

KAROLINA D. JASIŃSKA, SZYMON BIJAK, KENNETH N. CHILD, ROY V. REA

Wzorce czasowe kolizji łośi z pociągami na terenie Kolumbii Brytyjskiej i ich wpływ na metody zapobiegające takim zdarzeniom

Temporal patterns of moose-train collisions in British Columbia
– implications for mitigation

ABSTRACT

Jasińska K. D., Bijak S., Child K. N., Rea R. V. 2020. Wzorce czasowe kolizji łośi z pociągami na terenie Kolumbii Brytyjskiej i ich wpływ na metody zapobiegające takim zdarzeniom. Sylwan 164 (1): 32-40. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019135>.

Where train tracks bisect moose habitat, trains may collide with moose, impacting the local population and creating a safety concern for rail traffic. Understanding the patterns underlying these collisions, is critical for helping managers choose the right mitigation methods to reduce mortality on railways. Our objective was to analyze the long-term temporal patterns of moose-train collisions. We used data on moose-train collisions from British Columbia (Canada) obtained from Canadian National Railways and British Columbia Rail Corporation. We analysed data from collision events that occurred between 1990 and 2010, excluding 1995-1996 for which there were no data. A total number of days, when moose-train collisions occurred (LD), and a total number of moose killed from collisions (LK) were calculated in annual, seasonal and monthly resolutions. We also investigated distribution of these data for day of the week. We used χ^2 and Mann-Kendall tests to investigate whether LD or LK changed over time and Pearson correlation coefficient to relate these trends to the annual moose harvest in the analysed period. The number of days in which moose-train collisions occurred varied by year and by time of year. LD occurred most often in winter and least often in summer, with the highest number being recorded in February and the lowest in July. There were no significant differences in the number of moose-train collisions on various days of the week. We found no significant trends in LD for seasons, months (except for November) and weekdays for the period under investigation. In general, LK revealed a temporal pattern as LD, however number of killed moose was significantly lower on Fridays and Saturdays comparing to other week days. Because moose-train collision patterns did not change significantly between years, we assume that the temporal patterns exhibited in our study likely hold true from year to year and can be used to inform managers considering mitigation measures aimed at reducing moose-train collisions.

KEY WORDS

Alces alces, temporal pattern, season, month, weekdays, wildlife-train collisions

ADDRESSES

Karolina D. Jasińska ⁽¹⁾ – e-mail: karolina.jasinska@wl.sggw.pl

Szymon Bijak ⁽²⁾ – e-mail: szymon.bijak@wl.sggw.pl

Kenneth N. Child ⁽³⁾ – e-mail: kchild@shaw.ca

Roy V. Rea ⁽⁴⁾ – e-mail: Roy.Rea@unbc.ca

(1) Samodzielny Zakład Zoologii Leśnej i Łowiectwa, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

(2) Zakład Dendrometrii i Produkcyności Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

(3) 6372 Cornell Place, Prince George, British Columbia, V2N 2N7

(4) Natural Resources and Environmental Studies Institute, University of Northern British Columbia; 3333 University Way, Prince George, British Columbia, Canada V2N 4Z9

Wstęp

Drogi i tory kolejowe mają negatywny wpływ na środowisko naturalne, m.in. poprzez fragmentację środowiska czy emisję zanieczyszczeń [Trombulak, Frissell 2000]. Jednak najczęściej wymienianym efektem budowy i użytkowania szlaków transportowych są kolizje zwierząt z pojazdami. Drogi i tory kolejowe przecinają areale i szlaki migracyjne ssaków [Di Giulio i in. 2009; Ito i in. 2013], przez co zwierzęta są zmuszone do ich przekraczania w czasie dobowych wędrówek na zerowiska, rui oraz dyspersji młodych osobników [Belant 1995; Bolger i in. 2008; Joshi i in. 2009].

Badania dotyczące kolizji zwierząt z pociągami były prowadzone w odniesieniu do różnych grup ssaków, takich jak małe, średnie i duże drapieżniki czy ssaki kopytne [Seiler 2005; Grilo i in. 2009; Pollock i in. 2019]. Dla bezpieczeństwa pasażerów szczególnie istotne są kolizje, w których biorą udział duże ssaki kopytne, ponieważ wypadki z ich udziałem powodują uszkodzenia pojazdów, opóźnienia pociągów, śmierć zwierząt, obrażenia ciała pasażerów, a nawet ich śmierć [Child, Stuart 1987; Andersen i in. 1991; Conover i in. 1995; Groot Bruinderink, Hazebroek 1996]. Szacuje się, że liczba kolizji z ssakami kopytnymi sięga w USA kilku milionów [Conover i in. 1995; Hedlund i in. 2004], a w Europie 500 tys. przypadków rocznie [Groot Bruinderink, Hazebroek 1996].

