod., 2019; Penko Seidel in sod., 2021).

Če železniška proga seka habitat vrste, se del habitata, po katerem poteka železniška proga, lahko spremeni v transportno pot in omogoča premike plenilcev ter tako vpliva na odnos plenilec – plen. Takšen primer vpliva linijske infrastrukture na populacijo severnega jelena (*Rangifer tarandus*) so raziskali v Kanadi. Ugotovili so, da so ceste in železniške proge omogočile lažji dostop volkov do habitatov severnega jelena, ki so zato postali ogroženi (Whittington in sod., 2011).

Spremembe habitata se dogajajo ob železniških koridorjih, kjer nastajajo robovi oziroma prostorski pasovi, ki se razlikujejo od okoliških habitatov (Pollock in sod., 2017). Po eni strani so le-ti lahko pomemben življenjski prostor za nekatere vrste prostoživečih živali, hkrati pa lahko usmerjajo živali v bližino/na železniške proge, kjer se njihova umrljivost poveča (Barrientos in Borda-de-Agua, 2017; Pollock in sod., 2019; Potočnik in sod., 2019). Ustvarjanje tovrstnih habitatov lahko tudi pozitivno vpliva na nekatere skupine živali. Biotska raznovrstnost metuljev in čebel, ki jih privlačijo medonosne rastline, ki so pogoste na robovih železniških prog, se lahko poveča. Območja ob železniških progah so za take vrste pomembna kot novi, alternativni habitati (Kalarus in Bakowski, 2015).

## 6 Vpliv na umrljivost populacij prostoživečih živali zaradi trkov z vlaki

Eden najočitnejših in pomembnih vplivov železniške infrastrukture na prostoživeče živali je povečanje umrljivosti zaradi trkov živali

z vlaki. Največ ugotovitev je pridobljenih na podlagi opažanj trkov velikih sesalcev z vlakovnimi kompozicijami. Veliki sesalci lahko namreč zaradi svoje velikosti povzročijo prometne nesreče, ki se kažejo tudi v zamudah in škodi na železniški infrastrukturi, vse skupaj pa pomeni finančno izgubo (Dorsey in sod., 2015). Med vretenčarji predstavlja umrljivost sesalcev, zaradi trkov z vlakovnimi kompozicijami, pomemben delež (van der Griff, 1999; Seiler in sod., 2014; Santos in sod., 2017; Seiler in Olsson, 2017; Pollock in sod., 2019; Nezval in Bil, 2020). Po dostopnih podatkih je delež sesalcev med vsemi povoženimi vretenčarji na železniških progah 26 % (Nizozemska), 36 % (ZDA) oz. 38 % (Španija) (Santos in sod., 2017).

Kljub vedno večjemu železniškemu prometu in posledično pričakovanemu povečanju števila trkov živali z vlaki, pa je tovrstni vpliv na populacije večjih vrst prostoživečih živali slabo raziskan; večinoma so raziskave usmerjene le na posamične ogrožene vrste v Evropi (Huber in sod., 1998; Kaczensky in sod., 2003; Seiler in sod., 2014; Krofel in sod., 2015; Seiler in Olsson, 2017; Potočnik in sod., 2019), v Indiji (Roy in Sukumar, 2017) in v Severni Ameriki (Gilhooly in sod., 2019; Mattson, 2019; Pollock in sod., 2019; St. Clair, 2020). Izjema so sistematične raziskave trkov večjih vrst sesalcev (zlasti medvedov in parkljarjev) z vlaki na območju narodnih parkov Banff in Yoho v Kanadi, ki potekajo z uporabo kompleksne podatkovne baze registriranih trkov v zadnjih štirih desetletjih (*ibid.*).

Umrljivost sesalcev zaradi trkov lahko še zlasti pomembno vpliva na ogrožene vrste, vrste z manjšo gostoto in manjšim razmnoževalnim potencialom, kot so npr., rjavi medved, azijski slon (*Elephas maximus*), mongolska gazela in azijski divji osel (*Equus hemionus*) (Ito in sod., 2013; Roy in Sukumar, 2017; Pollock in sod., 2019). Največja umrljivost je praviloma ugotovljena na tistih odsekih železniških prog,

### Pregledni znanstveni članek

ki sekajo pomembne habitate vrst in njihove selitvene koridorje (van der Griff, 1999). Presenetljivo je, da trki z vlaki povzročajo veliko umrljivost pri nekaterih skupinah živali (npr. parkljarji, medvedi), saj je v primerjavi s cestnim prometom železniški manj intenziven, vlaki so večji, bolj hrupni in večinoma dosegajo zmerne hitrosti (Morelli in sod., 2014; Heske, 2015). Zagotovo je treba upoštevati tudi dejstvo, da vlaki (tudi tovorni) včasih dosegajo velike hitrosti (do 200 km/h) in da se praviloma vlakovne kompozicije ne morejo pravočasno ustaviti, četudi strojevodja opazi žival na železniških tirih. Trkov losov in medvedov z vlaki je pogosto več kot na cestah (Santos in sod., 2017). Po drugi strani pa lahko vibracije nekatere skupine živali (npr. kače) opozorijo na prihajajoči vlak. Manjša umrljivost ptic pevk in malih sesalcev je povezana z dejstvom, da se te skupine živali lahko uspešneje izognejo vlaku kot pa avtomobilom na cesti (Heske, 2015).

Poleg zmanjšanja številčnosti lahko umrljivost na tirih povzroči spremembe v starostni strukturi populacij; za populacijo vaptitijev (*Cervus canadensis*) v bližini razvejane železniške infrastrukture so ugotovili, da osebkovi težje dosežejo primerljivo visoko starost, značilno za populacije, ki živijo daleč od železniške infrastrukture (Huggard, 1993). V Sloveniji in na Hrvaškem so ugotovili, da je bilo med medvedi povoženih več eno- in dveletnih samcev (medina = 1,3 leta oz. 1,5 leta) v primerjavi s samicami (delež samic je bil 43 % oz. 46 %), tj. živali, ki so bolj podvržene mladostni disperziji oz. širjenju v nova območja (Krofel in sod., 2015).

#### 6. 1 Umrljivost parkljarjev

Trki parkljarjev z vlaki so pogosti po vsem svetu. Losi (*Alces alces*) v Kanadi, na Aljaski, na Švedskem in na Norveškem se premikajo vzdolž železniških prog in jih zato vlaki pogosto poveljajo (Santos in sod., 2017). V Kanadi (Britanska Kolumbija) so ocenili, da je bilo v

zimah med letoma 1969 in 1982 povoženih od nekaj sto do več kot tisoč osebkov (Child, 1983). Na Aljaski povoz losov na železnici predstavlja okoli 25 % znane umrljivosti in je drugi največji razlog umrljivosti te vrste. V zimi 1989/1990 so poročali o 30 % zmanjšanju populacije losa v dolini ob reki Susitna kot seštevek umrljivosti zaradi povozov na železnici in neugodnih zimskih razmer. Dodatno se je populacija losov na tamkajšnjem območju zmanjšala zaradi povozov na avtocesti (Modafferi in Becker, 1997).

