

Dr hab. Tomasz Mokrzycki  
Katedra Ochrony Lasu i Ekologii  
Wydział Leśny SGGW  
ul. Nowoursynowska 159/34  
02-776 Warszawa

**R e c e n z j a**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Karoliny Danuty Jasińskiej**  
**pt. „Zachowania ssaków żyjących przy torach kolejowych**  
**w warunkach mozaiki polno-leśnej”**

**Wstęp**

Pierwsza linia kolejowa na ziemiach polskich, w obecnych granicach, została otwarta w 1842 r. Linia ta łączyła Wrocław z Oławą. Na początku XX wieku długość linii kolejowych przekroczyła już 13 tys. km. Obecnie ruch pociągów odbywa się na ok. 19 tys. km. torów. W drugiej dekadzie XXI wieku nastąpiła intensyfikacja inwestycji w remonty i poprawę stanu infrastruktury kolejowej, co pozwoliło na zwiększenie prędkości jazdy pociągów (np. w 2014 r. na 2699 km sieci). Dotyczyło to też linii opisywanych w rozprawie doktorskiej. W tym samym czasie oddano do użytku także pierwsze odcinki zmodernizowanych linii kolejowych dostosowanych do prędkości 200 km/h. W efekcie, na modernizowanych liniach zaczął istotnie skracać się czas pomiędzy wykryciem pociągu a reakcją zwierzyny. Skutkiem tego jest wzrost prawdopodobieństwa pojawienia się kolizji zwierząt z pociągami.

Więcej na temat różnych zachowań zwierząt wiemy w przypadku dróg. Od początku XXI wieku w kraju powstaje sieć autostrad i dróg ekspresowych, zwykle w miejscach, w których infrastruktura drogowa tego typu wcześniej nie istniała. Zmusza to do dokładnego poznania oddziaływania inwestycji na środowisko. Szlaki te są obligatoryjnie grodzone, co zmniejsza ryzyko kolizji, ale wymusza tworzenie specjalnych przejść dla zwierząt. Dlatego na ten temat jest bardzo obszerna literatura. Inaczej wygląda to w przypadku szlaków kolejowych. Linie nie są budowane od podstaw, a jedynie modernizuje się już istniejące, co może być powodem niewielu opracowań opisujących zachowania zwierząt przy torach kolejowych.

## Treść pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa liczy 179 numerowanych stron zawierających łącznie 34 tabele, 100 rycin (mapy, wykresy, zdjęcia) oraz 12 załączników. Praca podzielona jest na 8 rozdziałów głównych (niektóre dodatkowo podzielono na podrozdziały). Wyróżnione zostały, jako oddzielne rozdziały bibliografia i załączniki. Spis cytowanej literatury jest bardzo bogaty i obejmuje 194 pozycje, z czego w języku angielskim 161 i w j. polskim 33. Nie zabrakło także cytowania stron internetowych - 5.

Liczący 6 stron rozdział pt. „Wstęp” (ok. 3% objętości pracy) stanowi wprowadzenie do tematyki pracy, poparte odwołaniami do ważniejszych i bardzo licznych pozycji literatury. Autorka omawia negatywny wpływ infrastruktury komunikacyjnej na zwierzęta. Wspomina m.in. o śmiertelności zwierząt na szlakach, o efekcie bariery, odpowiedzi behawioralnej, ale nie zapomina o pozytywnych aspektach związanych z atrakcyjną bazą pokarmową. Wskazuje też na cele pracy (7) i stawia poprawnie cztery hipotezy badawcze:

- 1) tory kolejowe nie stanowią bariery ekologicznej dla zwierząt,
- 2) intensywność i sposób wykorzystania okolic torów kolejowych przez różne gatunki zwierząt zmienia się sezonowo i dobowo,
- 3) struktura środowiska i najbliższe otoczenie torów mają wpływ na wybór miejsc przekraczania torów kolejowych przez zwierzęta,
- 4) do kolizji dochodzi w określonych miejscach, w czasie sezonowych migracji zwierząt.