Istnieje wiele metod ograniczania kolizji zwierząt kopytnych z pojazdami, np. grodzenie poboczy dróg i torów kolejowych, wykaszanie roślinności czy wykorzystywanie urządzeń akustycznych i świetlnych [Rea i in. 2010; Jasińska i in. 2014; Babińska-Werka i in. 2015; Seiler, Olsson 2017]. Jednak żeby właściwie dobrać metody ograniczające występowanie kolizji, ważne jest poznanie czynników, które wpływają na ryzyko ich wystąpienia. Dotychczasowe badania dotyczące kolizji zwierząt z pojazdami wykazały, że ryzyko ich wystąpienia jest determinowane przez natężenie ruchu i prędkość, z jaką poruszają się pojazdy [Seiler 2005; Steiner i in. 2014], wielkość populacji gatunku zaangażowanego w kolizje [Rolandsen i in. 2011], cechy środowiska w miejscu kolizji [Malo i in. 2004; Bartonička i in. 2018], strukturę i kompozycję otaczającego środowiska [Rea i in. 2010; Tanner, Leroux 2015] oraz warunki pogodowe [Modafferi 1991; Gundersen, Andreassen 1998].

Najczęściej kolizjom z pojazdami ulegają gatunki o największej liczebności na danym terenie. W Norwegii i na Alasce rejestruje się bardzo dużo kolizji pociągów z łośiami (*Alces alces*) [Child 1983; Child i in. 1991; Modafferi 1991]. W Polsce kolizje z pociągami dotyczą najczęściej saren (*Capreolus capreolus*) i dzików (*Sus scrofa*). Rejestrowane są także kolizje z łośiami, a ich liczba z roku na rok jest coraz większa [Krauze-Gryz i in. 2017]. Kolizje te notowane są szczególnie we wschodniej części kraju, gdzie sieć kolejowa jest mniej rozbudowana. Od kilku lat w Polsce modernizowane są istniejące linie kolejowe, ale planowana jest też budowa nowych, zwłaszcza na wschodzie kraju.

Dotychczasowe badania kolizji łośi z pociągami w Polsce wykazały pewną zmienność czasową [Krauze-Gryz i in. 2017] i terenową [Jasińska i in. 2019]. Ponieważ dane te dopiero od kilku lat są zbierane w systematyczny sposób, rodzi to pytanie, czy w obliczu rozbudowy linii kolejo-

wych w Polsce dane z 4 lat umożliwią wnioskowanie o czynnikach warunkujących kolizje łośi z pociągami i pozwolą na dopasowanie sposobów zapobiegania im.

Celem pracy była analiza zmienności czasowej kolizji łośi z pociągami w ujęciu długoterminowym. Sprawdzone, jak rozkład dni, w których wystąpiła kolizja, oraz liczba łośi zabitych w wyniku kolizji z pociągami zmieniają się w ujęciu rocznym, sezonowym, miesięcznym i tygodniowym.

Teren badań

Kolumbia Brytyjska jest jedną z prowincji Kanady, położoną w południowo-zachodniej części kraju. Obejmuje ona teren o powierzchni 948 600 km², charakteryzujący się dużym zróżnicowaniem rzeźby. Obszar ten cechuje się również znaczną różnorodnością warunków klimatycznych – od mających cechy klimatu śródziemnomorskiego wybrzeży po subarktyczne i alpejskie pasma Gór Skalistych czy Gór Nadbrzeżnych [Meidinger, Pojar 1991]. Większość Kolumbii Brytyjskiej zajmują lasy (około 60 milionów ha), stanowiące ostoję dużych ssaków. Spośród ssaków kopytnych występują tu w znacznej liczbie łoś, bizon (*Bison bison*), mulak czarnoogonowy (*Odocoileus hemionus*), mulak białoogonowy (*Odocoileus virginianus*), jeleni szlachetny (*Cervus elaphus*) oraz renifer (*Rangifer tarandus*) [Shackleton 1999]. Spośród dużych ssaków drapieżnych występują tam wilki (*Canis lupus*), niedźwiedzie grizzly (*Ursus arctos*), niedźwiedzie czarne (*Ursus americanus*) oraz pumy (*Puma concolor*) [Spalding, Lesowski 1971].

Materiał i metody

W pracy wykorzystano dane dotyczące śmiertelności łośi na torach kolejowych zarejestrowanych na terenie Kolumbii Brytyjskiej w latach 1990-2010. Dane zostały uzyskane od operujących w prowincji przedsiębiorstw kolejowych: Canadian National Railway (CNR) i British Columbia Rail Corporation (BCR). Linie obu przewoźników liczą łącznie 2265 km i biegną głównie z północy na południe przez największe miasta Kolumbii Brytyjskiej – Vancouver, Prince George, Fort Saint John i Fort Nelson. Dane dotyczące kolizji łośi z pociągami były zbierane raz dziennie na każdej linii kolejowej, kiedy liczono martwe łośie leżące na poboczu torów kolejowych. Uzyskane dane zawierały datę kolizji oraz jej lokalizację. Każdy rekord dotyczył pojedynczego osobnika. W analizach pominięto dane z lat 1996-1997, ponieważ były one niepełne.