Na Norveškem se je število povoženih losov na železnici povečalo s 50 osebkov/leto v petdesetih letih prejšnjega stoletja na 676 osebkov v obdobju 1990–1996 oz. v povprečju za 85 osebkov/leto; finančno posledico stroškov zaradi škode na vlakih in izgube dohodka upravljavcev lovišč so v tej državi ocenili na 2.600 EUR za vsakega povoženega losa, kar je na začetku devetdesetih let znašalo na letnem nivoju 225.000 EUR (Seiler in sod., 2014; Seiler in Olsson, 2015, 2017). Na veliko povozov te vrste na železnicah vpliva tradicionalna selitev losov iz letnih prebivališč v prezimovališča. Losi se selijo vzdolž železniških prog (še zlasti ob globokem snegu) oziroma jih prečkajo in tako nastajajo pogosti trki z vlaki. Ocenjujejo, da se okoli 79 % vseh trkov z losi na Norveškem zgodi med decembrom in marcem zaradi sezonskih selitev. Več trkov je zjutraj, ponoči in zvečer, ker so takrat aktivnejši (Gundrsen in sod., 1998; Santos in sod., 2017).

Na Norveškem pogosto poročajo tudi o povozih srnjadi na železnicah (12,4 % vseh povoženih sesalcev med letoma 1993 in 1996), medtem ko je severni jelen (*Rangifer tarandus*) manj pogosto žrtev prometa (Gundrsen in sod., 1998). Na Češkem je srnjad najbolj prizadeta vrsta med večjimi sesalci, ki so povoženi na železniških progah. Na 50 km dolgem odseku železniške proge, ki večinoma poteka skozi agrarno krajino (polja s travniki), je bila 60 % vsega registriranega povozu divjadi srnjad, sledila sta ji poljski zajec (*Lepus europeus*) s 17 % in fazan (*Phasianus colchicus*) s 15 % (Kušta in sod., 2011, 2014).

Na železniškem omrežju Madžarske se je število trkov s srnjadjo v obdobju 2000–2010 povečalo za skoraj devetkrat, medtem ko se je ocenjena populacijska gostota srnjadi v istem obdobju povečala le za okoli 1,2-krat (Cserkesz in Farkas, 2015). Tudi na železniškem omrežju na Češkem se je v obdobju 2011–2019 hitro povečalo število trkov. Trkov s srnjadjo in divjim prašičem je bilo kar 82 % vseh registriranih povozov (Nezval in Bil, 2020). Na Iberskem polotoku oz. v Španiji je na tirih najpogosteje povožena vrsta divji prašič (*Sus scrofa*). Po slovenskih podatkih (Oslis, 2022) je v obdobju 2016–2019 evropska srna predstavljala 58 % vsega registriranega povoza večjih vrst prostoživečih živali, sledili so navadni jelen/jelenjad (*Cervus elaphus*) (22 %) in divji prašič (15 %); povozov rjavega medveda je bilo 3 % (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2020).

Tudi na Švedskem je problematika trkov večjih vrst sesalcev z vlaki čedalje bolj aktualna (Seiler in sod., 2014; Seiler in Olsson, 2017). Tudi tam železniške proge niso ograjene, razen maloštevilnih na severu, saj je slednje ocenjeno kot stroškovno nevzdržno. V zadnjem času so železnice posodobili, vlaki so tišji in manj robustni ter zato za živali verjetno manj opazni. Število trkov se povečuje, trki z živalmi pa postajajo vse bolj moteči tudi za ljudi (večja škoda in zamude). Skupna škoda (socio-ekonomska) zaradi trkov z divjadjo je ocenjena na 100 do 150 milijonov EUR na leto, kar je primerljivo s škodo na cestah (250 milijonov EUR), čeprav železnice po dolžini zavzemajo le 2 % prometnega omrežja na Švedskem (Seiler in sod., 2014). Na švedskih železnicah so za obdobje 2001–2010 poročali o 2.500 do 3.000 trkih z velikimi sesalci na leto; v povprečju je to na leto znašalo 1.070 losov, 1.336 srnjadi in 994 osebkov drugih velikih sesalcev (večinoma severni jeleni redkeje pa damjek (*Dama dama*), navadni jelen in divji prašič). Po letu 2001 se je število povozov vsako leto povečalo za 2,5 %, četudi se je odstrel manjšal (slednji naj bi bil odraz manjših populacij). Tudi na cestah so opazili enak trend večanja povozov in enak

vzorec sezonske ter dnevne variabilnosti (več povozov v večernem mraku in zori ter jeseni in pozimi). Kljub enakim trendom in vzorcem povozov na cestah in železnicah so slednje na splošno za lose nevarnejše kot ceste. Vzrok naj bi bil v relativno dolgih intervalih med vlaki, ki tako manj odvrtaajo živali od železniških prog. Na povoz losov in srnjadi vpliva tudi intenzivnost prometa; povozov je več, ko je od 50 do 150 vlakov na dan (Seiler in Olsson, 2017).

Na omrežju švedskih železnic so analizirali zgostitve povozov, da bi določili črne točke (angl. »hot spots«). Za ta namen so v analizo vključili 1.377 odsekov železniških prog, daljših od enega kilometra (v povprečju je bila dolžina 8 km). Na takih odsekih je bil povprečen letni povoz 0,08 losa/km oziroma 0,11 osebka srnjadi/km; na nekaterih odsekih je bil povoz večji kot en osebka/km. Seiler in Olsson (2017) sta posamezne odseke, kjer je bilo letnih povozov  $>0,24$  losa/km in  $>0,33$  srnjadi/km, določila/prepoznala kot črne točke. Na podlagi analize povozov sta avtorja pričakovano ugotovila, da so le-ti pogostejši, če so gostote populacij večje. Slednje je odvisno od mnogih dejavnikov (razpoložljivost hrane, krajinske značilnosti), neodvisnih od upravljanja železniškega prometa. Na verjetnost trka z vlakom vpliva tudi vedenje posameznega osebka (živali), ki lahko prepreči trk z vlakom (strojevodja ne more). Ob pregledu videoposnetkov so opazili, da je ubežni čas kratek še posebno ob hitrih in razmeroma tihih vlakih. Na podlagi slednjega so zaključili, da so smiselni ukrepi, ki bi živali bolj zgodaj opozorili na prihajajoči vlak (*ibid.*).

