



EWA BŁAZIK-BOROWA¹⁾
MICHAŁ JUKOWSKI²⁾
JANUSZ BOHATKIEWICZ³⁾
JANUSZ RYMSZA⁴⁾

THE IMPACT OF EQUIPMENTS OF ANIMAL PASSAGES ON THEIR EFFICIENCY

ANALIZA WPŁYWU ELEMENTÓW WYPOSAŻENIA PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT NA ICH EFEKTYWNOŚĆ

STRESZCZENIE. W pracy opisano wpływ poszczególnych elementów wyposażenia przejść dla zwierząt na efektywność ich wykorzystania. Badania przeprowadzono w odniesieniu do czterech gatunków zwierząt kopytnych: łosia, jelenia, samy i dzika. Analizowane urządzenia to oświetlenie drogowe, roślinność osłonowa, korzenie i pniaki, osłony przeciwośnieniowe, głazy, ogrodzenia. Analizy dokonano na podstawie ankiet, które wypełniło 87 zarządców dróg. Opracowano własną metodę analizy odpowiedzi ankietowych, która składa się z dwóch etapów. Stwierdzono, że oświetlenie drogowe zlokalizowane w sąsiedztwie przejścia negatywnie wpłynęło na jego użytkowanie przez analizowany gatunek. Osłony przeciwośnieniowe wyraźnie pozytywnie wpływają na efektywność ekologicznej infrastruktury drogowej. Roślinność osłaniająca, korzenie i pniaki oraz osłony przeciwodblaskowe pozytywnie wpływały na wykorzystanie przejść dla zwierząt. Pozostałe elementy nie wpływają na wykorzystanie przejść przez zwierzęta.

SŁOWA KLUCZOWE: efektywność, ekologia dróg, przejścia dla zwierząt, wyposażenie przejść dla zwierząt, zwierzęta kopytne.

ABSTRACT. The paper describes the impact of the individual components of animal passages on the efficiency of their use. Research was conducted with regard to four species of ungulates: elk, deer, roe deer and boar. The analyzed equipment are road lighting, shielding vegetation, rootwood and tree stumps, anti-glare shields, rocks, fencing. The analysis were made on the basis of surveys which were filled by 87 road operators. Own method of surveys answers analysis was developed and it consists of two stages. It was established that road lighting located in the vicinity of a passage negatively affected its use by the analyzed species. Anti-glare shields clearly positively influence on the efficiency of ecology road infrastructure. Shielding vegetation, rootwood and tree stumps, and anti-glare shields positively influenced on the use of animal passages. Other components do not influence on efficiency of animal passages.

KEYWORDS: animal passages, effectiveness, equipment of wildlife crossings, road ecology, ungulates.

DOI: 10.7409/rabdim.021.022

¹⁾ Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury, Katedra Mechaniki Budowli, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin; e.blazik@pollub.pl (✉)

²⁾ Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury, Katedra Dróg i Mostów; m.jukowski@pollub.pl

³⁾ Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Katedra Dróg, Kolei i Inżynierii Ruchu, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków; janusz.bohatkiewicz@pk.edu.pl

⁴⁾ Instytut Badawczy Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa; jrymsza@ibdim.edu.pl

1. WSTĘP

Jak wynika z dostępnej literatury dotyczącej wpływu infrastruktury transportowej na środowisko, jednym z czynników ograniczających migrację ssaków jest szybki rozwój sieci drogowej. W wielu pracach [1-6] autorzy opisują negatywne skutki oddziaływania infrastruktury drogowej, a są to: zmiany tras migracji dzikich zwierząt, degradacja, fragmentacja lub utrata siedlisk zwierząt, powstawanie barier fizycznych – tzw. „efekt bariery drogowej”, wzrost liczby wypadków śmiertelnych z udziałem dzikich zwierząt, zmniejszenie bioróżnorodności i wreszcie wzrost zagrożenia wyginięciem gatunku. Badania nad ograniczeniem negatywnego wpływu działalności człowieka na środowisko, widoczne w przypadku infrastruktury drogowej [7], wpisują się w problematykę zrównoważonego krajobrazu. Z jednej strony mamy zmiany społeczno-kulturowe, powodujące takie potrzeby jak podróżowanie, dostarczanie dóbr materialnych itp. Z drugiej strony infrastruktura drogowa nie może niszczyć ekosystemu, który jest niezbędny dla funkcjonowania ludzkości.

Kluczową grupą zwierząt wpływających na ekosystem są zwierzęta kopytne, takie jak łosie, jelenie, sarny i dziki. Obecność zwierząt kopytnych zapewnia różnorodność wśród roślin, a zwierzęta kopytne są ważnym elementem łańcucha pokarmowego. Jak dowodzi praca [8], są one również potencjalnymi gatunkami flagowymi w ochronie krajobrazu, stając się symbolami obszarów i procesów ekologicznych wymagających ochrony na dużą skalę. Według danych podanych w bibliografii [3], [4], [9], [10] w Europie i Ameryce Północnej najczęściej odnotowywanymi wypadkami z udziałem zwierząt i samochodów są wypadki z udziałem zwierząt kopytnych, a liczba tych wypadków ma tendencję wzrostową. Ma to negatywny wpływ nie tylko na ekosystem, ale również stanowi poważne zagrożenie dla użytkowników dróg. Dlatego przy planowaniu infrastruktury drogowej należy umożliwić bezpieczne przejście przez jezdnię wszystkim zwierzętom kopytnym, także tym niechronionym.

Jedną z metod łagodzenia negatywnych skutków wpływu transportu na migrację zwierząt jest budowa przejść dla zwierząt (wiaduktów lub przejść podziemnych). Pierwsze tego typu konstrukcje powstały w latach 70. poprzedniego wieku i do dziś są postrzegane jako tzw. rozwiązania łagodzące. Od tego czasu przejścia dla zwierząt były badane w celu zwiększenia ich wydajności i obniżenia kosztów budowy. Metody stosowane w tych badaniach opisane są w pracy [3], a są to: kwerenda w archiwach zarządców dróg i obszarów przyrodniczych, ankiety, dowody obecności zwierząt, np. obserwacje śladów na piasku i śniegu, kamery i pułapki z kamerami, badania poszczególnych tras za pomocą lokalizatorów GPS, badania genetyczne gatunków. Jednym

1. INTRODUCTION

According to the available literature on the impact of transport infrastructure on the environment, one of the factors limiting the mammal migration is a rapid growth of the road network. In many papers [1-6] authors describe negative effects of the road infrastructure and they are: changes in wildlife migration routes, degradation, fragmentation or loss of animal habitats, formation of physical barriers – so-called “road barrier effect”, increase in fatal accidents involving wild animals, reduction in biodiversity and, finally, an increased threat of extinction of a species. Research on reducing the negative impact of human activity on the environment, visible in the case of road infrastructure [7], fits in with the issues of sustainable landscape. On the one hand, we have socio-cultural changes, causing such needs as travel, provision of material goods, etc. On the other hand, road infrastructure must not destroy the ecosystem, which is essential for the functioning of humanity.

A key group of animals influencing the ecosystem are ungulates such as elk, deer, roe deer and wild boar. The presence of ungulates provides variety among plants and ungulates are an important part of the food chain. As it is written in the paper [8], they are also potential flagship species in landscape protection, becoming symbols of large-scale ecological areas and processes that require protection. According to the data given in the bibliography [3], [4], [9], [10] in Europe and North America the most frequently reported animals-cars accidents are those involving ungulates and the number of these accidents tends to increase. This has a negative impact not only on the ecosystem, but also poses a significant danger to road users. Therefore, when planning road infrastructure, all ungulates, including unprotected ones, should be allowed to safely cross the road.

One of the methods of mitigating the negative outcomes of the influence of transport on animal migration is the construction of animal passages (either overpass or under-pass). The first structures of this kind were erected in 1970s and have been perceived as so-called mitigating solutions until this day. Since then, animal passages have been tested to increase their efficiency and reduce construction costs. The methods used in these re-researches are described in the book [3], and they are: querying the archives of road and natural area administrators, surveys, evidence of the presence of animals, for example, observations of footprints in sand and snow, cameras and camera traps, studies of individual routes using GPS locators, genetic research of species. One of the recent researches,

z ostatnich badań, które opisano w artykule [11], są badania przejść dla zwierząt w Holandii. Głównym celem badań było określenie opłacalności budowy przejść dla zwierząt dziko żyjących poprzez porównanie kosztów budowy przejść dla dzikich zwierząt z korzyściami społecznymi i ekologicznymi. Korzyści społeczne obejmują przede wszystkim zmniejszenie liczby wypadków drogowych z udziałem zwierząt. Korzyści ekologiczne obejmują ograniczenie negatywnego wpływu infrastruktury drogowej na siedliska zwierząt, ich szlaki migracyjne i różnorodność genetyczną. Oczywiście, autorzy badali również bezpośrednie wykorzystanie przejść przez zwierzęta. W pracy [11] wykazano, że najbardziej opłacalnymi obiektami są: duże tunele dla dzikich zwierząt oraz wiadukty wykorzystywane przez ludzi i zwierzęta. Z drugiej strony wiadukty, przeznaczone specjalnie dla dzikich zwierząt, są najmniej opłacalne. Wnioski te są istotne przy przyjmowaniu ogólnych założeń projektowych dla liniowej infrastruktury drogowej. Warto jednak również ocenić przejścia dla zwierząt ze względu na ich parametry techniczne i otoczenie.