W pracy analizowano liczbę łośi zabitych w wyniku kolizji z pociągami oraz liczbę dni, w czasie których doszło do takich kolizji. Rozkład liczby dni z kolizją i liczby zabitych łośi sprawdzono dla poszczególnych lat, sezonów (zima: XII-I, wiosna: III-V, lato: VI-VIII, jesień: IX-XI), miesięcy i dni tygodnia. Liczbę dni z kolizją oraz łośi zabitych w wyniku kolizji porównano z szacowanym rocznym pozyskaniem łowieckim tego gatunku na terenie Kolumbii Brytyjskiej [Kuzyk 2016].

Jednorodność rozkładu liczby dni z kolizją oraz liczby łośi zabitych podczas kolizji w ujęciu rocznym, pół roku, miesięcy i dni tygodnia oceniano za pomocą testu zgodności χ^2 . W celu oceny istotności zmian (trendu) tych parametrów dla analizowanych okresów zastosowano test Manna-Kendalla. Zależność między tymi cechami a rocznym pozyskaniem łowieckim określono na podstawie współczynnika korelacji Pearsona. We wszystkich analizach przyjęto poziom istotności statystycznej wynoszący 0,05. Obliczeń dokonano w pakiecie PAST 3.25 [Hammar i in. 2001].

Wyniki

W badanym okresie odnotowano w Kolumbii Brytyjskiej 979 dni, w których wystąpiły kolizje łośi z pociągami. Najwięcej takich dni (94) stwierdzono w 1999 roku, najmniej zaś (13) w roku 2008,

średnio $51,5 \pm 25,6$ (tab., ryc. 1). W przypadku 35% dni zarejestrowano więcej niż jednego zabitego łośia. Maksymalnie było to 16 zwierząt (15 lutego 1999 roku). Największy udział dni z więcej niż jednym zwierzęciem zabitym w czasie kolizji (67%) odnotowano w 1999 roku, natomiast najmniejszy (16%) w 2006 roku. Łączna liczba łośi zabitych przez pociągi w okresie badań wynosiła 1671 i wahała się od 23 w 2006 roku do 296 w 1999 roku, wynosząc średnio $87,9 \pm 63,1$ (tab.). Przeciętnie w czasie jednej kolizji ginęło od 1,2 (1993 rok) do 3,1 (1999 rok) zwierząt. Zarówno roczna liczba dni z kolizją, jak i sumaryczna liczba zabitych łośi cechowały się nieistotnym statystycznie trendem malejącym (odpowiednio $Z=0,735$; $p=0,462$ oraz $Z=0,420$; $p=0,674$). Obie te cechy pozostają również w nieistotnym związku z wielkością populacji opisaną rocznym pozyskaniem badanego gatunku (ryc. 1; odpowiednio $r=-0,004$; $p=0,988$ oraz $r=-0,270$; $p=0,263$). Uwagę zwraca znaczący spadek pozyskania łośi w 1999 roku, kiedy to odnotowano najwięcej kolizji i największą liczbę zwierząt zabitych przez pociągi.

Tabela.

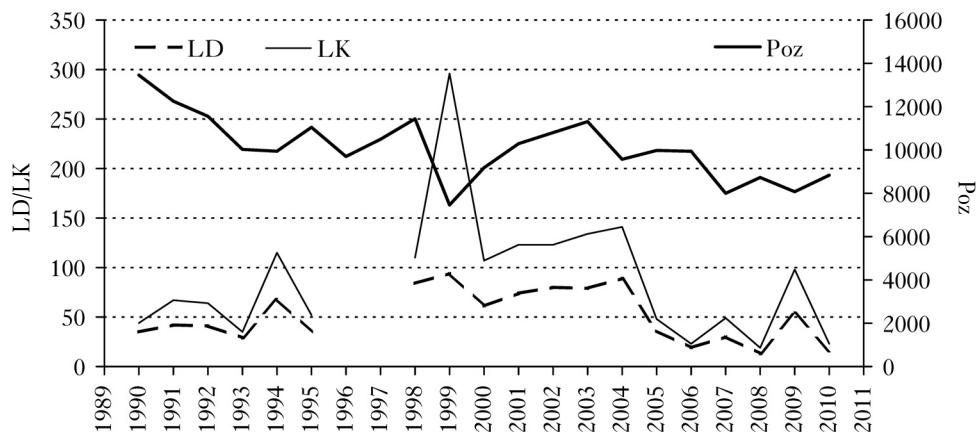
Średnia wraz z odchyleniem standardowym (M \pm SD), najmniejsza (min) i największa (max) liczba dni z kolizją (LD) oraz liczba zabitych łośi (LK) w ciągu roku (I-XII), w miesiącach zimowych (XII-II), wiosennych (III-V), letnich (VI-VIII) i jesiennych (IX-XI) oraz w poszczególnych miesiącach (I – styczeń, ..., XII – grudzień) i dniach tygodnia (1 – poniedziałek, ..., 7 – niedziela) w Kolumbii Brytyjskiej w latach 1990-2010*