Kolejny rozdział (9 stron, 5% objętości pracy) zatytułowany „Teren badań” został podzielony na 5 podrozdziałów. Autorka na mapach przedstawiła usytuowanie powierzchni badawczych przy liniach kolejowych E20 i E65. Krótko wspomniała o klimacie i lasach na terenie badań. Wymieniła gatunki ssaków tu zaobserwowane. Na koniec podała charakterystyki obu linii kolejowych. Koncentrowała się na osiągniętych maksymalnych prędkościach dla pociągów pasażerskich i towarowych, natężeniu ruchu i liczbie pociągów w ciągu doby. Opisała warunki terenowe wokół badanych szlaków. Zwróciła uwagę na zamontowane podczas modernizacji obu linii urządzenia zapobiegające kolizjom dzikich zwierząt z pociągami (Urządzenia Ochrony Zwierząt UOZ-1 i urządzenia odblaskowe, tzw. „wilcze oczy”) i porównała ich skuteczność.

Następny rozdział (22 strony, 12% objętości pracy) zatytułowany „Metody badań i materiał” został podzielony na 6 podrozdziałów. Doktorantka bardzo szczegółowo przedstawiła metody zbierania danych. Do całodobowej rejestracji obecności i zachowań ssaków przy obu badanych liniach kolejowych wykorzystwała kamery cyfrowe. Na schematach w czytelny sposób przedstawiła rozmieszczenie kamer i rozsądnie uzasadniła użycie większej liczby przy linii E65 ich niższą rozdzielczością. Przy obu liniach zarejestrowała łącznie 3582 przypadki obecności zwierząt, co stanowiło bardzo bogaty materiał do dalszych opracowań. Do analizy filmów z kamer wykorzystwała program Milestone XProtect Viewer. Opisała zimowe tropienia ssaków uwzględniając warianty: teren otwarty, las, śródpolne zakrzaczenia, Stawy Broszkowskie i zabudowania. łącznie w ciągu 4 lat badań odnotowała 2368 tropów. Elementem metodyki była również całoroczna rejestracja kolizji zwierząt z pociągami. W dalszym ciągu Autorka przedstawiła sposoby opracowywania danych z podziałem na sezonową i dobową dynamikę obecności ssaków, wpływ faz Księżyca na ich aktywność, behavior. Na końcu opisała wykorzystane narzędzia statystyczne do opracowania wyników. Rozdział jest bogato ilustrowany zdjęciami, rycinami i tabelami.

Kolejny, bardzo obszerny rozdział (71 stron, 40% objętości pracy) zatytułowany „Wyniki” podzielony został na 9 podrozdziałów. Doktorantka wymieniła gatunki ssaków zaobserwowane przy badanych liniach kolejowych tj. 11 dziko żyjących, do których należały: najliczniej obserwowana sarna, łось, jelen, dzik, lis, jenot, borsuk, kuna, wydra, zając szarak, wiewiórka oraz 2 udomowione, tj. pies i kot. Tropienia pozwoliły odnotować dodatkowo kunę, tchórza i gronostaja.

W dalszej części zajmowała się wpływem pory roku na wielkość zgrupowań ssaków obserwowanych przy torach, przy czym przedstawia to dla siedmiu, liczniej obserwowanych gatunków. Dla wszystkich gatunków wyróżniła cztery kategorie zgrupowań w zależności od liczby osobników. Podział ten ułatwił dalsze analizy i wprowadził pewien porządek. Stwierdziła, że pora roku miała wpływ na zgrupowania dzików i saren.

Na podstawie nagrań z kamer analizowała sezonową i miesięczną dynamikę obecności ssaków w pobliżu torów kolejowych. Należy zaznaczyć, że dla porównania dane zostały wystandaryzowane przez wprowadzenie odcinkomiesięcy. Autorka wskazała wiosnę, jako porę, w której najczęściej obserwowwała zwierzęta i lato, gdzie było ich najmniej. Wykorzystując test Tukeya

stwierdziła istotność różnic pomiędzy obiema porami. Analizowała też częstość obecności ssaków w kolejnych miesiącach i wskazała na istotność różnic pomiędzy sierpniem, wrześniem i październikiem a grudniem. Na uwagę zasługuje przedstawienie sezonowej i miesięcznej dynamiki oddzielnie dla sarny, łosia, dzika, lisa, zająca, psa i kota.