## 6.2 Umrljivost medvedov

Trki z medvedi in posledično njihova umrljivost zaradi prometa so pogosto predmet raziskav, saj spadajo med zavarovane vrste, ki potrebujejo velik življenjski okoliš in so hkrati zaradi velikosti tveganje za varnost v prometu, vključno z železniškim prometom (npr. Wellls in sod., 1999; Kusak in sod., 2000; Gangadharen in sod., 2017; Gilhooly in sod., 2019; Mattson, 2019; Potočnik

Pregledni znanstveni članek

in sod., 2019; St. Clair in sod., 2020). Ranljivost oziroma umrljivost populacij medvedov zaradi trkov z vlaki povečujejo tudi naslednji dejavniki: (i) medvedi zaznajo celotno vlakovno kompozicijo kot en sam dogodek za razliko od avtoceste, kjer je zanje vsako vozilo poseben dogodek; (ii) tudi na najbolj obremenjenih železnicah so dolga obdobja, ko ni prometa in medvedi zato proge ne dojemajo kot pomembne grožnje in se zato pogosto hranijo na progi ali v njeni bližini; (iii) posledično nimajo razvitega izogibalnega vedenja, torej se ne izogibajo intenzivnemu železniškemu prometu v enaki meri kot prometu na avtocestah (Mattson, 2019).

Trki z vlaki so pomemben vzrok umrljivosti medvedov na območju narodnih parkov Banff in Yoho v Kanadi (Wellls in sod., 1999; Berch in Gibeau, 2009; Burley, 2015; Dorsey in sod., 2017), v osrednjem območju Italije (Boscagli, 1987), na območju Gorskega kotarja na Hrvaškem (Huber in sod., 1998; Kusak in sod., 2000; Vivoda in sod., 2015) in tudi v Sloveniji, kjer je bilo v obdobju 2005–2014 največ povozov medvedov na železnicah (45 %), nato na glavnih, regionalnih, občinskih in gozdnih cestah (37 %) ter na avtocestah (18 %) (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2015; Krofel in sod., 2015). Na letnem nivoju je bilo na slovenskih železniških progah v tem obdobju povoženih okoli sedem osebkov na leto. Trki so se zgodili večinoma na območju selitvenih koridorjev velikih sesalcev, ki povezujejo dinarski in alpski prostor; pogosto so bili zgoščeni v usekih (Al Sayegh Petkovšek in sod., 2019).

Dejstvo, da k umrljivosti medvedov prispeva tudi bližina prehranskih virov, vključno z razsutim tovorom (žita), so potrdili že Gangadharen in sod. (2017). Zanimala jih je količina razsutih žit, ki so jih prevažali po 134 km dolgi transpacifiški železniški progi v obdobju 2012–2015. Ugotovili so, da na omenjenem odseku količina razsutega žita zadošča energetskim potrebam 42–54 grizljev. Čeprav vsa količina razsutega žita ni dostopna medvedom, lahko njegova privlačnost prispeva k povečanju umrljivosti medvedov do

stopnje, ki lahko ogroža populacijo. Ocenjena številčnost grizljev na tamkajšnjem območju je bila sorazmerno majhna (50 do 73 osebkov), po letu 2000 pa so registrirali 19 trkov z vlaki (ibid.).



Slika 1: Odtis medvedje šape na železniški progi na Lokvičkem vrhu na Hrvaškem, tj. v okolici Brod Moravice oz. Lokvice (foto: S. Reljic, 2017)

*Figure 1: A bear footprint on the railway track at Lokvički Vrh, Croatia, near Brod Moravice and Lokvica (Photo: S. Reljic, 2017)*

Mattson (2019) je povzel in analiziral ugotovitve raziskav, ki so obravnavale vplive vlakov in železniške infrastrukture na populacijo grizljev na območju narodnih parkov v Kanadi (Banff in Yoho) in v ZDA (Glacier park v Montani) v obdobju 1980–2018. Na podlagi analize je zaključil, da: (a) so povozni grizljev in črnih medvedov na železniških progah vsako leto. V Montani je povoz grizljev po letu 1980 predstavljal 9 % zaznane umrljivosti; na območju parka Banff v Kanadi je bilo povozov na železnicah še več (25 % zaznane umrljivosti); (b) obstaja sezonska variabilnost v številu trkov, ki dosega vrh v maju in med septembrom ter oktobrom in nakazuje, da na število trkov vplivajo sezonske spremembe (npr. razpoložljivost hrane, sezonsko različno prostorsko vedenje); (c) žita, ki se raztresajo z železniških vagonov vzdolž obeh obravnavanih železniških prog, usmerjajo medvede k progam, kjer lahko nastanejo trki. Hkrati grizlje privlačijo tudi drugi viri prehrane (npr., poginule živali in vegetacija/jagodičje), ki se pojavljalo na železniških progah oz. vzdolž



njih; (d) medvedi ne prečkajo avtocest, če je intenzivnost prometa večja kot sto vozil na uro ali 4.000 do 5.000 vozil na dan. Posledično je večina prehodov/prečkanj avtocest ponoči oziroma ko se mrači ali svita; to je tudi obdobje največjih prehranjevalnih aktivnosti medvedov. Medvedi se torej izogibajo intenzivnemu dnevniemu prometu na avtocestah, zato tudi vzporedne železniške proge prečkajo največkrat ponoči ali ko se dani oz. mrači in je hrup z avtocest manjši. Če je takrat železniški promet intenzivnejši, tovrstna neugodna kombinacija prometnih obremenitev na vzporedno potekajočih prometnicah zanesljivo poveča umrljivost na železniški progi (Mattson, 2019).

### 6.3 Umrljivost velikih sesalcev na območju narodnih parkov Banff in Yoho

Primer sistematičnih raziskav umrljivosti velikih sesalcev (zlasti medvedov) zaradi trkov z vlaki so raziskave na območju transpacifiške železnice, ki poteka v dolžini 134 km skozi nacionalna parka v Kanadi (Banff in Yoho) (Dorsey in sod., 2017; Gangadharen in sod., 2017; Mattson, 2019; Gilhooly in sod., 2019; St. Clair in sod., 2020). Dorsey in sod. (2017) so analizirali podatke o registriranih trkih parkljarjev (navadni jelen in belorepi oz. mulasti jelena (*Odocoileus* ssp.)) in medvedov (grizli in črni medved) v 21-letnem obdobju (1989–2009) vzdolž transpacifiške železnice, ki se vije skozi nacionalna parka Banff in Yoho. Skupaj je bilo zabeleženih 862 trkov, med njimi skoraj 70 % trkov z vapatiji (*Cervus canadensis*) in slabih 10 % z medvedi. Identificirali so zgotovitve povozov za navadnega jelena in preostale jelene, ne pa za medvede. Ugotovili so, da na lokacijo trkov vplivajo populacijska gostota divjadi na območju železnice, hitrost vlakov in premostitveni objekti na avtocesti, ki poteka vzporedno z železnico (*ibid.*).