Mean with standard deviation (M \pm SD) as well as minimum (min) and maximum (max) number of days with moose-train collision (LD) and number of moose killed by trains (LK) annually (I-XII), in winter (XII-II), spring (III-V), summer (VI-VIII) and autumn (IX-XI) months, as well as in individual months (I – January, ..., XII – December) and days of a week (1 – Monday, ..., 7 – Sunday) in British Columbia in years 1990-2010*

	LD			LK		
	M \pm SD	min	max	M \pm SD	min	max
I-XII	51,5 \pm 25,6	13	94	87,9 \pm 63,1	19	296
XII-II	30,1 \pm 14,3	7	58	61,2 \pm 49,3	10	237
III-V	12,5 \pm 7,6	3	30	16,5 \pm 11,8	4	51
VI-VIII	3,2 \pm 2,7	0	10	3,5 \pm 3,1	0	12
IX-XI	5,8 \pm 4,6	1	19	6,7 \pm 5,3	1	21
I	10,6 \pm 5,9	2	23	21,4 \pm 18,0	2	71
II	11,1 \pm 6,6	2	27	26,8 \pm 32,3	2	151
III	6,8 \pm 5,4	0	20	9,7 \pm 9,1	0	37
IV	4,1 \pm 1,8	1	8	5,1 \pm 2,2	1	9
V	1,5 \pm 1,7	0	6	1,7 \pm 2,0	0	7
VI	1,1 \pm 1,1	0	4	1,3 \pm 1,6	0	6
VII	0,8 \pm 0,8	0	2	0,8 \pm 0,8	0	2
VIII	1,3 \pm 1,5	0	4	1,3 \pm 1,6	0	4
IX	1,4 \pm 1,6	0	5	1,4 \pm 1,6	0	5
X	2,2 \pm 2,1	0	8	2,5 \pm 2,4	0	8
XI	2,3 \pm 1,8	0	6	2,8 \pm 2,4	0	8
XII	8,3 \pm 5,6	0	20	13,0 \pm 11,2	0	37
1	7,9 \pm 4,3	1	15	14,9 \pm 11,4	1	48
2	6,9 \pm 4,2	1	15	12,4 \pm 11,1	1	50
3	8,6 \pm 4,6	2	18	14,1 \pm 11,1	2	44
4	8,0 \pm 4,4	1	18	12,8 \pm 9,3	1	40
5	6,5 \pm 3,0	2	13	9,5 \pm 5,3	4	23
6	6,2 \pm 3,3	1	14	10,8 \pm 7,6	2	36
7	8,2 \pm 5,5	1	19	14,9 \pm 13,5	1	58

* z wyłączeniem lat 1996 i 1997

* excluding 1996 and 1997



Ryc. 1.

Roczna liczba dni z kolizją (LD), liczba łosi zabitych w czasie kolizji (LK) oraz pozyskanie łosi (Poz [szt.]) w Kolumbii Brytyjskiej w latach 1990-2010

Number of days with moose-train collision (LD), number of moose killed by trains (LK) and annual harvest of this species (Poz [individuals]) in British Columbia, Canada in years 1990-2010

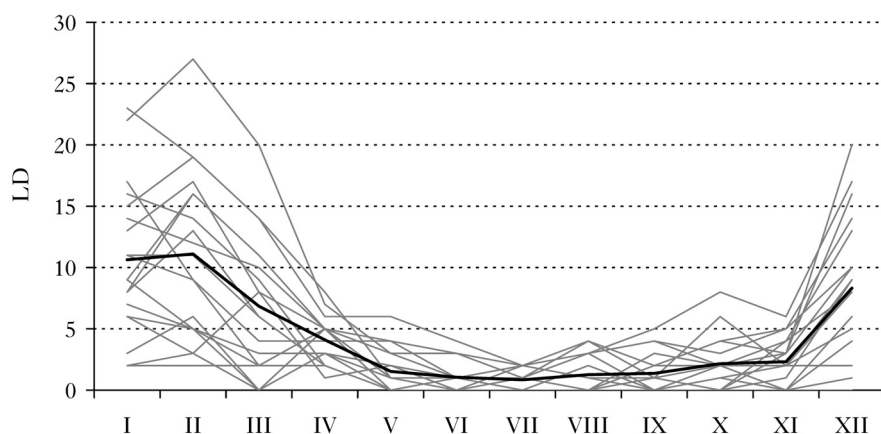
brak danych o kolizjach za lata 1996-1997