Badania nad efektywnością przejść dla zwierząt można podzielić na dwie części: badania związane z parametrami środowiskowymi oraz badania nad infrastrukturą drogową z obiektami inżynierskimi. W ramach pierwszych z ww. badań analizuje się wpływ infrastruktury na populację, szlaki migracyjne, stan populacji, różnorodność genetyczną itp. W ramach oceny przejść dla zwierząt badano: zalesienie wokół infrastruktury drogowej [13], [14], gęstość osad ludzkich [14], [15], ukształtowanie terenu [1], [14]. Wpływ parametrów technicznych konstrukcji przejść dla zwierząt oraz elementów ich wyposażenia jest przedmiotem badań interdyscyplinarnych. Do tego typu badań należą badania skuteczności przejść dla zwierząt w zależności od parametrów geometrycznych [1], [6], [16], [17], rodzaju nawierzchni [18], ogrodzenia drogi [3], [19], hałasu [20], [21].

Dotychczas w badaniach skuteczności przejść dla zwierząt nie analizowano wyposażenia samego przejścia. Dlatego celem pracy jest określenie wpływu takich elementów jak: oświetlenie, roślinność osłonowa, karpiny i pnie drzew, osłony przeciwośnieniowe, głązy, ogrodzenie w pobliżu przejścia, ogrodzenie w rejonie drogi. Ze względu na duże znaczenie zarówno dla ekosystemu, jak i bezpieczeństwa ludzi poruszających się po drogach, przedstawione w pracy analizy zostaną wykonane dla zwierząt kopytnych, takich jak łoś, jeleni, sarna i dzik. Badania przeprowadzono na podstawie ankiet wypełnionych przez przedstawicieli 87 instytucji zarządzających drogami w całej Polsce.

which are described in the article [11], are the animal passages studies in the Netherlands. The main aim of the research was to establish the cost effectiveness of wildlife crossings by comparing the costs of construction of wildlife crossings with the social and ecological benefits. Social benefits include, above all, a reduction in the number of road accidents involving animals. Ecological benefits include reducing the negative impact of road infrastructure on animal habitats, their migratory routes and genetic diversity. Of course, the authors also investigated the direct use of passages by animals. The paper [11] shows that the most profitable facilities are: large tunnels for wildlife and viaducts used by humans and animals. On the other hand, the viaducts, especially designed for wild animals, are the least profitable. These conclusions are important when adopting general design assumptions for linear road infrastructure. However, it is also worth assessing the animals passages for due to their technical parameters and surroundings.

Research on the effectiveness of animal crossings can be divided into two parts: re-search related to environmental parameters and research on road infrastructure with engineering facilities. As part of former research, the impact of infrastructure on the population, migration routes, population status, genetic diversity, etc. are analyzed [12]. As part of the assessment of animal crossings, the following were investigated: afforestation around road infrastructure [13], [14], density of human settlements [14], [15], topography [1], [14]. The influence of technical parameters of the structure of animal crossings and elements of their equipment are the subject of interdisciplinary research. This type of research includes studies of the effectiveness of animal crossings depending on the geometric parameters [1], [6], [16], [17], type of a pavement [18], road fences [3], [19], noise [20], [21].

So far, the study of the effectiveness of animal crossings has not analyzed equipment of the crossing itself. Therefore the purpose of this work is to determine the impact of such elements as: lighting, shielding vegetation, rootwood and tree stump, anti-glare shields, rocks, fencing near a passage, fencing in the area of a road. Due to the great importance both for the ecosystem and the safety of people on the roads, the analyzes presented in the paper will be performed for ungulates such as moose, deer, roe deer and boar. The research was carried out on the basis of questionnaires completed by representatives of 87 institutions managing roads all over Poland.

2. STAN WIEDZY NA TEMAT PREFERENCJI ZWIERZĄT KOPYTNYCH W KORZYSTANIU Z PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT

Aby przejścia dla zwierząt były skuteczne, muszą być budowane jak najbliższe naturalnych korytarzy migracyjnych gatunków. Muszą one posiadać odpowiednią geometrię, ukształtowanie terenu i wyposażenie. Ponadto, jak stwierdzono w pracy [16], różne gatunki dużych ssaków różnie reagują na elementy przejść dla zwierząt, zarówno te, które można traktować jako wyposażenie techniczne, jak i elementy krajobrazu. Według danych [16] pozytywnym aspektem jest występowanie dużej ilości roślinności przy wejściach na przejścia. Zwiększona pokrywa roślinna zapewnia większą ochronę i bezpieczeństwo dla zwierząt zbliżających się do przejść.

Parametry geometryczne konstrukcji przejścia dla zwierząt również mają wpływ na jego wykorzystanie. Zgodnie z wynikami badań, które przedstawiono w pracach [1], [3], [5], [16], [17] kopytne wybierają szerokie wiadukty i tunele i preferują krótsze konstrukcje. Według pracy [22] duże kopytne nie korzystały z przejść węższych niż 7 m i niższych niż 2,4 m, ale nowsze badania, których wyniki podsumowano w pracy [6], wskazują, że szerokość każdej konstrukcji nie powinna być mniejsza niż 12 m, a wysokość nawet większa niż 3,5 m. W przypadku wiaduktów kopytne preferują te o małym nachyleniu. Zwierzęta te nie korzystają z przepustów. Wyjątek stanowią dziki, które, jak podano w pracy [3], mogą niekiedy korzystać z szerszych przepustów. Chociaż autorzy innych prac, np. [5] podają, że dziki również unikają takich obiektów.

Wszystkie prace, które są poświęcone roli ogrodzenia drogi w zmniejszaniu liczby wypadków, potwierdzają ich pozytywny wpływ [3], [9], [10], [19], [23]. Jednak, aby ogrodzenia spełniały swoje zadanie muszą być zaprojektowane z uwzględnieniem wielkości, zachowania i zdolności do skakania lub wspinania się gatunków docelowych [3], [10]. Łosie i jelenie wymagają zazwyczaj ogrodzeń o wysokości co najmniej 2,4 metra, natomiast dla małych zwierząt odpowiednie mogą być ogrodzenia o wysokości 0,2-1,0 metra. Jeśli kopytne są silne lub zdeterminowane, to ogrodzenia mogą wymagać wzmocnienia grubszym drutem lub stalowymi stojakami, aby zapobiec przerwaniu drutu lub obaleniu ogrodzenia. W niektórych przypadkach, np. w odniesieniu do większych zwierząt kopytnych, może być nawet wymagane ogrodzenie pod napięciem.

Na korzystanie z przejść dla zwierząt może mieć również wpływ poziom hałasu w okolicy przejścia. W przypadku wiaduktów bez dylatacji wyznaczony poziom hałasu był niższy

2. THE STATE OF KNOWLEDGE ABOUT THE PREFERENCES OF UNGULATES IN THE USE OF ANIMAL PASSAGES

For animal passages to be effective, they must be built as close as possible to the natural migration corridors of species. They must have the correct geometry, landscape composition and equipment. Moreover, as stated in the work [16], different large mammal species react differently to the features of animal passages, both those that can be treated as technical equipment and landscape features. According to data [16], a positive element is the presence of a large amount of vegetation at the entrances to the passages. Increased vegetation cover provides greater protection and safety to animals approaching passages.

The geometric parameters of the animal passage structure also exert influence on its use. According to research results, which are presented in papers [1], [3], [5], [16], [17] ungulates choose wide viaducts and tunnels and prefer shorter structures. According to the paper [22] large ungulates did not use passages narrower than 7 m and lower than 2.4 m, but more recent studies, the results of which are summarized in the paper [6], indicate that the width of each structure should not be less than 12 m and the height should even be greater than 3.5 m. In the case of viaducts, ungulates prefer those with a low slope. These animals do not use culverts. The exception is wild boar, which, as stated in the paper [3], may sometimes use wider culverts. Although the authors of other works, e.g. [5] report that wild boars also avoid such objects.

All the papers, which are devoted to the role of road fences in reducing the number of accidents, confirm their positive impact [3], [9], [10], [19], [23]. However, in order fences to fulfill their purpose they must be designed taking into account the size, behavior and ability to jump or climb of the target species [3], [10]. Elk and deer typically require fences that are at least 2.4 meters high, while fences with heights 0.2-1.0 meters high may be appropriate for small animals. If ungulates are powerful or determined, then fences may need to be reinforced with thicker wire or steel stands to prevent the wire from breaking or pushing the fence down. In some cases, an electrified fencing may even be required, such as for larger ungulates.

The aspect of noise in the area surrounding a bridge may also influence the use of animal passages. In the case of bridges without expansion joints, the determined level of noise was lower by even 12 dB as compared to bridges

nawet o 12 dB w porównaniu z wiaduktami z dylatacjami. Przyczyną tego jest hałas impulsowy, o znacznej mocy akustycznej. Naukowcy [21] podają, że ślady ssaków (jeleni, zajęcy, dzików) znajdowano pod wszystkimi wiaduktami na przestrzeni lat. Zauważono, że głównym czynnikiem wpływającym na wykorzystanie przejścia jest lokalizacja wiaduktu i lokalizacja źródeł pokarmu, a nie konstrukcja obiektu. Hałas impulsowy powstający w miejscu styku opony z dylatacją może nagle przestraszyć ssaki i spowodować ich nieudaną migrację, jednak jeśli po drugiej stronie przejścia znajdują się źródła pokarmu, z dużym prawdopodobieństwem podejmą one kolejną próbę migracji. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów autorzy ustalili, że najkorzystniejszymi pod względem akustycznym obiektami mostowymi dla migracji zwierząt są przejścia dolne oraz obiekty nie posiadające dylatacji.