V sklopu raziskav vplivov večmodalnih prometnih koridorjev (Trans Canada Highway; transpacifiška železnica) na umrljivost velikih

sesalcev je Gilhoolyja in sod. (2019) zanimalo, ali omilitveni ukrepi na avtocesti (6 zelenih mostov, 39 podhodov in 166 km avtocestne ograje) povečujejo umrljivost velikih sesalcev (zveri in parkljarjev) na železnici in ali so spremembe lokacij povozov na železnici, kjer ukrepi niso bili izvedeni. Za obdobje 1981–2014 so primerjali stopnjo povozov (angl. *collision rate*), ki je definirana kot letno število povozov na km, med obema prometnicama (avtocesta, železnica), upošteva obdobje pred izvedbo omilitvenih ukrepov in po njih ter dva ključna živalska taksona (parkljarji in zveri). Pomembnejše ugotovitev so bile: (i) večja umrljivost je bila registrirana na avtocesti v primerjavi z železnico; (ii) umrljivost parkljarjev (vapiti, los, mulasti jelen (*Odocoileus hemionus*), belorepi jelen (*Odocoileus virginianus*)) je bila vsaj desetkrat večja kot umrljivost medvedov, upošteva avtocesto in železnico skupaj; (iii) po uvedbi omilitvenih ukrepov se je skupna umrljivost (parkljarji + zveri) na avtocestah zmanjšala, vendar le za parkljarje; (iv) omilitveni ukrepi, izvedeni na vzporedni avtocesti, so povečali skupno umrljivost živali na železnici; slednje naj bi bila predvsem posledica povečane populacijske gostote vapatijev in manj vplivov omilitvenih ukrepov; (v) umrljivost medvedov se je na obeh prometnicah sčasoma povečala, a se je na odsekih z izvedenimi omilitvenimi ukrepi pomembno zmanjšala. Gilhooly in sod. (2019) torej niso potrdili, da je nastal premik lokacij povozov na železnici po izvedbi omilitvenih ukrepov na avtocesti. Poudarili so, da je pri vrednotenju podatkov o umrljivosti prostoživečih živali zaradi prometa, poleg gostote populacij, treba upoštevati še druge vplivne dejavnike: odnos plenilec – plen, vpliv urbanih okolij, prisotnost dodatnih prehranskih virov vzdolž železniških prog in v bližini naselij. Pomembno je tudi upoštevati, da je območje, kjer je potekala raziskava, eno najbolj obljudenih območij (z veliko turistov) v Severni Ameriki s stalno prisotnostjo grizljev (*ibid.*).

### Pregledni znanstveni članek

St. Clair in sod. (2020) so ovrednotili časovne in prostorske dejavnike, ki so vplivali na tveganje za trk z vlakovnimi kompozicijami na območju transpacifiške železnice, ki poteka skozi nacionalna parka v Kanadi (Banff in Yoho). V analizo so vključili 646 trkov enajstih vrst sesalcev v treh skupinah (medvedi, ostale zveri, parkljarji), registriranih v obdobju 24 let (1995–2018). Ugotovili so, da je v vseh skupinah velikih sesalcev tveganje za trk neposredno povezano s hitrostjo vlaka, značilnostmi železniške infrastrukture oz. njene umeščenosti v prostor in bližino naravnih barier (npr. vodotokov). Posebno problematični so nepregledni odseki proge, ki vplivajo na pravočasno zaznavo prihoda vlaka, medtem ko vodotoki na zmanjšanje možnosti pobega. Na umrljivost so v nekoliko manjši meri vplivali tudi nekateri drugi dejavniki, npr. pokritost oz. zaraščenost terena (grmovnice), reliefne značilnosti in bližina cest. Največjo umrljivost parkljarjev in preostalih zveri so opazili pozimi, pozno spomladi pa umrljivost medvedov (St. Clair in sod., 2020).

#### 6.4 Umrljivost ptic zaradi trkov z vlaki in železniško infrastrukturo

V preteklosti je bila poleg velikih sesalcev precejšnja pozornost namenjena raziskavam umrljivosti ptic v železniškem prometu. Umrljivost ptic zaradi trkov z vlaki oz. železniško infrastrukturo znaša od 11 % (ZDA) do 55 % (Španija) oziroma celo 57 % (Nizozemska) umrljivosti vseh taksonomskih skupin vretenčarjev. Umrljivost ptic pa ni le posledica trkov z vlakovnimi kompozicijami; mnoge se namreč zaletijo tudi v električne drogove in žice (Santos in sod., 2017). Tudi električni drogovci, ki na vrhu niso pokriti, so past za ptice, ki v njih gnezdiijo, saj ne morejo izleteti (Malo in sod., 2016).

Na Nizozemskem je bila večina trkov s pticami registrirana z labodi (*Cygnus spp.*), gosmi in racami (družina Anatidae) ter liskami (*Fulica*

spp.), nekaj pa tudi z ujedami in sovami. V Španiji (Guadarrama) so dve leti spremljali umrljivost ptic na 8 km dolgem odseku železniške proge. Najpogostejša žrtev trka je bila lesna sova (*Strix aluco*: 18 %), nato črna vrana (*Corvus corone*: 16 %) in čuk (*Athene noctua*: 10 %). Umrljivost je bila največja poleti (46 % zabeleženih primerov), mnogo manjša pa pozimi in spomladi (13 % oziroma 16 %) (Pena in Llama, 1997). Tudi v drugi raziskavi, opravljeni v Španiji (SVC, 1996), so bile najpogostejše žrtve trkov sove. Ocenili so, da jih luči vlakov zaslepijo in zato izgubijo orientacijo; posledica je trk z vlakom. Ujede so pogoste žrtve zaradi iskanje hrane/plena v okolici oz. na železniških progah (ostanki povoženih živali, raztresena žita itn.), kar jih usmeri v bližino vlakov. Nekatero vrsto ptic (npr. španska kotorna (*Alectoris rufa*), fazan) na železniških progah iščejo kamenčke, ki jih potrebujejo za učinkovito prebavljanje (mletje) hrane. Za majhne, izolirane populacije je tudi smrt samo nekaj osebkov pomemben dejavnik, ki lahko prizadene dolgoživost populacij. Še posebno so občutljive ujede in sove, čeprav so nekatere vrste splošno razširjene. Trki z vlaki so drugi najpomembnejši vzrok umrljivosti kanj (*Buteo buteo*) in postovk (*Falco tinnunculus*) na Nizozemskem. V Švici so trki velikih uharic (*Bubo bubo*) z vlaki in avtomobili tretji najpomembnejši vzrok umrljivosti te vrste (Santos in sod., 2017).

#### 6.5 Povozi dvoživk in plazilcev

Mnogo je podatkov o povozih dvoživk in plazilcev na cestah, mnogo manj pa za železnice. Če upoštevamo raziskave, ki so zajemale povoze različnih vrst vretenčarjev na železniških progah, je umrljivost dvoživk 47 % (ZDA) vseh zabeleženih povozov vretenčarjev, umrljivost plazilcev pa 4 % (Španija) oziroma 6 % (ZDA). Na Nizozemskem sploh ni registriranega povoza dvoživk ali plazilcev na železnicah. Na Poljskem so raziskovali umrljivost dvoživk na 34 km dolgem odseku železniške proge. Največ povoženih osebkov je bilo navadnih

krastač, sekulj (*Rana temporaria*) in zelenih žab (*Pelophylax* spp.), ki so tudi sicer najpogostejše predstavnice dvoživk v tej državi (Budzik in Budzik, 2014).