no data on moose-train collisions for years 1996-1997

Liczba dni z kolizją w poszczególnych porach roku różniła się istotnie ($\chi^2=647,68$; $p<0,001$) i układ ten był zróżnicowany w poszczególnych latach badań ($\chi^2=72,93$, $p=0,044$). Zdecydowanie najwięcej takich dni (58%) przypadało na miesiące zimowe, a ich udział w sumie rocznej w poszczególnych latach wahał się od 49% (lata 1990 i 2002) do 71% (lata 1991 i 1995). Najmniej dni z kolizją przypadało na miesiące letnie (6%). Udział tego okresu w rocznej liczbie dni z kolizją zmieniał się od 0 do 13%. Nie stwierdzono istotnego trendu zmian sezonowej liczby dni z kolizją w badanym okresie. Analogiczną sytuację stwierdzono w przypadku sezonowej liczby łosi zabitych podczas kolizji. Różniła się ona istotnie w porach roku ($\chi^2=1852,4$; $p<0,001$), wynosząc średnio od 3,5 dla miesięcy letnich do 61,2 dla zimowych (tab.). Stwierdzono także istotne zróżnicowanie udziału pór roku w rocznej liczbie zabitych łosi w poszczególnych latach badań ($\chi^2=131,26$, $p<0,001$). Najwięcej (70%) ofiar kolizji przypadało na miesiące zimowe, najmniej (4%) na miesiące letnie. W przypadku wyróżnionych pór roku nie stwierdzono istotnego trendu zmian liczby zabitych łosi w badanym okresie.

W ujęciu miesięcznym najwyższą liczbę dni z kolizją odnotowano w lutym (średnio $11,1 \pm 6,6$), a najniższą (przeciętnie $0,8 \pm 0,8$) w lipcu (tab., ryc. 2). Wartość ta dla poszczególnych miesięcy różniła się istotnie ($\chi^2=732,54$; $p<0,001$) i układ ten był zróżnicowany w poszczególnych latach badań ($\chi^2=283,77$, $p<0,001$). Jedynie w przypadku listopada stwierdzono istotny negatywny trend zmiany liczby dni z kolizją ($Z=2,402$; $p=0,016$). Dla pozostałych miesięcy zmiany w czasie, w większości o negatywnym charakterze, nie były istotne statystycznie. Najwyższa miesięczna liczba łosi zabitych podczas kolizji charakteryzuje luty (średnio $26,8 \pm 32,3$), a najniższa (przeciętnie $0,8 \pm 0,8$) lipiec (tab.). Rozkład tej cechy nie był jednorodny w poszczególnych miesiącach ($\chi^2=2241,0$; $p<<0,001$) oraz latach badań ($\chi^2=662,24$; $p<0,001$). Również w tym przypadku istotny negatywny trend zmiany stwierdzono w listopadzie ($Z=2,221$; $p=0,026$). Dla pozostałych miesięcy zmiany w czasie miały charakter negatywny, ale nie były istotne statystycznie.

Rozkład liczby dni z kolizją w ciągu tygodnia cechował się jednorodnością ($\chi^2=10,25$; $p=0,115$) i prawidłowość ta obserwowana była w poszczególnych latach badań ($\chi^2=90,95$; $p=0,881$).



Ryc. 2.

Miesięczna liczba dni z kolizją łosia z pociągiem (LD) w Kolumbii Brytyjskiej w latach 1990-2010
 Monthly number of days with moose-train collision (LD) in British Columbia, Canada in years 1990-2010
 szare linie – dane z poszczególnych lat (z wyłączeniem okresu 1996-1997), czarna linia – średnia
 grey lines – data for individual years (excluding 1996-1997), black line – me

Średnio na każdy dzień tygodnia przypadało od 6 do 8 kolizji (tab.). Nie wykryto istotnego trendu zmian tej cechy w czasie. Natomiast w przypadku liczby łosi zabitych w czasie kolizji zaobserwowano istotne zróżnicowanie tej cechy między dniami tygodnia ($\chi^2=32,11$; $p<0,001$). Istotnie mniej zabitych zwierząt notowano w piątki i soboty (tab.). Rozkład liczby zabitych łosi w ciągu tygodnia różnił się istotnie pomiędzy poszczególnymi latami badań ($\chi^2=209,10$; $p<0,001$).