W pracy [15] udowodniono, że oddziaływanie człowieka, niezależnie od odległości miasta (wsi) od przejścia oraz częstotliwości jego użytkowania przez ludzi, istotnie wpływa na tzw. współczynniki użytkowości gatunkowej, wyrażone jako iloraz obserwowanej liczby zwierząt i ich liczby oczekiwanej. Ponadto naukowcy [15] definiują istotne parametry (atrybuty) w zakresie wykorzystania przejścia przez zwierzęta oraz oceniają ich wpływ w odniesieniu do różnych gatunków zwierząt. W przypadku sześciu z siedmiu gatunków, atrybut człowiek został określony jako pierwszy lub drugi wpływający na wartość użytkową przejścia. W przypadku drapieżników stwierdzono dodatnią korelację między czynnikami użytkowania przejścia a odległością od miasta oraz ujemną korelację z aktywnością człowieka. Kopytne spokojnie reagowały na działalność człowieka. Bezpośrednim powodem tego może być fakt, że są one przyzwyczajone do obecności człowieka. Ważnym aspektem wpływającym na wykorzystanie przejścia przez ssaki kopytne jest obecność drapieżników. Kopytne trzymają się z dala od peryferii żerowisk drapieżników.

Powyższy przegląd literatury, dotyczący wyłącznie zwierząt kopytnych, pokazuje również braki w badaniach dotyczących elementów wyposażenia przejść dla zwierząt i wskazuje na potrzebę pogłębionej analizy tego problemu.

3. METODYKA BADAŃ

Szacuje się, że w latach 1996-2016 w Polsce powstało ponad 4000 przejść dla dzikich zwierząt. W odniesieniu do prognoz budowy nowych obiektów inżynierskich pełniących funkcję przejść dla zwierząt, zasadne jest przeprowadzenie analiz mających na celu określenie czy i w jakim stopniu istniejące przejścia funkcjonują prawidłowo. W tym celu Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad w Polsce zleciła przeprowadzenie badania ankietowego, w którym wzięło udział 87

with expansion joints. It is caused by impulsive noise of a considerable acoustic power. The scientists [21] states that the traces of mammals (deer, hare, boar) have been found under all bridges over the years. It was noticed that the main factor influencing the use of a passage is the location of the bridge and the location of food sources, and not the structure of the bridge. Impulsive noise formed at the point of contact between a tire and an expansion joint may suddenly frighten mammals and cause their unsuccessful migration, however, if food sources are located on the other side of the passage, they will attempt another migration in all probability. On the basis of the conducted measurements, the authors have established that the most advantageous bridge structures for animal migration in terms of acoustics are bottom passages and structures containing no expansion joints.

In the paper [15], it is proved that the human impact, regardless of the distance from a town (village) to the passage or the frequency of its use by humans, significantly influences so-called "species-performance ratios", expressed as the quotient of the observed number of animals divided by their expected number. Furthermore, scientists [15] define essential parameters (attributes) in terms of the use of a passage by animals, and estimates their influence with regard to various animal species. In the case of six species out of seven, the human attribute was determined as the first or second one impacting the value of the passage use. In the case of carnivores, a positive correlation between the passage use factors and the distance from the city, and a negative correlation concerning human activity was determined. Ungulates reacted more calmly to human activity. The direct reason for that might be the fact that they are accustomed to human presence. An important aspect influencing the use of a passage by ungulates is the presence of carnivores. Ungulates keep their distance from the peripheries of the feeding grounds of carnivores.

The above review of the literature, concerning only ungulates, also shows the short-comings in the research concerning the elements of equipment for animal crossings and indicates the need for an in-depth analysis of this problem.

3. TEST METHODOLOGY

It is estimated that in the years of 1996-2016, over 4000 wild animal passages were constructed in Poland. With regard to the forecasts of the construction of new engineering structures functioning as animal passages, it is justified to conduct analyses to determine whether and to what extent the existing passages function properly. To

respondentów, w tym zarządcy dróg, tj. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, czterech koncesjonariuszy płatnych odcinków autostrad, szesnastu marszałków województw i sześćdziesięciu sześciu prezydentów miast. Metodologia badania oraz wybrane wyniki zostały opisane w pracy [24]. Odpowiedzi na pytania związane z obecnością gatunków na przejściach dla zwierząt przygotowano na podstawie obecności śladów zwierząt i fotopułapek.

Pytania ankietowe dotyczyły czternastu gatunków zwierząt oraz niektórych problemów ogólnych, środowiskowych, ekonomicznych i technicznych. Analizie poddano pytania z części technicznej oraz wybrane pytania z pozostałych części. Celem pracy jest określenie tylko tych problemów, które pozwalają na ocenę wpływu elementów wyposażenia na funkcjonalność i użytkowanie danego przejścia, dlatego też analizie poddano odpowiedzi na poniższe pytania ankietowe:

Q₁: Czy dany ssak został zarejestrowany podczas monitoringu przedinwestycyjnego w miejscu planowanego przejścia?

Q₂: Czy gatunek ssaka jest zarejestrowany w lokalizacji przejścia dla zwierząt?

Q₃: Czy droga w obszarze przejścia jest oświetlona?

Q₄: Czy stosuje się roślinność osłonową?

Q₅: Czy wykorzystuje się karpiny i pniaki drzew?

Q₆: Czy stosowane są osłony przeciwoślnościowe?

Q₇: Czy stosowane są głazy?

Q₈: Czy ogrodzony jest tylko odcinek drogi w pobliżu przejścia?

Q₉: Czy droga w obszarze przejścia jest ogrodzona?

Q₁₀: Typ konstrukcji przejścia.

Badania te są bardzo cennym materiałem naukowym [24]. Niestety, ze względu na duży zakres badań, dla poszczególnych zagadnień uzyskano zbyt małe próby, dlatego nie można zastosować standardowych metod statystycznych. W pracy [3] stwierdzono, że prowadzonych jest wiele badań przejść dla zwierząt, ale wyniki tych badań prezentowane są jedynie w raportach, ponieważ materiał jest trudny do analizy za pomocą dostępnych narzędzi statystycznych. W związku z tym opracowano własną metodę analizy, składającą się z dwóch etapów: wyboru przejść dla zwierząt oraz analizy odpowiedzi na zadane pytania dla poszczególnych grup przejść dla zwierząt.

Pierwszy etap badań polegał na ocenie przejścia pod kątem wykorzystania go przez dany gatunek zwierząt. Ocenę przeprowadzono na podstawie pytań Q₁ i Q₂ w odniesieniu do 278 analizowanych przejść dla zwierząt. Pod uwagę brane

this end, the General Directorate for National Roads and Motorways in Poland have commissioned a survey of 87 respondents including road operators i.e. the General Directorate for National Roads and Motorways, four licensees of toll motorway sections, sixteen province marshals and sixty six presidents of cities. The survey methodology and selected results are described in the paper [24]. Answers to questions related to the presence of species at animal passages were prepared on the basis of the presence of animal traces and photo-traps.

The survey questions concerned fourteen animal species and some general, environmental, economic and technical problems. The technical part questions and selected questions from the remaining parts were analyzed. The paper aims to determine only these problems which allow assessment of the impact of the equipment components on the functionality and use of a given passage, hence, the answers to the following survey questions were analyzed:

Q₁: Was the given mammal registered during the pre-investment monitoring at the site of the planned passage?

Q₂: Is mammal species registered in the animal passage?

Q₃: Is the road in the passage area illuminated?

Q₄: Is shielding vegetation used?

Q₅: Are rootwoods and tree stumps used?

Q₆: Are anti-glare shields used?

Q₇: Are rocks used?

Q₈: Is only the road section near the passage fenced?

Q₉: Is the road near the passage fenced?

Q₁₀: Passage structure type.

The research are very valuable scientific materials [24]. Unfortunately, due to the large scope of the research, too small samples were obtained for specific issues, and therefore standard statistical methods cannot be used. In the paper [3] it was found that many animal crossing studies are performed, but the results of these studies are only presented in reports because the material is difficult to analyze with the available statistical tools. Therefore, a own method of analysis was developed, consisting of two stages: the selection of animal crossings and the analysis of answers to given questions for individual groups of animal crossings.

The first study stage consisted in the assessment of a passage in terms of its use by a given animal species. The assessment was performed on the basis of questions Q₁ and

były tylko odpowiedzi „Tak” / „Nie” na te pytania. Ankieta zawierała również takie odpowiedzi jak „nie dotyczy” lub „brak”. Odpowiedzi „Tak” przypisano wartość 1, a „Nie” – wartość 0. Odpowiedzi na kolejne pytania Q_i oznaczane są symbolem q_i , gdzie i jest to numer pytania.

W pierwszym kroku obliczono różnicę wartości przypisanych odpowiedziom na pytania Q_2 i Q_1 , czyli $q_2 - q_1$. Gdy uzyskano wartość dodatnią, nastąpiła poprawa użyteczności danego przejścia, gdyż dany gatunek zwierząt nie był obserwowany w trakcie monitoringu przedinwestycyjnego, a zaobserwowano go po wybudowaniu przejścia. Wartość ujemna została oceniona negatywnie, ze względu na fakt, że sytuacja była odwrotna do opisanej powyżej. Wartości zerowe oznaczały stagnację, przy czym podstawowe znaczenie ma fakt, czy obserwowano zwierzęta przed i po budowie oraz czy zaobserwowano brak migracji zwierząt w danym miejscu. Aby różnić wyniki obu analiz, przeprowadzono dodatkową analizę (krok drugi) polegającą na wybraniu tylko argumentów dla dwóch omawianych przypadków (w przypadku których $q_2 - q_1 = 0$), a następnie zsumowaniu odpowiedzi $q_1 + q_2$. W ten sposób uzyskano wartości $q_1 + q_2 = 0$ lub $q_1 + q_2 = 2$. Wartość zero oznaczała sytuację, w której zwierzęta nie migrowały w danej lokalizacji zarówno przed, jak i po wybudowaniu przejścia, a wartość $q_1 + q_2 = 2$ oznaczała sytuację, w której zwierzęta migrowały zarówno przed, jak i po wybudowaniu przejścia. Metodologię grupowania przejść przedstawiono na Rys. 1.