## 7 Zaključek

Na podlagi pregleda in sinteze literature, ki obravnava vplive železniške infrastrukture na prostoživeče živali (s poudarkom na parkljarjih in velikih zvereh oz. medvedih), lahko zaključimo oziroma navedemo naslednje usmeritve:

- poznavanje vplivov železniške infrastrukture na prostoživeče živali je pogosto spregledana tema tako globalno kot tudi v nacionalnem raziskovalnem prostoru zaradi pomanjkanja tovrstnih raziskav. Pričujoči članek pomeni eno prvih predstavitev tovrstne problematike v slovenskem raziskovalnem prostoru in je lahko osnova za pravilno načrtovanje in uvedbo omilitvenih ukrepov za zmanjšanje bariernega učinka;
- med prepoznanimi vplivi železniške infrastrukture na prostoživeče živali, ki skupaj povzročajo velik barierni učinek, je pomemben dejavnik umrljivost parkljarjev in zveri (zlasti medvedov) zaradi trkov z vlaki. Pozornost je treba usmeriti k boljšemu ocenjevanju in registraciji povozov, saj je registracija trkov pogosto problematična in nezanesljiva. Hkrati je treba raziskave trkov oziroma vplivov na umrljivost živali usmeriti k večjemu številu vrst prostoživečih živali;
- umrljivost velikih sesalcev (zlasti parkljarjev) zaradi trkov z vlaki se v zadnjih desetletjih marsikje v Evropi veča (npr. Švedska, Norveška, Madžarska, Češka); posledično so se raziskave usmerjale v prepoznavo območij z gostotev povozov (črne točke; angl. »hot spots«) in v analize vedenja velikih sesalcev ob prečkanju železniških prog oziroma zadrževanju ob njih. Tovrstno znanje lahko prispeva k izboru

primernih ukrepov za zmanjšanje povozov na območju železniške infrastrukture.

## 8 Povzetek

Železniški promet ponovno postaja vodilni globalni kopenski transportni sistem. Praviloma je ekonomsko in okoljsko sprejemljivejši od drugih vrst transporta, vendar tudi železniški promet in infrastruktura povzročata različne okoljske težave, ki jih ne smemo prezreti. Med njimi je zelo pomemben vpliv na prostoživeče živali in biotsko raznovrstnost. Železniška infrastruktura negativno vpliva na prostoživeče živali predvsem zaradi t. i. bariernega učinka (učinka ovir oz. pregrad). Prepoznani so štirje osnovni tipi vplivov železniške infrastrukture na prostoživeče živali, ki skupaj povzročajo velik barierni učinek: (i) fizične in vedenjske ovire; (ii) motnje zaradi hrupa, vibracij, onesnaženja in prisotnosti ljudi; (iii) izguba, sprememba in drobljenje (fragmentacija) habitatov in (iv) povečana umrljivost zaradi trkov živali z vlaki. Navedeni vplivi so pogosto prepleteni in jih med seboj težko ločimo; zaradi sinergističnih učinkov posameznih dejavnikov je lahko skupen negativen vpliv na prostoživeče živali še večji.

Med predstavljenimi vplivi smo se osredotočili na trke vlakov z večjimi vrstami sesalcev, ki so pomemben dejavnik umrljivosti parkljarjev in zveri (zlasti medvedov). V zadnjem obdobju se število trkov povečuje zaradi povečane intenzivnosti železniškega prometa in posodobitve železnic, saj so vlaki so vse tišji in manj robustni ter zato za živali manj opazni. Posledično so trki z večjimi vrstami sesalcev bolj moteči tudi za ljudi (povzročena škoda; zamude v prometu). Kljub vedno večjemu železniškemu prometu in posledično pričakovanemu večanju števila trkov živali z vlaki, pa je tovrstni vpliv na populacije večjih vrst prostoživečih živali slabo raziskan; večinoma so raziskave usmerjene le na posamične ogrožene vrste v Evropi, Severni Ameriki in Indiji. Izjema so sistematične raziskave trkov

večjih vrst sesalcev (zlasti medvedov in parkljarjev) z vlaki na goratem in gozdnatem območju kanadskih narodnih parkov Banff in Yoho, ki so potekale na podlagi uporabe obsežne podatkovne baze registriranih trkov v zadnjih štirih desetletjih.

Vlaki povzročajo veliko umrljivost med nekaterimi skupinami živali (npr. parkljarji, medvedi), čeprav je železniški promet v primerjavi s cestnim manj intenziven, vlaki so večji, bolj hrupni in večinoma dosegajo zmerne hitrosti. Zagotovo je treba upoštevati tudi dejstvo, da vlaki (tudi tovorni) včasih dosegajo velike hitrosti (do 200 km/h) in da se praviloma vlakovne kompozicije ne morejo pravočasno ustaviti, četudi strojevodja opazi žival na železniških tirih. V nekaterih raziskavah so tako ugotovili, da je število trkov z medvedi (Montana, ZDA; Italija) in losi (Aljaska in Minnesota v ZDA) na železnici večje kot na cestah.

V prispevku smo navedli tudi ugotovitve poglobljene raziskave trkov večjih sesalcev z vlaki kanadske transpacifiške železnice v obdobju 24 let (1995–2018), ki so pomembne za razumevanje dejavnikov, ki vplivajo na prostorsko in časovno razporeditev trkov vzdolž železniške proge. Raziskava je pokazala, da so tveganja za trk s parkljarji, medvedi in drugimi zvermi neposredno povezana s hitrostjo vlaka, značilnostmi železniške infrastrukture oz. njene umeščenosti v prostor in z bližino rek. Posebno problematični so nepregledni odseki proge, ki onemogočajo pravočasno zaznavo vlaka, medtem ko bližina rek zmanjšanje možnosti pobega živali. Na umrljivost so v nekoliko manjši meri vplivali tudi nekateri drugi dejavniki, npr. pokritost oz. zaraščenost terena z grmovnicami, reliefne značilnosti in bližina cest. Največjo umrljivost parkljarjev in preostalih zveri je bilo opaziti pozimi; največ trkov medvedov pa je bilo pozno spomladi (St. Clair in sod., 2020).

Predstavljeni pregled raziskav o vplivih železnice na živali s poudarkom na trkih večjih sesalcev z vlaki je lahko osnova za pravilno načrtovanje in

umeščenje omilitvenih ukrepov za zmanjšanje bariernega učinka in povečanje ekološke povezljivosti prostora.