Ogólnie i szczegółowo dla wybranych gatunków została przedstawiona dobowa dynamika obecności ssaków przy torach kolejowych. Doktorantka wskazała na dwa szczyty aktywności zwierząt – około wschodu i po zachodzie Słońca. Dodatkowo dynamikę analizowała w poszczególnych miesiącach i porach roku. Wyniki są zobrazowane bardzo dobrymi i czytelnymi rycinami, które znakomicie ułatwiają analizę zebranych danych.

Badając wpływ faz Księżyca na aktywność wybranych gatunków ssaków zwróciła uwagę, że czynnikiem wpływającym na zachowania obserwowanych zwierząt jest światło słoneczne, które odbite przez Księżyc powoduje występowanie tzw. jasnych nocy. Dodatkowo Doktorantka badała aktywność saren w czasie jasnych i ciemnych nocy w kolejnych porach roku i wykazała, że tylko jesienią liczba przypadków obecności tych zwierząt w czasie jasnych i ciemnych nocy różniła się istotnie statystycznie.

W kolejnej części rozprawy Autorka badała rodzaje aktywności ssaków, tj. żerowanie, chodzenie wzdłuż torów i przechodzenie przez tory w zależności pory roku, miesiąca, pory doby, godziny, fazy Księżyca, stopnia oświetlenia Ziemi. Porównywała te dane w sytuacjach bez przejazdu pociągu. Wykazała, że sposób wykorzystania linii kolejowej zmieniał się w zależności od gatunku. Wszystkie trzy typy zachowań wykazywały tylko dziki i sarny, a np. łosie przechodziły przez tory lub wędrowały wzdłuż torów, ale nigdy tam nie żerowały. W sytuacji przejazdu pociągu Doktorantka również wyróżniła trzy rodzaje zachowań, tj. ucieczkę, zaniepokojenie oraz brak reakcji. Wykazała tylko wpływ faz Księżyca na reakcje zwierząt. Zauważyła, że w czasie jasnych nocy więcej ssaków wykazywało zaniepokojenie, a podczas ciemnych nocy więcej gatunków podejmowało ucieczkę. W 331 przypadkach udało się dokładnie określić czas ucieczki zwierząt. Większość ssaków uciekała jeszcze przed przejazdem pociągu, ale niektóre już po jego przejeździe. W przypadku saren wykazała różnice między długością żerowania a nasłuchiwaniami tylko podczas przejazdu pociągu. W takiej sytuacji sarny dłużej nasłuchiwały, niż żerowały. Wyróżnienie przez Doktorantkę trzech rodzajów aktywności ssaków, zarówno w czasie braku przejazdu, jak i podczas

przejazdu pociągu bardzo ułatwiło analizę danych i zrozumienie reakcji badanych zwierząt.

Następnie Autorka badała wpływ liczby torów na zachowania zwierząt (ogólnie i w odniesieniu do wybranych gatunków). Należy zaznaczyć, że linia kolejowa E20 jest linią 2-torową, linia E65 – 3-torową. W przypadku obu linii odnotowano bardzo podobną liczbę ssaków, co umożliwiło dalsze analizy i porównania. W sytuacji braku przejazdu pociągów, na obu liniach najczęściej obserwowano chodzenie wzdłuż torów. Jednak na linii 2-torowej zwierzęta najrzadziej żerowały, a na linii 3-torowej najrzadziej przechodziły przez tory.

W kolejnej części tego rozdziału Doktorantka badała wpływ otoczenia na miejsca przekraczania torów kolejowych przez ssaki (ogólnie i dla każdego z wybranych gatunków). W tym celu wybrała 13 wariantów otoczenia: las - las, teren otwarty - las, las - śródpolne zakrzaczenia, teren otwarty - teren otwarty, teren otwarty - śródpolne zakrzaczenia, las - Stawy Broszkowskie, las - zabudowania, zabudowania - zabudowania, Stawy Broszkowskie - śródpolne zakrzaczenia, śródpolne zakrzaczenia - śródpolne zakrzaczenia, teren otwarty - zabudowania, teren otwarty - Stawy Broszkowskie, zabudowania - śródpolne zakrzaczenia. Największe zagęszczenie tropów zaobserwowała w wariantach las - Stawy Broszkowskie oraz Stawy Broszkowskie - śródpolne zakrzaczenia. Najmniej tropów zanotowała w wariantcie zabudowania - śródpolne zakrzaczenia. Nie stwierdziła, aby nasyp kolejowy stwarzał barierę dla zwierząt.