W efekcie powstał prosty algorytm pozwalający na podział przejść dla zwierząt na cztery grupy:

- G1 – bez zmian, zwierzęta nie pojawiają się (bez zmian, nie pojawiają się) - nie odnotowano zwierząt w rejonie planowanego przejścia przed jego budową; zwierzęta nie korzystają z wybudowanego przejścia,
- G2 – pozytywne oddziaływanie przejścia (poprawa) - brak zwierząt odnotowanych w rejonie planowanego przejścia przed jego budową, ale odnotowano korzystanie z przejścia po jego wybudowaniu,
- G3 – negatywne oddziaływanie przejścia (negatywnie) - zwierzęta notowane w rejonie planowanego przejścia przed jego budową, ale przejście nie jest wykorzystywane przez zwierzęta po jego wybudowaniu,
- G4 – bez zmian, zwierzęta korzystają (bez zmian, zwierzęta korzystają z przejścia) - zwierzęta danego gatunku obserwowane w rejonie planowanego przejścia przed jego budową i korzystające z przejścia po jego wybudowaniu.

Q_2 with regard to 278 analyzed animal passages. Only the “Yes”/“No” answers to the said questions were taken into consideration. The survey also contained such answers as “not applicable” or “missing”. The answer “Yes” was assigned the value of 1, and “No” – the value of 0. Answers to subsequent questions Q_i are marked with the symbol q_i , where i it is the number of the question.

In the first step, the difference of the values assigned to the answers to questions Q_2 and Q_1 , it is $q_2 - q_1$ was calculated. When a positive value was obtained, an improvement of the usability of a given passage had occurred, as a given animal species was not observed during the pre-investment monitoring, but it was observed after its construction. A negative value was assessed negatively, due to the fact that the situation was opposite to the one described above. Zero values indicated stagnation, except that the fact whether animals were observed before and after the construction, and whether a lack of animal migration in a given location was observed, is of fundamental significance. To distinguish between the results of the two analyses, an additional analysis (step two) consisting the selection of only the arguments for the two cases in question (for which $q_2 - q_1 = 0$), and subsequently summing answers $q_1 + q_2$, was performed. In such a manner, the values $q_1 + q_2 = 0$ or $q_1 + q_2 = 2$ were obtained. The zero value referred to the situation where animals did not migrate in a given location both before and after the construction of a passage, and the value $q_1 + q_2 = 2$ denoted the situation where animals migrated both before and after a passage was constructed. The methodology of the passage grouping is presented in Fig. 1.

As a result, a simple algorithm allowing the division of the passages into four groups was created:

- G1 – no changes, animals do not appear (no changes, they do not appear) - no animals recorded in the area of the planned passage before its construction; animals do not use the erected passage,
- G2 – positive impact of the passage (improvement) - no animals recorded in the area of the planned passage before its construction, but used by them once erected,
- G3 – negative impact of the passage (negatively) - animals recorded in the area of the planned passage before its construction, but not used by them once erected,
- G4 – no changes, animals use it (no changes, they use it) - animals of a given species recorded in the area of the planned passage before its construction and used by them once erected.

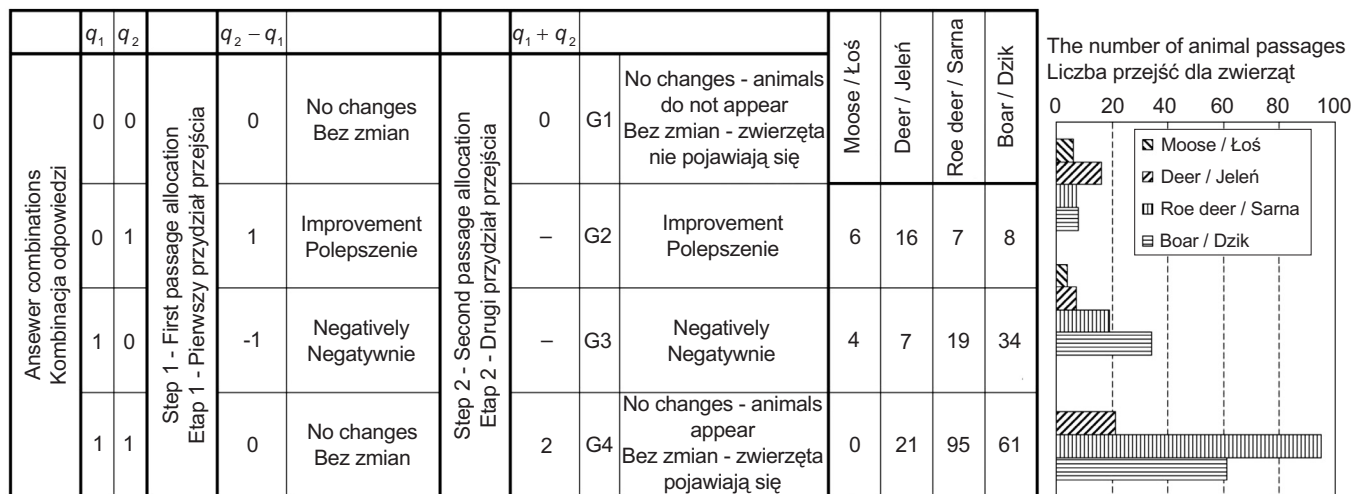


Fig. 1. Grouping animal passages in terms of their use by a given animal species

Rys. 1. Grupowanie przejść dla zwierząt pod kątem ich wykorzystania przez dany gatunek zwierząt

W oparciu o tak opracowaną metodykę weryfikacji przydatności przejść dla zwierząt przeprowadzono pełną analizę w odniesieniu do czterech wyżej wymienionych gatunków zwierząt. Wyniki przedstawiono graficznie na Rys. 1, gdzie pokazano liczbę przejść dla zwierząt w poszczególnych grupach. Wyniki przedstawiane są w postaci wykresów, a wyniki liczbowe znajdują się pod wykresami. Wyniki dla grupy G1 „Bez zmian - zwierzęta nie pojawiają się” nie zostały przedstawione ze względu na fakt, że nie stanowią wartości merytorycznych, które mogłyby zostać poddane ocenie.

Analizując wykres przedstawiony na Rys. 1, można stwierdzić, że najczęściej przejść dla zwierząt jest wykorzystywanych w miejscach, gdzie zwierzęta już się pojawiały. Może to świadczyć o właściwym wyborze lokalizacji przejścia dla zwierząt.

W kolejnym rozdziale opisany powyżej podział został wykorzystany do oceny parametrów przejścia. Dla każdego z analizowanych gatunków w każdej grupie przejść dla zwierząt podano procentowy udział przejść, w których na pytania $Q_3 \div Q_9$ udzielono następujących odpowiedzi: „Tak”, „Nie”, „nie dotyczy” (element wyposażenia nie występuje w obiekcie), „brak danych”. Ostateczna ocena wpływu elementu wyposażenia polegała na wyborze odpowiedzi zgodnie z algorytmem przedstawionym na Rys. 2. Analizę przeprowadzono w dwóch ścieżkach: ścieżka 1 dla przejść zaliczonych do grup G2 i G4 oraz ścieżka 2 dla przejść zaliczonych do grupy G3.

Dla każdego elementu analiza przeprowadzana jest z wykorzystaniem obu ścieżek i w obu ścieżkach można uzyskać odpowiedzi potwierdzające pozytywny, negatywny lub neutralny wpływ danego elementu. Jeśli odpowiedzi uzyskane w obu ścieżkach nie były zgodne, brano pod uwagę odpowiedź

On the basis of such a methodology of verifying the usability of animal passages, a complete analysis was conducted with regard to the four aforementioned animal species. The results are presented graphically in Fig. 1 where the number of animal passages in particular groups is shown. Results are shown as graphs and numbers results are located under graphs. The results for the group G1 “No changes - animals do not appear” are not shown due to the fact that they do not constitute substantive values which could be assessed.

Having analyzed the graph presented in Fig. 1, one can conclude that most animal passages are used in locations where animals have already appeared. It may testify to the appropriate selection of the animal passage location.

In the following section, the division described above was used in the assessment of passage parameters. For each of the analyzed species in each passage group, the percentage of the passages with regard to which the following answers were given to questions $Q_3 \div Q_9$: “Yes”, “No”, “not applicable” (the component of equipment is not present at the structure), “no data”, was calculated. The final assessment of the impact of an equipment component consisted in selection of answers according to the algorithm presented in Fig. 2. The analysis was conducted in two paths: path 1 for animal crossings in groups G2 and G4 and path 2 for animal crossings in group G3.

For each component, the analysis is performed using both paths and in both paths you can get answers confirming the positive, negative or neutral impact of the component. If the answers obtained in both paths were not consistent, the answer in the path where the difference between the

w ścieżce, w której różnica między liczbą odpowiedzi na oba pytania była większa (miała większą wagę). Waga jest to procent odpowiedzi potwierdzających wynik analizy uzyskany dla danej ścieżki. W przypadku, gdy różnica pomiędzy odpowiedziami „Tak” i „Nie” była porównywalna w obu ścieżkach, element uznawano za neutralny. Wybór odpowiedzi w tej części analizy podsumowuje Tabl. 1. Zarówno na Rys. 2 jak i w Tabl. 1 znaki „=” oznaczają, że różnica pomiędzy procentami odpowiedzi była mniejsza niż 20%.

number of the answers to both questions was greater (had more weight) was taken into consideration. The weight is the percentage of responses confirming the analysis result obtained for a given path. In the case where the difference between the answers “Yes” and “No” was comparable in both paths, the element was regarded as neutral. The choice of answers in this part of the analysis is summarized in Table 1. Both in Fig. 2 and in Table 1, the signs “=” means that the difference between the percentage of answers is smaller than 20%.