Dyskusja

Według wielu badań na zmienność czasową liczby kolizji łosi z pociągami wpływa zagęszczenie populacji tego gatunku na danym terenie [Rolandsen i in. 2011]. Na terenie Kolumbii Brytyjskiej liczba dni z kolizją i liczba zabitych łosi w wyniku kolizji z pociągami w latach 1990-2010 nieznacznie zmniejszała się. Podobnie pozyskanie łowieckie łosia w tych latach zmniejszało się, co może świadczyć o zmniejszaniu się liczebności populacji na terenie Kolumbii Brytyjskiej. Jednakże nie stwierdzono zależności pomiędzy wielkością populacji łosia a liczbą dni z kolizją czy liczbą zabitych w wyniku kolizji łosi w kolejnych latach, co stoi w sprzeczności z większością badań dotyczących kolizji łosi z pociągami [Cserkés, Farkas 2015; Jasińska i in. 2019]. Natomiast interesujące jest, że największa liczba dni, w których wystąpiła kolizja, i liczba zabitych w wyniku kolizji łosi została odnotowana w 1999 roku, kiedy pozyskanie łosia było najniższe. Na wielkość populacji może wpływać presja drapieżników, pogoda, choroby czy zmiany w środowisku powodowane przez człowieka, w tym kolizje z pociągami i samochodami [Schwartz, Bartley 1991; Waller, Servheen 2005; Kuzyk 2016]. Odnotowany na terenie Kolumbii Brytyjskiej spadek liczebności łosia w 1999 roku związany był z gradacją chrząszcza *Dendroctonus ponderosae*, co doprowadziło do wycinki dużych terenów leśnych i budowy nowych dróg [Kuzyk 2016]. Spowodowało to masową migrację łosi w poszukiwaniu nowych ostoi, co prawdopodobnie była przyczyną wzmożonej śmiertelności osobników tego gatunku na torach kolejowych w tym czasie.

Wyróżnia się dwa główne czynniki determinujące zmiany częstości kolizji łosi z pociągami w porach roku – behavior zwierząt i warunki pogodowe. Tam, gdzie zimą pokrywa śnieżna jest niska (m.in. Polska, południowa Szwecja), najwięcej kolizji łosi z pociągami rejestruje się jesienią, w trakcie rui [Cederlund 1989; Steiner i in. 2014; Krauze-Gryz i in. 2017]. Na obszarach,

gdzie w miesiącach zimowych zalega wysoka pokrywa śnieżna (kraje skandynawskie, Kanada), obserwowane jest w tym okresie zjawisko zwiększonej śmiertelności łośi na torach kolejowych [Andersen i in. 1991; Child i in. 1991; Modafferi i in. 1991; Gundersen, Andreassen 1998]. W czasie zimy zwierzęta te, poszukując pokarmu, najczęściej gromadzą się na terenach nizinnych, gdzie sieć szlaków komunikacyjnych jest gęstsza [Gundersen i in. 1998; Steiner i in. 2014]. Ponadto w czasie zimy łośie często poruszają się odśnieżanymi torami kolejowymi, a śnieg skumulowany na poboczach torów utrudnia im ucieczkę przed nadjeżdżającym pociągiem [Child 1983; Andersen i in. 1991; Gundersen i in. 1998]. W latach 1990-2010 na terenie Kolumbii Brytyjskiej najwięcej dni z kolizją, a także łośi zabitych w wyniku kolizji zarejestrowano zimą (luty). Najmniej dni z kolizją i najmniej łośi zabitych w wyniku kolizji odnotowano latem (lipiec), kiedy aktywność łośi ograniczona jest z powodu porodów młodych [Schwartz, Hundertmark 1993; Krauze-Gryz i in. 2017].

Wiadomo, że częstość kolizji łośi z pojazdami może zmieniać się w zależności od dni tygodnia, natomiast brakuje informacji na ten temat dotyczących kolizji zwierząt z pociągami. W Polsce więcej kolizji miało miejsce w dniach roboczych (od poniedziałku do piątku) niż w czasie weekendu (sobota-niedziela) [Krauze-Gryz i in. 2017]. Niniejsze badania nie wykazały istotnej różnicy w liczbie dni z kolizją w różnych dniach tygodnia, natomiast istotnie mniej zabitych łośi odnotowano w piątki i soboty, co pokrywa się z wynikami polskich badań. Kluczową rolę w takiej analizie odgrywa rozkład jazdy, który kształtuje natężenie ruchu w ciągu tygodnia, a co za tym idzie i potencjalne zagrożenie kolizjami.