## 9 Summary

*Rail transportation is once again emerging as the leading global land transport system. It is generally considered more environmentally and economically friendly than other types of transport; however, railways also cause a range of environmental problems, which should not be ignored. Among them, the impact on wildlife and biodiversity is very significant. Railways have a negative impact on wildlife, mainly because of the so-called barrier effect. The following broad types of impacts, causing a barrier effect, are identified: (i) physical and behavioural barriers; (ii) disturbance from traffic noise, vibration, chemical pollution and human presence; (iii) habitat loss and fragmentation, and (iv) increased mortality due to animal collisions with trains. The various sources of railway barrier effects are often closely related and it is difficult to separate them; due to the synergistic effects of individual factors, the overall negative impact on wildlife can be even greater.*

*In a review article, we addressed collisions of trains with large mammals, which contribute significantly to the mortality of ungulates and bears. In recent years, the number of collisions has been increasing due to the increased intensity of rail traffic and the modernisation of railways, as trains are becoming quieter and less robust and therefore less noticeable to animals. As a result, collisions with large mammals are also more disruptive to humans (damage and traffic delays). Despite the fact that railway transport is gaining in importance and scope, this type of impact on the populations of larger wildlife species has been poorly researched; for the most part, research is focused only on individual endangered species in Europe, North America and India. An exception is the systematic research on collisions of larger mammal species (especially bears and ungulates) with trains in the*

*mountainous and forested area of the Banff and Yoho National Parks, which are located in the Canadian Rockies. Studies were performed with the use of a complex database regarding the registration of collisions in the last four decades.*

*The mortality of mammals (e.g., ungulates and bears) due to train collisions can be of considerable importance, despite the fact that trains are less frequent, noisier; larger and, most of the time, travel at low to medium speed. However, even freight trains can sometimes reach speeds close to 200 km/h and cannot stop in time, even if the driver notices animals on the railway tracks. The number of dead bears and moose along the railway is often higher than road mortality.*

*An in-depth analysis of collisions of large mammals with trains of the Canadian Trans-Pacific Railway, over 24 years (1995-2018), showed that the mortality risk increased for ungulates, bears and other carnivores with the maximum train speed and higher track curvature, as well as the closer proximity of water. The mortality risk was also correlated, but more varied, with shrub cover, topographic complexity or the availability of food sources (berries, ferns and bulk grains), as well as the proximity to roads. The highest mortality of ungulates and other carnivores was observed in the winter, as well as in late spring for bears (St. Clair et al., 2020).*

*The presented review of research on collisions of larger species of wild animals with trains can be a basis for the proper planning and implementation of mitigation measures to reduce the barrier effect and increase the ecological connectivity of the area.*

## 10 Zahvala

Pregled vplivov železniške infrastrukture na prostoživeče živali smo deloma opravili v sklopu projektne naloge Strokovne podlage za izdelavo navodil in tehničnih specifikacij za zagotovitev migracijskih koridorjev živali na območju železniške infrastrukture, ki jo je financirala Direkcija RS za infrastrukturo (DRSI). Financer je pokazal hvalevredno zanimanje za reševanje tovrstne problematike in se mu na tem mestu zahvaljujemo.

## 11 Viri in literatura

Al Sayegh Petkovšek, S., Kotnik, K., Bužan, E., Pokorny, B. 2019. Strokovne podlage za zagotovitev ustreznih migracijskih koridorjev velikih zveri in drugih vrst velikih sesalcev na AC odseku Vrhnika–Postojna. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja, 78 str.

Al Sayegh Petkovšek, S., Klemen, K., Pokorny, B. 2020. Strokovne podlage za izdelavo navodil in tehničnih specifikacij za zagotovitev migracijskih koridorjev živali na območju železniške infrastrukture. Velenje: Visoka šola za varstvo okolja, 210 str.

Al Sayegh Petkovšek, S., Pokorny, B., Pavšek, Z., Jerina, K., Krofel, M., Ličina, T. 2015. Action plan for the implementation of mitigation measures for reducing road mortality of brown bear in Slovenia. Action plan prepared within A.4 action of the LIFE DINALP BEAR (LIFE13 NAT/SI/000550). Velenje: ERICo, 40 str.

Backs, J. A. J., Nychka, J. A., St. Clair, C. C. 2022. Low audibility of trains may contribute to increased collisions with wildlife. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13: 100516, 16 str.

Backs, J. A. J., Nychka, J. A., St. Clair, C. C. 2017. Warning systems triggered by trains could reduce collisions with wildlife. *Ecological Engineering*, 106: 563–569.

Barrientos, R., Borda-de-Agna, L. 2017. Railways as Barriers for Wildlife: Current Knowledge. In: Borda-de-Agna, L., Rafael Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H. M. (eds). *Railway ecology*. Switzerland: Springer International Publishing AG: 43–64.

Bertch, B., Gibeau, M. 2009. Grizzly bear monitoring in the Mountain National Parks: Mortalities and bear/human encounters 1999–2008. Second Annual Report. Canada: Mountain National Parks.