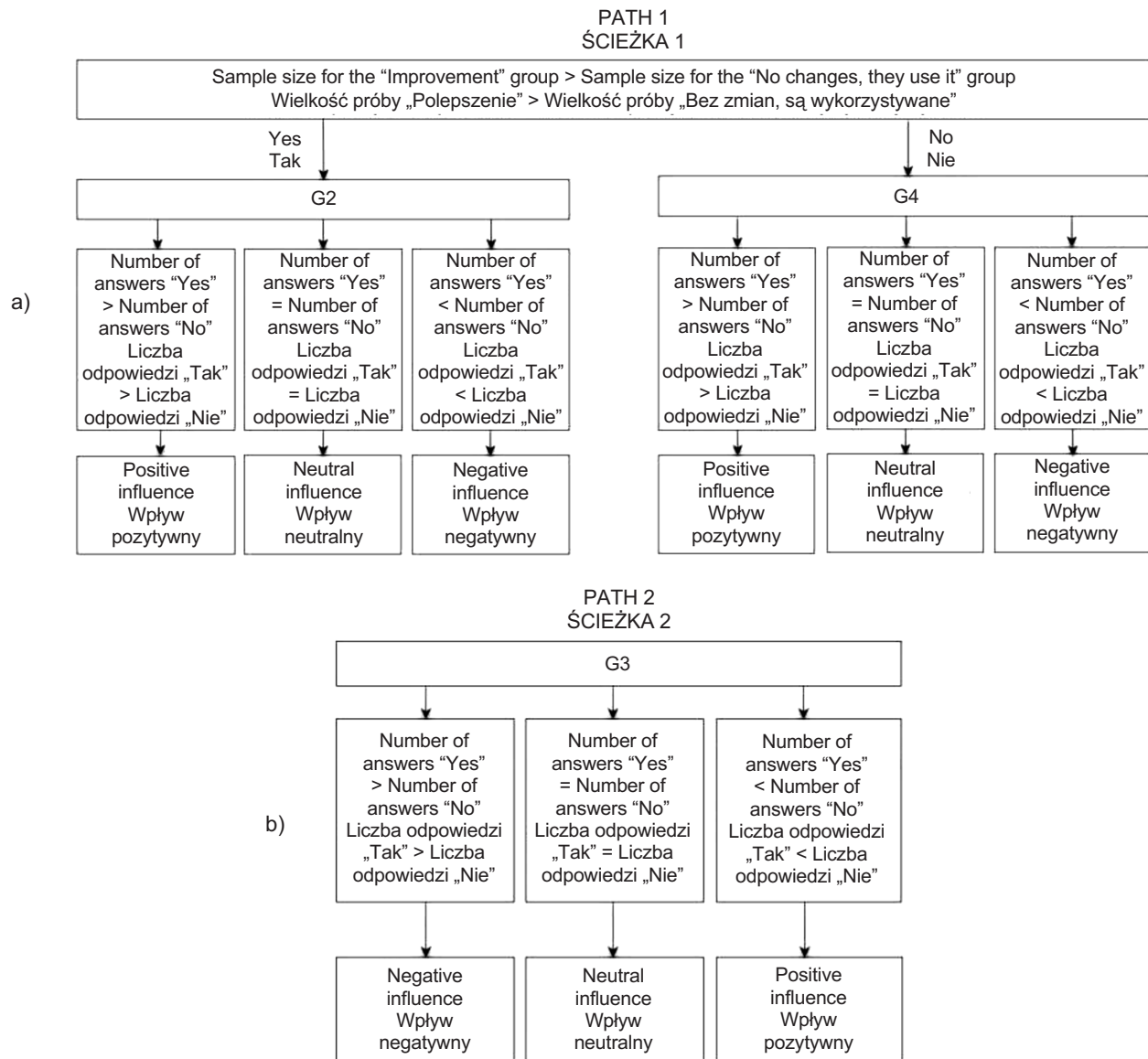


Fig. 2. The assessment method of equipment components for animal passages classified to: a) the groups G2 and G4 – path 1, b) to the group G3 – path 2

Rys. 2. Sposób oceny elementów wyposażenia przejść dla zwierząt zaliczonych do: a) grupy G2 i G4 – ścieżka 1, b) grupy G3 – ścieżka 2

Analizowane elementy wyposażenia to: oświetlenie drogowe (pytanie Q_3), roślinność osłonowa (pytanie Q_4), karpiny i pnia-ki drzew (pytanie Q_5), osłony przeciwoślepieniowe (pytanie Q_6), głązy (pytanie Q_7), ogrodzenie (pytania Q_8 oraz Q_9). Oczywiście na korzystanie z przejść przez zwierzęta mają wpływ również inne czynniki, np. nieuprawnione korzystanie z przejść przez ludzi, co może zniechęcać zwierzęta. Na wykorzystanie przejść przez zwierzęta może mieć wpływ kilka czynników, co powoduje efekt kumulacyjny. Z tego powodu analiza odpowiedzi na pytania jest trudna i nie daje w każdym przypadku jednoznacznej odpowiedzi.

The analyzed equipments and landscape features are as follows: road lighting (question Q_3), shielding vegetation (question Q_4), rootwood and tree stumps (question Q_5), anti-glare shields (question Q_6), rocks (question Q_7), fencing (question Q_8 and Q_9). Naturally, also other factors influence the use of passages by animals, e.g. the unauthorized use of passages by humans which may keep animals at bay. Several factors may impact the use of passages by animals resulting in a cumulative effect. For this reason, the analysis of the answers to the questions is difficult and does not give a clear answer in each case.

Table 1. Research of the impact of components of the animal passages on their efficiency
Tablica 1. Badania wpływu elementów przejść dla zwierząt na ich efektywność

		Path 1 Ścieżka 1	Path 2 Ścieżka 2			Impact Wpływ	
Combinations of the results Kombinacja wyników	positive pozytywny	positive pozytywny	positive pozytywny	The final result of an analysis Ostateczny wynik analizy		positive pozytywny	
	positive pozytywny	neutral neutralny	neutral neutralny				
	neutral neutralny	positive pozytywny	positive pozytywny				
	negative negatywny	negative negatywny	negative negatywny			negative negatywny	
	negative negatywny	neutral neutralny	neutral neutralny				
	neutral neutralny	negative negatywny	negative negatywny				
	neutral neutralny	neutral neutralny	neutral neutralny			neutral neutralny	
	positive pozytywny	negative negatywny	Next step of an result analysis Następny krok analizy wyników			the percentage of “positive results” > the percentage of “negative answer” odsetek „pozytywnych wyników” > odsetek „negatywnych odpowiedzi”	positive pozytywny
	negative negatywny	positive pozytywny				the percentage of “positive results” = the percentage of “negative answer” odsetek „pozytywnych wyników” = odsetek „negatywnych odpowiedzi”	neutral neutralny
						the percentage of “positive results” < the percentage of “negative answer” odsetek „pozytywnych wyników” < odsetek „negatywnych odpowiedzi”	negative negatywny

4. WYNIKI I DYSKUSJA

4.1. WYKORZYSTANIE PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT PRZEZ ŁOSIE

Analizę wykorzystania przejść przez łosie rozpoczęto od sprawdzenia, na przejściach jakiego rodzaju zaobserwowano łosie. Według pracy [24] łoś często korzysta z następujących

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1. THE USE OF ANIMAL PASSAGES BY MOOSE

The analysis of the use of passages by moose commenced with checking at which types of passages moose had been observed. According to paper [24], moose often

rodzajów przejść: po powierzchni drogi, duże górne – mosty-krajobrazowe, duże górne – tunele, duże dolne – estakady o wysokości powyżej 5 m, określane jako przejścia użyteczne – duże górne o szerokości od 35 do 80 m i wykorzystywane wyłącznie w określonych warunkach – duże dolne – estakady / wiadukty o wysokości powyżej 3,5 m. Na podstawie przeprowadzonej analizy przejść, których wykorzystanie uległo poprawie ustalono, że łoś w 67% korzystał z przejść górnych o szerokości mniejszej niż 80 m i większej lub równej 35 m, a w 33% z przejść dolnych pod wiaduktem lub estakadą o szerokości większej niż 20 m. W przypadku negatywnym łoś nie korzystał z przejścia dolnego szerszego niż 20 m w 75%, a z przejścia dolnego o szerokości mniejszej niż 20 m i większej niż 6 m w 25%.

use the following types of passages: road surface, big upper ones – landscape bridges, big upper ones – tunnels, big bottom ones – flyovers over 5 m high, defined as useful passages – big upper ones of the width of 35 to 80 m and used exclusively under certain conditions – big bottom passages – flyovers / bridges over 3.5 m high. On the basis of the conducted analysis of the passages the use of which had improved, it was established that moose used upper passages less than 80 m and more than or equal to 35 m wide in 67%, and bottom passages under a viaduct or a flyover more than 20 m wide in 33%. In a negative case, moose did not use a bottom passage wider than 20 m in 75%, and a bottom passage less than 20 m and more than 6 m wide in 25%.