Analiza trendów zmian liczby dni, w których wystąpiła kolizja łośia z pociągiem, oraz liczby łośi zabitych w wyniku kolizji w różnych porach roku, miesiącach i dniach tygodnia nie wykazała istotnych różnic na terenie Kolumbii Brytyjskiej w latach 1990-2010. Można zatem przypuszczać, że częstość kolizji łośi z pociągami na terenie Polski w kolejnych latach nie będzie zbyt odiegać od wzorca określonego na podstawie czteroletnich badań [Krauze-Gryz i in. 2017]. Tym samym rozwiązania zapobiegające kolizjom, które zostaną wprowadzone, będą tak samo skuteczne w kolejnych latach stosowania. Należy jednak pamiętać, że w celu ewentualnego zwiększenia skuteczności zastosowanych zabiegów należy prowadzić ciągły monitoring uwzględniający szereg czynników wpływających na kolizje, nie tylko ich rozkład w czasie.

Wnioski

- ✦ Ponieważ rozkład czasowy kolizji łośi z pociągami nie zmienia się w kolejnych latach, wyniki czteroletnich badań powinny pozwolić na dopasowanie odpowiednich środków zapobiegających kolizjom łośi z pociągami.
- ✦ Liczba dni, w których dochodzi do kolizji, oraz liczba łośi zabitych na skutek kolizji cechuje się wyraźną sezonowością z maksimum w zimie (luty).
- ✦ W latach 1990-2010 na terenie Kolumbii Brytyjskiej zaobserwowano spadek wielkości populacji łośia oraz spadek liczby łośi zabitych w wyniku kolizji i na danym terenie. Mimo to wartości te nie były ze sobą istotnie skorelowane.

Podziękowania

Dziękujemy Canadian National Railway i British Columbia Rail Corporation za udostępnienie danych. Dziękujemy również Danielowi Aitkenowi za pomoc w badaniach.

We thank the Canadian National Railway and the British Columbia Rail Corporation for providing the data. We are grateful to Daniel A. Aitken for his collaboration.

Literatura

- Andersen R., Wiseth B., Pedersen P., Jaren V. 1991. Moose-train collisions: effects of environmental conditions. *Alces* 27: 79-84.
- Babińska-Werka J., Krauze-Gryz D., Wasilewski M., Jasińska K. 2015. Effectiveness of an acoustic wildlife warning device using natural calls to reduce the risk of train collisions with animals. *Transportation Research. Part D: Transport and Environment* 38: 6-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.04.021>.
- Bartonička T., Andrášik R., Duľa M., Sedoník J., Bíl M. 2018. Identification of local factors causing clustering of animal-vehicle collisions. *Journal of Wildlife Management* 82 (5): 940-947. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21467>.
- Belant J. 1995. Moose collisions with vehicles and trains in Northwestern Minnesota. *Alces* 27: 31-45.
- Bolger D. T., Newmark W. D., Morrison T. A., Doak D. F. 2008. The need for integrative approaches to understand and conserve migratory ungulates. *Ecology Letters* 11: 63-77. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01109.x>.
- Cederlund G. 1989. Activity patterns in moose and roe deer in a north boreal forest. *Ecography* 12 (1): 39-45.
- Child K. N. 1983. Railways and moose in the central interior of British Columbia: a recurrent management problem. *Alces* 19: 118-135.
- Child K. N., Barry S. P., Aitken D. A. 1991. Moose mortality on highways and railways in British Columbia. *Alces* 27: 41-49.
- Child K. N., Stuart K. M. 1987. Vehicle and train collision fatalities of moose: some management and socio-economic considerations. *Swedish Wildlife Research Supplement* 1: 699-703.
- Conover M. R., Pitt W. C., Kessler K. K., DuBow T. J., Sanborn W. A. 1995. Review of human injuries, illnesses, and economic losses caused by wildlife in the United States. *Wildlife Society Bulletin* 23 (3): 407-414.
- Cserkészt 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 (1): 41-50.
- Di Giulio M., Holderegger R., Tobias S. 2009. Effects of habitat and landscape fragmentation on humans and biodiversity in densely populated landscapes. *Journal of Environmental Management* 90: 2959-2968.
- Grilo C., Bissonette J. A., Santos-Reis M. 2009. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: consequences for mitigation. *Biological Conservation* 142 (2): 301-313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.026>.
- Groot Bruinderink G. W. T. A., Hazebroek E. 1996. Ungulate traffic collisions in Europe. *Conservation Biology* 10 (4): 1059-1067.
- Gundersen H., Andreassen H. P. 1998. The risk of moose *Alces alces* collision: a predictive logistic model for moose-train accidents. *Wildlife Biology* 4 (2): 103-110.
- Gundersen H., Andreassen H. P., Storaas T. 1998. Spatial and temporal correlates to Norwegian moose-train collisions. *Alces* 34: 385-394.
- Hammar Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaentologia Electronica* 4 (1).
- Hedlund J. H., Curtis P. D., Curtis G., Williams A. F. 2004. Methods to reduce traffic crashes involving deer: What works and what does not. *Traffic Injury Prevention* 5 (2): 122-131. DOI: <https://doi.org/10.1080/15389580490435079>.
- Ito T. Y., Lhagvasuren B., Tsunekawa A., Shinoda M., Takatsuki S., Buuveibaatar B., Chimeddorj B. 2013. Fragmentation of the habitat of wild ungulates by anthropogenic barriers in Mongolia. *PLoS ONE* 8 (2): e56995. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056995>.
- Jasińska K., Werka J., Krauze-Gryz D., Wasilewski M. 2014. Urządzenia akustyczne UOZ-1 sposobem na ograniczenie kolizji z udziałem zwierząt na liniach kolejowych. *Sylwan* 158 (2): 143-150. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2013074>.
- Jasińska K. D., Żmihorski M., Krauze-Gryz D., Kotowska D., Werka J., Piotrowska D., Pärt T. 2019. Linking habitat composition, local population densities and traffic characteristics to spatial patterns of ungulate-train collisions. *Journal of Applied Ecology* 56: 2630-2640. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13495>.
- Joshi R., Singh R., Joshi B. D., Gangwar R. S. 2009. Decline of the Asian elephants (*Elephas maximus*) from Hardwar Forest Range of the Rajaji National park, India: the first documented case of free-ranging wildlife species. *New York Science Journal* 2: 1-12.
- Krauze-Gryz D., Żmihorski M., Jasińska K., Kwaśny L., Werka J. 2017. Temporal pattern of wildlife-train collisions in Poland. *Journal of Wildlife Management* 81 (8): 1513-1519. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21311>.
- Kuzyk G. W. 2016. Provincial population and harvest estimates of moose in British Columbia. *Alces* 52: 1-11.
- Malo J. E., Suárez F., Díez A. 2004. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41 (4): 701-710. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00929.x>.
- Meidinger D., Pojar J. 1991. Ecosystems of British Columbia. British Columbia Ministry of Forests, Special Report Series Number 6. British Columbia Ministry of Forests, Victoria, British Columbia, Canada.
- Modafferi R. D. 1991. Train moose-kill in Alaska: characteristics and relationship with snowpack depth and moose distribution in lower Sustina Valley. *Alces* 27: 193-207.