W ostatniej części „Wyników” Autorka analizowała kolizje ssaków z pociągami na linii E20. Wykazała, że w kolizjach brało udział 7 gatunków: sarna, łось, jeleń, dzik, lis, kuna i pies. Nie wykazała wpływu pory roku i miesiąca na liczbę kolizji, ale pora dnia miała już znaczenie (do największej liczby kolizji dochodziło nocą).

W następnym, obszernym rozdziale (28 stron, 16% objętości pracy) zatytułowanym „Dyskusja” i podzielonym na 10 podrozdziałów, Doktorantka bardzo szczegółowo odniosła się do uzyskanych wyników. Logicznie tłumaczyła powody pojawiania się jednych gatunków ssaków przy liniach kolejowych i unikania ich przez inne gatunki. Zwróciła uwagę na dobre uzupełnianie się dwóch metod inwentaryzacji zwierząt przy torach, tj. kamer cyfrowych i tropień. Zauważyła, że przy szlakach kolejowych pojawiały się wszystkie gatunki ssaków występujące na danym obszarze.



Stwierdziła brak wpływu torów na tworzenie zgrupowań przez zwierzęta. Podkreśliła szczególnie groźny charakter kolizji z dzikami (watahy) oraz łosiami (masa ciała).

W dalszej części analizowała wpływ wybranych czynników na sezonową i miesięczną dynamikę występowania ssaków przy torach. Jasno wyjaśniła znaczenie roślinności przy torach, rui oraz rozrodu na aktywność wybranych gatunków zwierząt i połączyła to z prawdopodobieństwem wystąpienia kolizji z pociągiem w odniesieniu do poszczególnych sezonów.

Podobną analizę przeprowadziła w przypadku aktywności dobowej. Zwróciła uwagę na wpływ drapieżników na frekwencję roślinożerców. Wskazała na największą aktywność łosi, zajęcy, lisów i kotów o świcie oraz saren i dzików o zmierzchu i prawidłowo połączyła to z prawdopodobieństwem wystąpienia kolizji z pociągami.

Badając wpływ faz Księżyca i oświetlenia Ziemi na aktywność ssaków zwróciła uwagę na większe ryzyko wystąpienia kolizji w czasie ciemnych nocy. Poprawnie połączyła to z większą aktywnością zwierząt i gorszą widocznością dla maszynistów.

Analizując trzy rodzaje aktywności ssaków w sytuacjach bez przejazdu pociągu stwierdziła, że badane zwierzęta przyzwyczyły się do torów kolejowych i wykorzystują je, jako normalny element środowiska. Podkreśliła znaczenie dobowych wędrówek, dyspersji i poszukiwania partnera w przekraczaniu linii kolejowej, a w konsekwencji wzroście ryzyka kolizji z pociągami.

Przyglądając się trzem typom reakcji zwierząt na przejeżdżający pociąg stwierdziła jego wpływ na zachowania ssaków. Podkreśliła znaczenie zakłóceń podczas przejazdu pociągu (hałas, wibracje) na czas reakcji na obecność drapieżników. Wskazała na ucieczkę, jako najczęściej występującą reakcję na przejazd pociągu.

Zauważyła, że wraz ze wzrostem liczby torów rośnie tzw. efekt bariery i zmniejsza się prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji z pociągiem.

Stwierdziła, że dla większości dużych ssaków, w przeciwieństwie do niektórych rodzajów dróg, infrastruktura kolejowa nie tworzy nieprzekraczalnej bariery, podobnie jak nasypy kolejowe.

Zauważyła, że kolizjom z pociągami najczęściej ulegają pospolite gatunki ssaków. Liczbę kolizji uzależniła też od czynników technicznych samej linii, np. od liczby torów czy prędkości pociągów.

Na końcu rozdziału przedstawiła praktyczne zastosowania wyników pracy. Między innymi proponuje zwiększenie liczby pociągów dalekobieżnych w środku dnia, a więc w czasie najmniejszej aktywności ssaków. Zakłada też czasowe uniemożliwienie migracji zwierząt powołując się na rozwiązania skandynawskie. Zwraca uwagę na otoczenie linii kolejowej i jego wpływ na zachowania ssaków. Proponuje, aby w miejscach największej aktywności zwierząt maszyniści zwracali szczególną uwagę.