Table 2. Analysis of the effectiveness of passages for moose
Tablica 2. Analiza efektywności wykorzystania przejść przez łośia

Question Pytanie	Data for path 1 Dane dla ścieżki 1				Data for path 2 Dane dla ścieżki 2		Results Wyniki		Final results Ostateczny wynik
	G2 6 objects / obiektów		G4 0 objects / obiektów		G3 4 objects / obiekty		Path 1 Ścieżka 1	Path 2 Ścieżka 2	
	Yes / Tak	No / Nie	Yes / Tak	No / Nie	Yes / Tak	No / Nie			
Q ₃	0%	100%	0%	0%	50%	50%	negative negatywny	neutral neutralny	negative negatywny
Q ₄	100%	0%	0%	0%	0%	100%	positive pozytywny	positive pozytywny	positive pozytywny
Q ₅	100%	0%	0%	0%	0%	100%	positive pozytywny	positive pozytywny	positive pozytywny
Q ₆	67%	33%	0%	0%	0%	100%	positive pozytywny	positive pozytywny	positive pozytywny
Q ₇	33%	67%	0%	0%	0%	100%	67% negative / negatywny	100% positive / pozytywny	positive pozytywny
Q ₈	83%	0%	0%	0%	100%	0%	83% positive / pozytywny	100% negative / negatywny	neutral neutralny
Q ₉	100%	0%	0%	0%	100%	0%	positive pozytywny	negative negatywny	neutral neutralny

W Tabl. 2 przedstawiono wyniki ankiet w postaci procentowego udziału odpowiedzi „Tak” i „Nie” dla poszczególnych grup obiektów, podzielonych ze względu na użytkowanie przez łośie oraz wyniki analiz ankietowych. Szare komórki zawierają wyniki dla obu ścieżek uzyskane na podstawie algorytmu przedstawionego na Rys. 2. Ostatnia kolumna Tabl. 2 zawiera wyniki końcowe. Pierwszym elementem, który jest analizowany jest oświetlenie drogowe. W przypadku łośia sześć przejść dla zwierząt przydzielono do grupy G2, a cztery przejścia dla zwierząt przydzielono do grupy G3. Dla grupy G2 odpowiedź

Table 2 shows the results of the questionnaires as a percentage of “Yes” and “No” answers for individual groups of objects, divided according to the use by moose, and results of survey analyses. The grey cells contain results for both paths which are obtained one the basis of the algorithm shown in Fig. 2. The last column of Table 2 contains final results. The first component, which is analyzed, is road lighting. For moose six animal passages were assigned to the G2 group and four animal passages were assigned to the G3 group. For the G2 group, the answer was

wyniosła 100% z wynikiem negatywnym, tzn. liczba odpowiedzi „Nie” jest większa od liczby odpowiedzi „Tak”. Oznacza to, że odpowiedź, uzyskana w ścieżce 1, jest negatywna, a waga odpowiedzi w kolejnym kroku wynosi 100%. Z badania ścieżki 2 uzyskano wynik neutralny, ponieważ liczba odpowiedzi „Tak” i „Nie” jest równa. Na podstawie Tabl. 2 wskazuje się, że oświetlenie drogowe zlokalizowane w pobliżu przejść dla zwierząt wykorzystywanych przez łosie ma negatywny wpływ na ich wykorzystanie. Analiza odpowiedzi dla poszczególnych obiektów pozwala stwierdzić, że pewną poprawę zauważono w odniesieniu do przejść bez oświetlenia w ich pobliżu. W przypadkach określonych jako negatywne połowa przejść była oświetlona, co mogło mieć wpływ na zachowanie zwierząt, a w konsekwencji przyczyniło się do tego, że dane przejście nie było wykorzystywane.

Inne czynniki, które również mogą mieć zasadnicze znaczenie dla prowadzonych analiz, to stosowanie roślinności osłonowej i izolacyjnej, karpiny, głązów czy osłon antyodblaskowych. Wszystkie te elementy mogą pozytywnie wpływać na wykorzystanie przejść przez łosie. Spełniają one pozytywne funkcje, np. wyciszają przestrzeń wewnątrz przejścia (hałas), stanowią barierę zasłaniającą drogę i reflektory samochodów, a także stanowią schronienie dla małych zwierząt również korzystających z przejść. Potwierdzają to przeprowadzone badania [16].

Poprawę zaobserwowano w przypadku wszystkich przejść z wykorzystaniem roślinności, natomiast w przypadku przejść bez roślinności odnotowano efekt negatywny. Zarówno ścieżka 1 jak i ścieżka 2 potwierdziły pozytywny wpływ tego elementu na wykorzystanie przejść dla zwierząt przez łosie. To samo dotyczy stosowania karpiny na przejściach i osłon antyodblaskowych. Zasadnicze znaczenie w przypadku przejść przeznaczonych dla łosie może mieć stosowanie roślinności osłonowej, karpiny i osłon przeciwodblaskowych. Jeśli chodzi o wykorzystanie przejścia, łoś jest mniej wrażliwy na obecność lub brak głązów na wejściu lub wyjściu z przejścia. Tylko w przypadku około 33% przejść zauważono możliwy pozytywny wpływ obecności głązów.

W ramach badań sprawdzono również, czy w rejonie przejścia postawiono ogrodzenie oraz czy droga jest ogrodzona zarówno przed, jak i za przejściem. Ogrodzenia kierują zwierzęta w stronę przejścia i powstrzymują je przed wejściem na drogę. Jest to ważny element, który powinien być stosowany przy budowie każdego przejścia dla zwierząt. Na podstawie przedstawionych badań stwierdzono, że obecność ogrodzeń nie wpływa na wykorzystanie przejść dla zwierząt przez łosie, a gdy ogrodzenie jest niekompletne, zwierzęta mogą decydować się na przekraczanie drogi poza przejściem dla zwierząt w miejscu, gdzie nie ma ogrodzenia. Zgodnie z przeglądem

100% with a negative result, i.e. the number of “No” responses is greater than the “Yes” response. This means that the answer, obtained from path 1, is negative and the weight of the response to the next step is 100%. From the study of path 2 a neutral result was obtained because the number of “Yes” and “No” responses is equal to each other. On the basis of Table 2 it is indicated that road lighting located near animal passages used by moose has a negative impact on their use. The analysis of responses for individual objects allows us to conclude that some improvement was noticed with regard to passages without lighting in their vicinity. In the cases defined as negative, half of passages were illuminated which might have influenced the behavior of animals, and, in consequence, contributed to the fact that a given passage was not used.

Other factors, which may also have a fundamental significance in terms of the conducted analyses, include the use of shielding and isolating vegetation, rootwood, rocks or anti-glare shields. All these elements may positively influence the use of passages by moose. They fulfil positive functions, e.g. they muffle the space inside a passage (noise), form a barrier blotting out a road and car headlights, as well as are a shelter for small animals also using passages. It is confirmed by the conducted studies [16].

Improvement was observed with regard to all passages using vegetation, while in the case of the ones without vegetation, a negative effect was recorded. Both path 1 and path 2 confirmed the positive impact of this component for using the animal passages by moose. The same applies to the use of rootwood at passages and anti-glare shields. The use of shielding vegetation, rootwood and anti-glare shields may be of fundamental significance with regard to passages intended for moose. In terms of passage use, moose is less sensitive to the presence or absence of rocks at the entrance or exit of a passage. In the case of only approximately 33% of passages, a possible positive influence of the presence of rocks was noticed.

As part of the studies, it was also checked whether fencing was erected in the area of a passage and whether the road was fenced both in front of and behind a passage. Fencing directs animals towards a passage and deters them from entering the road. It is an important component that should be used in construction of every animal passage. On the basis of the presented research, it was found that the presence of fences does not affect the use of moose passages for animals, and when the fence is incomplete, animals may choose to cross the road outside the passage for animals in a place where there is no fence. According to the literature studies reported in the section 2, fences fulfill

literatury z rozdziału 2, ogrodzenia spełniają swoją rolę, jeśli są dostosowane do gatunku zwierząt [3], [10]. W tym przypadku uzyskany wynik analiz własnych wskazuje, że ogrodzenia nie zostały prawidłowo zaprojektowane, a w przypadku łośa są zbyt niskie.

Analiza przejść dla zwierząt pod względem konstrukcji i rodzaju materiałów zastosowanych do ich budowy na podstawie odpowiedzi na pytanie Q₁₀ nie pozwala na jednoznaczną ocenę, gdyż większość analizowanych obiektów to konstrukcje żelbetowe. Dotyczy to zarówno obiektów ocenianych pozytywnie, jak i negatywnie i z tego powodu nie określono zależności wskazującej ewentualnie na korzystne cechy danego materiału (żelbet, stal i materiały określane jako „inne”).

4.2. ANALIZA WYKORZYSTANIA PRZEJŚĆ DLA ZWIERZĄT W ODNIESIENIU DO JELENI, SAREN I DZIKÓW

W odniesieniu do pozostałych zwierząt, tj. jeleni, saren i dzików, zastosowano tę samą metodę analizy odpowiedzi na pytanie ankietowe dotyczące wyposażenia. W Tabl. 3, 4 i 5 znajdują się: wartości procentowe odpowiedzi „Tak” i „Nie” dla poszczególnych grup przejść dla zwierząt, wyniki efektywności przejść dla ścieżki 1 i ścieżki 2 (Rys. 2).