- Pollock S. Z., Whittington J., Nielsen S. E., St. Clair C. C. 2019.** Spatiotemporal railway use by grizzly bears in Canada's Rocky Mountains. *The Journal of Wildlife Management* 83 (8): 1787-1799. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21750>.
- Rea R. V., Child K. N., Spata D. S., MacDonald D. 2010.** Road and Rail Side Vegetation Management Implications of Habitat Use by Moose Relative to Brush Cutting Season. *Environmental Management* 46: 101-109. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9502-6>.
- Rolandson C. M., Solberg E. J., Herfindal I., Van Moorter B., S  ther B.-E. 2011.** Large-scale spatiotemporal variation in road mortality of moose: Is it all about population density? *Ecosphere* 2 (10): 12. DOI: <https://doi.org/10.1890/ES11-00169.1>.
- Schwartz C. C., Bartley B. 1991.** Reducing incidental moose mortality: Considerations for management. *Alces* 27: 227-231.
- Schwartz C. C., Hundertmark K. J. 1993.** Reproductive Characteristics of Alaskan Moose. *The Journal of Wildlife Management* 57 (3): 454-468.
- Seiler A. 2005.** Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 42 (2): 371-382. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01013.x>.
- Seiler A., Olsson M. 2017.** Wildlife deterrent methods for railways. W: Borda-de-  gua L., Barrientos R., Beja P., Pereira H. M. [red.]. *Railway ecology*. Springer, Cham, Switzerland. 277-291. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_17.
- Shackleton D. 1999.** Hoofed Mammals of British Columbia. *Royal British Columbia Museum Handbook*. University of British Columbia Press, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Spalding D. J., Lesowski J. 1971.** Winter food of the cougar in southcentral British Columbia. *Journal of Wildlife Management* 35: 378-381. DOI: 10.2307/3799618.
- Steiner W., Friedrich L., Hackl  nder K. 2014.** A review on the temporal pattern of deer-vehicle accidents: impact of seasonal, diurnal and lunar effects in cervids. *Accident Analysis and Prevention* 66: 168-181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.01.020>.
- Tanner A. L., Leroux S. J. 2015.** Effect of roadside vegetation cutting on moose browsing. *PLoS ONE* 10 (8): e0133155. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133155>.
- Trombulak S. C., Frissell C. A. 2000.** Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology* 14 (3): 18-30. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>.
- Waller J. S., Servheen C. 2005.** Effects of transportation infrastructure on grizzly bears in northwestern Montana. *Journal of Wildlife Management* 69 (3): 985-1000. DOI: [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2005\)069\[0985:EOTIOG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)069[0985:EOTIOG]2.0.CO;2).