*Pregledni znanstveni članek*

- Bhattacharya, M., Primack, R. B., Gerwein, J. 2003. Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area? *Biological Conservation*, 109: 37–45.
- Borda-de-Água, L., Barrientos, R., Beja, P., Pereira, M. 2017. *Railway Ecology*. In: Borda-de-Água, L., Rafael Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H. M. (eds). *Railway ecology*. Switzerland: Springer International Publishing AG: 3–10.
- Boscagli, G. 1987. Brown bear mortality in central Italy from 1970 to 1984. *Bears: Their Biology and Management*, Vol. 7, A Selection of Papers from the Seventh International Conference on Bear Research and Management, Williamsburg, Virginia, USA, and Plitvice Lakes, Yugoslavia, February and March 1986. (1987), pp. 97–98.
- Budzig, K. A., Budzig, K. M. 2014. A preliminary report of amphibian mortality patterns on railways. *Acta Herpetologica*, 9 (1): 103–107.
- Burley, B. 2015. Determinants of risk in bear-train interactions. Master's Thesis. Canada, Alberta, Calgary: University of Calgary.
- Carvalho, F., Santos, S. M., Mira, A., Lourenço, R. 2017. Methods to Monitor and Mitigate Wildlife Mortality in Railways. In: Borda-de-Água, L., Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H. M. (eds). *Railway ecology*. Switzerland: Springer International Publishing AG: 23–42.
- Cerboncini, R. A. S., Roper, J. J., Passos, F. C. 2016. Edge effects without habitat fragmentation? Small mammals and a railway in the Atlantic forest of southern Brazil. *Oryx*, 50: 460–467.
- Child, K. 1983. Railways and moose in the central interior of BC: A recurrent management problem. *Alces*, 19, 118–135.
- Cserkés, T., Farkas, J. 2015. Annual trends in the number of wildlife-vehicle collisions on the main linear transport corridors (highway and railway) of Hungary. *North-Western Journal of Zoology*, 11: 41–50.
- Dickie, M., Serrouya, R., Boutin, S. A. 2017. Faster and farther: wolf movement on linear features and implications for hunting behaviour. *Journal of Applied Ecology*, 54: 253–263.
- Dorsey, B., Olsson, M., Rew, L. J. 2015. Ecological effects of railways on wildlife. In Van der Ree, R., Smith, D. J., Grilo, C. (Eds.), *Handbook of road ecology*. West Sussex, Wiley: 219–227.
- Dorsey, B. P., Clevenger, A., Rew L. J. 2017. Relative risk and variables associated with bear and ungulate mortalities along a railroad in the Canadian Rocky Mountains. In: Borda-de-Água, L., Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H. M. (eds). *Railway ecology*. Switzerland: Springer International Publishing AG: 135–154.
- Dulac, M. 2013. Global and land transport infrastructure requirements: Estimating road and railway infrastructure capacity and copsts to 2050. International Energy Agency: 1–45.
- Eriksson, C. 2014. Does tree removal along railroads in Sweden influence the risk of train accidents with moose and roe deer? Dissertation, Second cycle, A2E. Grimsö och Uppsala: SLU, Dept. of Ecology, Grimsö Wildlife.
- Gangatharan A., Pollock S., Gilhooly P., Friesen A., Dorsey B, St. Clair C.C. 2017. Grain spilled moving trains create a substantial wildlife attractant in protected area. *Animal Conservation*, 20: 391–400.
- Gibeau, M. L., Herrero, S. 1998. Roads, rails and grizzly bears in the Bow River Valley, Alberta. In Evink G. L., Garrett, P., Zeigler, D., Berry J. (edit.). *Proceeding of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation (ICOET)*, Fort Myers, Florida, USA. Federal Highway Administration, Washington, D.C., USA; pp. 104–108.
- Gilhooly, P. S., Nielsen, S. E., Whittington, J., St. Clair C. C. 2019. Wildlife mortality on roads and railways following highway mitigation. *Ecosphere*, 10 (2): 1–12.
- Gundersen, H., Andreassen, H. P., Storaas T. 1998. Spatial and temporal correlates to Norwegian moose-train collisions. *Alces*, 34: 385–394.
- Heske, E. J. 2015. Blood on tracks: Track mortality and scavenging rate in urban nature preserves. *Urban Naturalist*, 4: 1–13.
- Hopkins, J. B., Whittington, J., Clevenger, A. P., Sawaya, M. A., St. Clair C. C. 2014. Stable isotopes reveal rail-associated behavior in a threatened carnivore. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 50: 322–331.
- Huber, Đ., Kusak, J., Frković, A. 1998. Traffic kills of brown bears in Gorski Kotar, Croatia. *Ursus*, 10: 167–171.
- Huggard, D. J. 1993. Prey selectivity of wolves in Banff National Park. II. Age, sex and condition of elk. *Canadian Journal of Zoology*, 71: 140–147.
- Iosif, R. 2012. Railroad-associated mortality hot spots for a population of Romanian Hermann's tortoise (*Testudo hermanni boettgeri*): A gravity model for railroad-segment analysis. *Procedia Environmental Sciences*, 14: 123–131.

*Pregledni znanstveni članek*

- Ito, T. Y., Lhagvasuren, B., Tsunekawa, A., Shinoda, M., Takatsuk, S., Buuveibaata, B., et al. 2013. Fragmentation of the habitat of wild ungulates by anthropogenic barriers in Mongolia. *PLoS ONE*, 8, e56995.
- Iuel, B., Bekke, G. J., Cuperu, R., Dufe, J., Fr, G., Hick, C., Hlavá, V., Kelle, V., B., Rosel, C., Sangwin, T., Tørsløv, N., Wandall, B., le Maire, B. (Eds.) 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. COST 341.*
- Jaren, V., Andersen, R., Ulleberg, M., Pedersen, P., Wiseth, B. 1991. Moose-train collisions: The effects of vegetation removal with a cost-benefit analysis. *Alces*, 27: 93–99.
- Kaczensky P., Knauer F., Krze, B., Jonozovic M., Adamic, M., Gossow H. 2003. The impact of high speed, high volume traffic axes on brown bears in Slovenia. *Biological Conservation*, 111, 191–204.
- Kalarus, K., Bąkowski, M. 2015. Railway tracks can have great value for butterflies as a new alternative habitat. *Italian Journal of Zoology*, 82: 565–572.
- Kornilev, Y., Price, S., Dorcas, M. 2006. Between a rock and a hard place: Responses of eastern box turtles (*Terrapene carolina*) when trapped between railroad tracks. *Herpetological Reviews*, 37: 145–148.
- Krofel, M., Al Sayegh Petkovešek, S., Huber, Đ., Jonozovič, M., Ličina, T., Pokorny, B., Pavšek Z., Rejić, S., Stergar, M., Klemen J. 2015. Povozi medvedov na cestah in železnicah; analiza umrljivosti in akcijski načrt za preprečevanje povozov. *Lovec*, XCVIII, št. 12.
- Kusak, J., Huber, D., Frković, A. 2000. The effects of traffic on large carnivore populations in Croatia. *Biosphere Conservation*, 3(1): 35–39.
- Kušta, T., Holá, M., Keken, Z., Ježek, M., Zika, T., Hart, V. 2014. Deer on the railway line: Spatiotemporal trends in mortality patterns of roe deer. *Turkish Journal of Zoology*, 38, 479–485.
- Kušta, T., Ježek, M., Keken Z. 2011. Mortality of large mammals on railway traks. *Scientia Agriculturae Bohemia*, 42(1): 12–18.
- Latham, A. D., Latham, M. C., Boyce, M. S., Boutin, S. 2011. Movement responses by wolves to industrial linear features and their effect on woodland caribou in northeastern Alberta. *Ecological Applications*, 21: 2854–2865.
- Malo, J. E., Garcia de la Morena, E. L., Hervas I., Mata, C., Herranz, J. 2016. Uncapped tubular poles along high-speed railway lines act as pitfall traps for cavity nesting birds. *European Journal of Wildlife Research*, 62: 483–489.
- Mattson D. J. 2019. Effects of Trains and Railways on Grizzly Bears. The Grizzly Bear Recovery Project. Report BGRP-2019-1.
- Modafferi, R. D., Becker E. F. 1997. Survival of radiocollared adult moose in lower Susitna river valley, southcentral Alaska. *Journal of Wildlife Management*, 61: 540–549.
- Morelli, F., Beim, M., Jerzak, L., Jones, D., Tryjanowski, P. 2014. Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? A review. *Transportation Research Part D*, 30, 21–31.
- Nezval, V., Bil, M. 2020. Spatial analyses of wild-train collisions on the Czech rail network. *Applied Geography*, 125: 102304, 7 str.
- Olson, K. A. 2013. Saiga crossing options: Guidelines and wildlife recommendations to mitigate barrier effects of border fencing and railroad corridors on saiga antelope in Kazakhstan. *Smithsonian Conservation Biology Institute.*
- Olson, K. A., van der Ree R., 2015. Railways, roads and fences across Kazakhstan and Mongolia threaten the survival of wide-ranging wildlife. In van der Ree, R., Smith, D. J., Grilo, C. (Eds.), *Handbook of road ecology.* West Sussex, Wiley: 472–478
- Oslis, 2022. Osrednji slovenski lovsko-informacijski sistem. <http://oslis.govdis.si>
- Paquet, P. C., Callahan, C. 1996. Effects of linear developments on winter movements of gray wolves in the Bow River Valley of Banff National Park, Alberta. In: Evink, G. L., Garrett, P., Zeigler, D., Berry, J. (Edit.). *Proceedings of the Florida Department of Transportation/ Federal Highway Administration Transportation-related Wildlife Mortality Seminar. Highways and movement of wildlife: improving habitat connections and wildlife passageways across transportation corridors, Orlando, Florida, USA. Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida, USA, pages 46–66.*
- Peña O.L., Llama O.P. 1997. Mortalidad de aves en un tramo de linea de ferrocarril. Grupo Local SEO-Sierra de Guadarrama, Spain: 32 pp.
- Penko Seidl, N., Bevk, T., Golobič, M., Jerina, K., Bordjan, D., Hudoklin J., Hočevar, I., Jenič, A. 2021. Opredelitev ekoloških koridorjev na ravni SI kot podpora načrtovanju prostorskega razvoja in upravljanje narave ter drugih virov – končno poročilo, dopolnjeno po pripombah naročnika. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 231 str.