Table 3. Analysis of the effectiveness of passages for deer
Tablica 3. Analiza efektywności wykorzystania przejść przez jelenia

Question Pytanie	Data for path 1 Dane dla ścieżki 1				Data for path 2 Dane dla ścieżki 2		Results Wyniki		Final results Ostateczny wynik
	G2 16 objects / obiektów		G4 21 objects / obiektów		G3 7 objects / obiektów		Path 1 Ścieżka 1	Path 2 Ścieżka 2	
	Yes / Tak	No / Nie	Yes / Tak	No / Nie	Yes / Tak	No / Nie			
Q ₃	19%	81%	0%	100%	43%	57%	negative negatywny	neutral neutralny	negative negatywny
Q ₄	38%	62%	90%	10%	100%	0%	90% positive / pozytywny	100% negative / negatywny	neutral neutralny
Q ₅	19%	81%	81%	19%	57%	43%	positive pozytywny	neutral neutralny	positive pozytywny
Q ₆	25%	75%	33%	67%	14%	86%	67% negative / negatywny	86% positive / pozytywny	positive pozytywny
Q ₇	19%	81%	19%	81%	14%	86%	91% negative / negatywny	86% positive / pozytywny	neutral neutralny
Q ₈	69%	31%	81%	10%	100%	0%	83% positive / pozytywny	100% negative / negatywny	neutral neutralny
Q ₉	63%	37%	81%	10%	71%	14%	81% positive / pozytywny	71% negative / negatywny	neutral neutralny

their role if they are adapted to the species of animals [3], [10]. In this case, the obtained result of our own analyzes indicates that the fences have not been properly designed and in the case of moose, they are too low.

The analysis of animal passages in terms of the structure and material types used to construct them on basis of the answers to question Q₁₀ does not allow any unambiguous assessment, because most of the analyzed facilities are reinforced-concrete structures. This regards both positively and negatively assessed facilities and for this reason no interrelation possibly indicating favorable characteristics of a given material (reinforced concrete, steel and materials defined as “other”) has been determined.

4.2. ANALYSIS OF THE USE OF ANIMAL PASSAGES FOR DEER, ROE DEER AND BOARS

With regard to other animals, i.e. deer, roe deer and boars, the same method of analyzing the answers to the survey question concerning the equipment was used. In Tables 3, 4 and 5 there are: percentages of “Yes” and “No” responses for individual groups of animal passages, the results of the effectiveness of passages for path 1 and path 2 (Fig. 2).

Table 4. Analysis of the effectiveness of passages for roe deer
 Tablica 4. Analiza efektywności wykorzystania przejść przez sarnę

Question Pytanie	Data for path 1 Dane dla ścieżki 1				Data for path 2 Dane dla ścieżki 2		Results Wyniki		Final results Ostateczny wynik
	G2 7 objects / obiektów		G4 95 objects / obiektów		G3 19 objects / obiektów		Path 1 Ścieżka 1	Path 2 Ścieżka 2	
	Yes / Tak	No / Nie	Yes / Tak	No / Nie	Yes / Tak	No / Nie			
Q ₃	43%	57%	11%	88%	32%	68%	88% negative / negatywny	68% positive / pozytywny	negative negatywny
Q ₄	14%	86%	67%	33%	79%	21%	67% positive / pozytywny	79% negative / negatywny	neutral neutralny
Q ₅	0%	100%	40%	60%	5%	95%	60 negative / negatywny	95 positive / pozytywny	neutral neutralny
Q ₆	0%	100%	11%	89%	31%	69%	89% negative / negatywny	69% positive / pozytywny	positive pozytywny
Q ₇	0%	100%	21%	79%	32%	68%	79% negative / negatywny	68% positive / pozytywny	neutral neutralny
Q ₈	0%	100%	85%	12%	79%	11%	85% positive / pozytywny	79% negative / negatywny	neutral neutralny
Q ₉	0%	100%	79%	21%	76%	20%	79% positive / pozytywny	76% negative / negatywny	neutral neutralny

Table 5. Analysis of the effectiveness of passages for boars
 Tablica 5. Analiza efektywności wykorzystania przejść przez dziką

Question Pytanie	Data for path 1 Dane dla ścieżki 1				Data for path 2 Dane dla ścieżki 2		Results Wyniki		Final results Ostateczny wynik
	G2 16 objects / obiektów		G4 21 objects / obiektów		G3 7 objects / obiektów		Path 1 Ścieżka 1	Path 2 Ścieżka 2	
	Yes / Tak	No / Nie	Yes / Tak	No / Nie	Yes / Tak	No / Nie			
Q ₃	25%	75%	13%	84%	21%	79%	84% negative / negatywny	79% positive / pozytywny	neutral neutralny
Q ₄	25%	75%	74%	26%	65%	35%	74% positive / pozytywny	65% negative / negatywny	neutral neutralny
Q ₅	13%	87%	39%	61%	32%	68%	61 negative / negatywny	68 positive / pozytywny	neutral neutralny
Q ₆	13%	87%	38%	62%	9%	91%	62% negative / negatywny	91% positive / pozytywny	positive pozytywny
Q ₇	0%	100%	26%	74%	24%	76%	74% negative / negatywny	76% positive / pozytywny	neutral neutralny
Q ₈	50%	50%	84%	13%	79%	12%	84% positive / pozytywny	79% negative / negatywny	neutral neutralny
Q ₉	50%	50%	75%	18%	79%	21%	75% positive / pozytywny	79% negative / negatywny	neutral neutralny

Jako że wiele czynników wpływa na efektywność przejść dla zwierząt, trudno jest wyodrębnić wpływ poszczególnych elementów. Zastosowana metoda pokazuje tendencje w wyborze ścieżek przekraczania drogi przez zwierzęta kopytne. Tendencje te są jeszcze bardziej widoczne w Tabl. 6, gdzie zestawiono wszystkie wyniki dotyczące łośa, jelenia, sarny i dzika. Niezależnie od gatunku kopytnych, oświetlenie dróg negatywnie wpływa na efektywność przejścia dla zwierząt.

Since many factors affect the efficiency of animal passages, it is difficult to isolate the influence of individual component. The method used shows trends in the choice of paths for crossing the road through ungulates. These trends are even more visible in Table 6, where all results for moose, deer, roe deer and wild boar are summarized. Regardless of the species of ungulates, road lighting negatively affects the efficiency of the crossing for animals.

Table 6. List of results of the analysis of the answers to the survey questions $Q_3 \div Q_9$.
Tablica 6. Zestawienie wyników analizy odpowiedzi na pytania ankietowe $Q_3 \div Q_9$.

Question no. in the survey Nr pytania w ankiecie	Equipment component Element wyposażenia	Effectiveness of passages for: / Efektywność wykorzystania przejść przez:			
		Moose / Łoś	Deer / Jeleń	Roe deer / Sarna	Boar / Dzik
Q_3	Road lighting Oświetlenie drogi	negative negatywna	negative negatywna	negative negatywna	neutral neutralna
Q_4	Shielding vegetation Roślinność osłonowa	positive pozytywna	neutral neutralna	neutral neutralna	neutral neutralna
Q_5	Rootwood and tree stumps Karpiny	positive pozytywna	positive pozytywna	neutral neutralna	neutral neutralna
Q_6	Anti-glare shields Osłony antyolśnieniowe	positive pozytywna	positive pozytywna	positive pozytywna	positive pozytywna
Q_7	Rocks Głazy	positive pozytywna	neutral neutralna	neutral neutralna	neutral neutralna
Q_8	Fencing near a passage Ogrodzenie przy przejściu	neutral neutralna	neutral neutralna	neutral neutralna	neutral neutralna
Q_9	Fencing in the area of a road Ogrodzenie w rejonie przejścia	neutral neutralna	neutral neutralna	neutral neutralna	neutral neutralna

Osłony przeciwołśnieniowe przynoszą pozytywny skutek. Zastosowanie roślinności osłonowej, karpiny i pników drzew oraz głazów nie przeszkadza jeleniom i dzikom, a pozytywnie wpływa na obecność dwóch innych większych ssaków kopytnych na przejściach dla zwierząt. Analiza odpowiedzi na pytania o efektywność ogrodzeń wzdłuż drogi w sąsiedztwie przejść dla zwierząt wykazała, że nie mają one wpływu na wybór przejść dla zwierząt jako sposobu przekraczania drogi.

Spośród siedmiu badanych elementów wyposażenia, tylko dwa zostały uwzględnione w artykułach dotyczących efektywności przejść dla zwierząt: lokalizacja ogrodzeń wzdłuż drogi oraz roślinność osłonowa przy wejściu na przejścia dla zwierząt. Jak wynika z literatury, ogrodzenia mają pozytywny wpływ na efektywność przejść dla zwierząt [3], [9], [10], [19], [23]. Warunkiem jest jednak dostosowanie ogrodzeń do gatunków występujących na danym terenie. W ramach badań do niniejszego artykułu, w odniesieniu do wszystkich zwierząt kopytnych uzyskano wynik, że ogrodzenie nie wpływa na efektywność przejść dla zwierząt. Oznacza to, że używane ogrodzenia nie są dla nich odpowiednie.

Anti-glare shields have a positive effect. The use of shielding vegetation, rootwood and tree stumps and rocks does not disturb deer and wild boars and has a positive effect on the presence of two other larger ungulates at animal passes. The analysis of responses to the questions about the effectiveness of fences along the road in the vicinity of animal crossings showed that they did not affect the selection of animal crossings as a method of crossing the road.

Out of the seven components studied, only two were included in the articles on the effectiveness of animal crossings: the location of fences along the road and shielding vegetation at the entrance to animal crossings. According to the literature, fences have a positive effect on the efficiency of animal passages [3], [9], [10], [19], [23]. However, the condition is to adapt the fences to the species present in the area. In this article, for all ungulates we obtained a result that fencing does not affect the efficiency of animal passages. This means that the used fences are not suitable for them.

According to literature studies, vegetation has a positive effect on the efficiency of passage for animals, and this

Zgodnie z przeglądem literatury, roślinność ma pozytywny wpływ na efektywność przejścia dla zwierząt, co zostało potwierdzone również w przypadku łośia. Wynik ten nie został potwierdzony dla pozostałych zwierząt. Badania nie wykazały wpływu roślinności na zachowanie tych gatunków. Może to wynikać z faktu, że ssaki kopytne boją się drapieźników i przechodzą przez przejścia tam, gdzie jest widoczność. Połączenie tych dwóch warunków mogło doprowadzić do wniosku, że roślinność nie zawsze zachęca zwierzęta do przekraczania drogi przez dane przejście dla zwierząt.