Na szczególną uwagę zasługują przedstawione przez Doktorantkę praktyczne wnioski, które mogą w przyszłości pozwolić na zmniejszenie ryzyka wystąpienia kolizji pociągów ze zwierzętami.

### **Uwagi do pracy**

Praca została przygotowana bardzo starannie, napisana poprawnym językiem. Wyraźnie widać bardzo duże zaangażowanie Doktorantki w przygotowanie omawianej rozprawy. Jednak Autorka nie ustrzegła się pewnych błędów, z których niektóre mają charakter dyskusyjny.

1. Str. 16 – linia E20 przecina woj. lubuskie, wielkopolskie, łódzkie, mazowieckie i lubelskie. Nie przechodzi przez woj. podlaskie. Sądzę, że Autorce chodziło o regiony geograficzne, a nie o województwa.
2. Str. 16 – linia E65 nie przebiega przez Dolny Śląsk, tylko przez Górny Śląsk.
3. Str. 29 i 30 – tabele 4 i 5 powinny umieścić się w rozdz. Wyniki.
4. Str. 49 – ugrupowanie wg. Słownika PWN to grupa ludzi lub organizacji o podobnych poglądach i wspólnych celach albo sposób rozmieszczenia wojsk w celu wykonania wspólnego zadania; też: wojsko rozmieszczone w jakiś sposób. W stosunku do zwierząt bardziej pasuje termin zgrupowanie.
5. Str. 108, 1 wiersz od tabeli – powinien być wskaźnik zamiast wskaźnika.
6. Str. 121, podrozdział 5.2., 7 wiersz – powinno być grupy, zamiast grypy.
7. Str. 128, podrozdział 5.5., 4 wiersz – powinien być Księżyc, zamiast Księżyca.
8. Str. 133, 21 wiersz – powinno być znikome, zamiast znikomy.
9. Str. 140, ostatni wiersz – powinno być miało, zamiast miała.
10. W rozdz. Metodyka Doktorantka podaje 3582 przypadki obecności ssaków (po zsumowaniu danych z obu linii kolejowych), a w rozdz. Wyniki – 3581.

11. Mam pewne wątpliwości, czy propozycja maksymalnej minimalizacji liczby pociągów o świcie i zmierzchu ma szanse powodzenia. Jest to często dla dużej grupy ludzi czas dojazdu do szkół i pracy, a później powrotu.
12. Cała praca – tabele warto byłoby podawać w postaci skrótu, tak jak rysunki.
13. W kolejnych podrozdziałach w rozdz. Wyniki jest bardzo dużo różnych informacji, zresztą ważnych, ale w niektórych przypadkach utrudnia to śledzenie toku pracy. Mam nadzieję, że zebrany ogromny materiał posłuży Doktorantce do napisania kilku, a nie tylko jednego artykułu.

### **Ocena pracy**

Recenzowaną rozprawę doktorską oceniam bardzo pozytywnie. Autorka zawarła konkretnie określony i uzasadniony cel badań, szczegółowo opisała dobrane metody umożliwiające osiągnięcie założonego celu. Poprawnie przedyskutowała uzyskane wyniki badań na bardzo licznej próbie, uwzględniając wpływ takich czynników, jak: dobową i sezonową dynamikę obecności ssaków w pobliżu torów kolejowych, fazy Księżyca, zachowania ssaków, liczba torów, miejsce przekraczania torów przez ssaki. Na tej podstawie sformułowała odpowiednie wnioski. Wykazała się przy tym bardzo dużą wiedzą, świadcząca o opanowaniu zagadnień związanych z przedmiotem badań. Oceniana rozprawa ma też wymiar praktyczny. Doktorantka podaje przykłady konkretnych rozwiązań minimalizujących ryzyko wystąpienia kolizji zwierząt z pociągami. Należy podkreślić, że zebrany podczas badań niezwykle bogaty materiał wystarczyłby prawdopodobnie na dwie rozprawy doktorskie. Moje uwagi (przede wszystkim techniczne) nie mają większego wpływu na niewątpliwie dużą wartość pracy.

### **Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez ustawę z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Stawiam więc wniosek o dopuszczenie mgr Karoliny Danuty Jasińskiej do dalszego etapu przewodu doktorskiego.

Warszawa, 21 lutego 2017

  
Dr hab. Tomasz Mokrzycki