*Pregledni znanstveni članek*

- Popp, J. N., Boyle, S. P. 2017. Railway ecology: Underrepresented in science? *Basic and Applied Ecology*, 19: 84–93.
- Pollock, S. Z., Nielsen, S. E., St. Clair, C. C. 2017. A railway increases the abundance and accelerates the phenology of bear-attracting plants in a forested, mountain park. *Ecosphere*, 8 (10): e01985.
- Pollock, S. Z., Whittington, J., Nielsen, S. E., St. Clair, C. C. 2019. Spatiotemporal railway use by grizzly bears in Canada's Rocky Mountains. *Tje Journal of Wildlife Management*, 83 (8): 1787–1799.
- Potočnik, H., Al Sayegh Petkovšek, S., De Angelis, D., Huber, Đ., Jerina, K., Kusak, J., Mavec, M., Pokorny, B., Reljić, S., Rodriguez Recio, M., Skrbinšek, T., Vivoda, B., Jelenko Turinek, I. 2019. Priročnik za vključevanje povegljivosti in primernosti prostora za medveda v prostorsko načrtovanje. *Life Dinalp Bear*, Ljubljana: 66 str.
- Roy, M., Sukumar, R. 2017. Railways and Wildlife: A case study of Train-Elephant Collisions in Northern West Bengal, India. In: Borda-de-Água, L., Rafael Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H.M. (eds). *Railway ecology. Switzerland: Springer International Publishing AG: 157–178.*
- S.C.V., 1996. Mortalidad de vertebrados en líneas de ferrocarril. Documentos Técnicos de Conservación SCV 1, Sociedad Conservación Vertebrados, Madrid.
- Santos, S. M., Carvalho, F., Mira, A. 2017. Current Knowledge on Wildlife Mortality in Railways. In: Borda-de-Água, L., Rafael Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H.M. (eds). *Railway ecology. Switzerland: Springer International Publishing AG: 11–22.*
- Seiler, A., Olsson, M. 2015. Cost-benefit of wildlife mitigation measures on roads. In Swedish: Viltåtgärder på väg - en lönsamhetsbedömning (Vol. 94). Uppsala, Triekol report, CBM Publications. <http://www.TRIEKOL.se>
- Seiler, A., Olsson, M. 2017. Wildlife Deterrent Methods for Railways—An Experimental Study. In: Borda-de-Água, L., Rafael Barrientos, R., Beja, P., Pereira, H.M. (eds). *Railway ecology. Switzerland: Springer International Publishing AG: 277–291.*
- Seiler, A., Olsson, M., Helldin, J. O., Norin, H. 2011. Ungulate-train collisions in Sweden (In Swedish with English summary: Klövviltolyckor på järnväg - kunskapsläge, problemanalys och åtgärdsförslag). Vol. 2011, pp. 058. Borlänge: Trafikverket Publikation.
- Seiler, A., Söderström, P., Olsson, M., Sjölund, A. 2014. Costs and effects of deer-train collisions in Sweden. Paper presented at the IENE 2014 International Conference on Ecology and Transportation, Malmö, Sweden.
- St. Clair, C. C., Whittington, J., Forshner, A., Gangadharan, A., Laskin, D. N. 2020. Railway mortality for several mammal species increases with train speed, proximity to water, and track curvature. *Scientific Reports*, 10 (1): 20476.
- Van der Grift, E. A. 1999. Mammals and railroads: Impacts and management implications. *Lutra*, 42, 77–98.
- Vandeveldel, J. C., Penone, C., Julliard, R. 2012. High-speed railways are not barriers to *Pyronia tithonus* butterfly movements. *Journal of Insect Conservation*, 16: 801–803.
- Vivoda, B., Matković, T., Huber, Đ., Rejić, S., Jelenko Turinek, I. 2015. Action plan for the implementation of mitigation measures for reducing road mortality of brown bear in Slovenia. Action plan prepared within A.4 action of the LIFE DINALP BEAR (LIFE13 NAT/SI/000550).
- Vo, P. T., Ngo, H. H., Guo, W., Zhou, J. L., Listowski, A. Du, B., et al. 2015. Stormwater quality management in rail transportation—Past, present and future. *Science of the Total Environment*, 512: 353–363.
- Waterman, E., Tulp, I., Reijnen, R., Krijgsveld, K., Braak, C. 2002. Disturbance of meadow birds by railway noise in The Netherlands. *Geluid*, 1, 2–3.
- Wells, P., Woods, J. G., Bridgewater, G., Morrison, H. 1999. Wildlife mortalities on railways: Monitoring methods and mitigation strategies. Revelstoke, British Columbia. Unpublished report.
- Whittington, J., Hebblewhite, M., DeCesare, N. J., Neufeld, L., Bradley, M., Wilmshurst, J., et al. 2011. Caribou encounters with wolves increase near roads and trails: A time-to-event approach. *Journal of Applied Ecology*, 48, 1535–1542.
- Wiacek, J., Polak, M., Filipiuk, M., Kucharczyk, M., Bohatkiewicz, J. 2015. Do birds avoid railroads as has been found for roads? *Environmental Management*, 56: 643–652.
- Yang, Q., Xia, L. 2008. Tibetan wildlife is getting used to the railway. *Nature*, 452: 810–811.