W Tablicach nie ma odpowiedzi na pytanie Q_{10} . Analizując materiał, z którego wykonano przejścia dla zwierząt, trudno jest określić jakiegokolwiek zależności i wpływ materiału na użytkowanie przejścia, gdyż w 90% badanych przypadków są to obiekty żelbetowe. Zarówno w sytuacjach pozytywnych, jak i negatywnych, badane gatunki albo korzystały z obiektów żelbetowych – albo nie. Obiekty stalowe stanowiły niewielki odsetek wszystkich badanych obiektów, nie odnotowano jednak ich wykorzystania przez dziki podczas monitoringu porealizacyjnego. W takiej sytuacji należy przeprowadzić bardziej szczegółową analizę, dotyczącą wyłącznie obiektów stalowych, które mogą drgać i płoszyć zwierzęta.

5. WNIOSKI

Z badań przedstawionych w artykule wynika, że:

1. Przy przejściach dla zwierząt należy stosować osłony przeciwoślepieniowe.
2. W pobliżu przejść dla zwierząt należy ograniczyć oświetlenie dróg.
3. Ogrodzenie wzdłuż drogi sprawdzi się tylko wtedy, gdy będzie dostosowane do gatunków występujących na tym terenie.
4. Pokrywa roślinna nie zawsze jest dla zwierząt argumentem przemawiającym za przejściem przez konstrukcję. Dlatego zastosowanie tego rozwiązania wymaga zbadania innych czynników, np. obecności drapieźników.
5. Pniaki i głązy nie przeszkadzają dzikom i jeleniom, a zachęcają większe ssaki kopytne do korzystania z przejść dla zwierząt, zatem warto je stosować.

Na wykorzystanie przejść przez zwierzęta wpływa wiele czynników. Z tego powodu ocena wpływu wyłącznie elementów wyposażenia jest dość trudna. Uzyskane wyniki okazały się spójne, ponieważ liczba przejść wykorzystywanych przez cztery badane gatunki okazała się wystarczająca do wyciągnięcia wniosków. Niemniej jednak, wnioski oparte na Tabl. 6 nie mogą być uogólniane i odnoszone do zachowań innych zwierząt. Każdy gatunek powinien być badany oddzielnie, np. za pomocą metody przedstawionej w artykule. Aby można

was also confirmed for the moose. This result was not confirmed for the remaining animals. The research shows no influence of vegetation on the behavior of these species. This may be due to the fact that ungulates are afraid of predators and cross the passages where they have visibility. The combination of these two conditions may have led to the conclusion that vegetation does not always encourage animals to cross the road through a given animal crossing.

There is no answer to the question Q_{10} in the tables. Analyzing the material used to construct animal passages, it is difficult to determine any interrelations and the influence of the material on the use of a passage, as 90% of the studied cases are reinforced-concrete facilities. Both in positive and negative situations, the studied species either used reinforced-concrete facilities – or not. Steel facilities constituted a small percentage of all the studied structures; nevertheless, their use by boar during the post-execution monitoring was not recorded. In such a situation, a more detailed analysis should be conducted, concerning exclusively steel facilities which may vibrate and so frighten animals.

5. CONCLUSIONS

The research presented in the article shows that:

1. Anti-glare shields should be used at animal passages.
2. Road lighting should be limited in the vicinity of animal crossings.
3. Fence along the road will only work if it is adapted to the species present in the area.
4. Cover vegetation is not always an argument for animals to pass through the structure. Therefore the use of this solution requires examining other factors, for example, the presence of predators.
5. Because stumps and rocks do not disturb wild boars and deer, and encourage the use of animal crossings by larger ungulates, it is worth using them.

Numerous factors influence the use of passages by animals. For this reason, an assessment of the influence of the equipment components only is quite challenging. The results have turned out to be consistent due to the fact that the number of passages used by the four studied species proved to be sufficient to draw conclusions. Nevertheless, the conclusions based on Table 6 cannot be generalized to concern the behavior of other animals. Every species should be studied separately, e.g. by means of the method presented in the paper. To be able to apply the method, the number of passages in the individual groups

było zastosować tę metodę, liczba przejść dla zwierząt w poszczególnych grupach odpowiedzi na pytania Q_1 i Q_2 powinna być jak największa.

INFORMACJE DODATKOWE

Omawiane w artykule dane zostały wygenerowane w wyniku realizacji zamówienia publicznego udzielonego przez Ministerstwo Infrastruktury. Autorzy dziękują Ministerstwu za udostępnienie wspomnianych danych i umożliwienie kontynuowania pracy naukowej i badań. Praca uzyskała również wsparcie z Dotacji na finansowanie nauki Politechniki Lubelskiej FN16/ILT/2020 i FN50/ILT/2020.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] *Alexander S.M., Waters N.M.*: The effects of highway transportation corridors on wildlife: A case study of Banff National Park. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, **8**, 1-6, 2000, 307-320, DOI: 10.1016/S0968-090X(00)00014-0
- [2] *Fahrig L., Rytwinski T.*: Effects of roads on animal abundance: An empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, **14**, 1, 2009, 21 online, <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/> (06.10.2021)
- [3] *van der Ree R., Smith D.J., Grilo C.*: Handbook of Road Ecology. John Wiley & Sons, 2015
- [4] *Kušta T., Keken Z., Ježek M., Holá M., Šmid P.*: The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate-vehicle collisions in the Czech Republic. *Safety Science*, **91**, 2017, 105-113, DOI: 10.1016/j.ssci.2016.08.002
- [5] *Wang Y., Guan L., Piao Z., Wang Z., Kong, Y.*: Monitoring wildlife crossing structures along highways in Changbai Mountain, China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **50**, 2017, 119-128, DOI: 10.1016/J.TRD.2016.10.030
- [6] *Zhang B., Tang J., Wang Y., Zhang H.*: Designing wildlife crossing structures for ungulates in a desert landscape: A case study in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **77**, 2019, 50-62, DOI: 10.1016/j.trd.2019.10.015
- [7] *Wu J.*: Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, **28**, 2013, 999-1023, DOI: 10.1007/s10980-013-9894-9
- [8] *Thirgood S. et al.*: Can parks protect migratory ungulates? The case of the Serengeti wildebeest. *Animal Conservation*, **7**, 2, 2004, 113-120, DOI: 10.1017/S1367943004001404
- [9] *Olsson M.P.O., Widén P., Larkin J.L.*: Effectiveness of a highway overpass to promote landscape connectivity and movement of moose and roe deer in Sweden. *Landscape and Urban Planning*, **85**, 2, 2008, 133-139, DOI: 10.1016/j.landurbplan.2007.10.006
- [10] *Langbein J., Putman R., Pokorny B.*: Traffic collisions involving deer and other ungulates in Europe and available measures for mitigation. In: *Ungulate Management in Europe – Problems and Practices*. Cambridge University Press, 2011, 215-259, DOI: 10.1017/cbo9780511974137.009
- [11] *Sijtsma F.J., Veen E., Hinsberg A., Pouwels R., Bekker R., Dijk R.E., Grutters M., Klaassen R., Krijn M., Mouissie M., Wymenga E.*: Ecological impact and cost-effectiveness of wildlife crossings in a highly fragmented landscape: a multi-method approach. *Landscape Ecology*, **35**, 7, 2020, 1701-1720, DOI: 10.1007/s10980-020-01047-z
- [12] *Mimet A., Clauzel C., Foltête J.C.*: Locating wildlife crossings for multispecies connectivity across linear infrastructures. *Landscape Ecology*, **31**, 9, 2016, 1955-1973, DOI: 10.1007/s10980-016-0373-y
- [13] *Angelstam P., Khaulyak O., Yamelynets T., Mozgeris G.*: Green infrastructure development at European Union's eastern border: Effects of road infrastructure and forest habitat loss. *Journal of Environmental Management*, **193**, 2017, 300-311
- [14] *Lewis J.S., Rachlow J.L., Horne J.S., Garton E.*: Identifying habitat characteristics to predict highway crossing areas for black bears within a human-modified landscape. *Landscape and Urban Planning*, **101**, 2, 2011, 99-107, DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.01.008
- [15] *Clevenger A.P., Waltho N.*: Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Biological Conservation*, **14**, 1, 2000, 47-56
- [16] *Clevenger A.P., Waltho N.*: Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation*, **121**, 3, 2005, 453-464

of the answers to questions Q_1 and Q_2 should as big as possible.

ACKNOWLEDGEMENTS

The data discussed in the paper have been generated as a result of the performance of the public contract awarded by the Ministry of Infrastructure. The authors would like to give thanks to the Ministry for the access to the said data and the possibility to continue scientific work and research. This work was also supported by the Science Financing Subsidy Lublin University of Technology FN16/ILT/2020 and FN50/ILT/2020.

- [17] *Mata C., Hervás I., Herranz J., Suárez F., Malo J.E.*: Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway. *Journal of Environmental Management*, **88**, 3, 2008, 407-415, DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.03.014
- [18] *Ji S., Jiang Z., Li L., Li Ch.*: Impact of different road types on small mammals in Mt. Kalamaili Nature Reserve. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **50**, 2017, 223-233, DOI: 10.1016/j.trd.2016.11.006
- [19] *Putman R.J.*: Deer and road traffic accidents: Options for management. *Journal of Environmental Management*, **51**, 1997, 43-57
- [20] *Peris S.J., Pescador M.*: Effects of traffic noise on passerine populations in Mediterranean wooded pastures. *Applied Acoustics*, **65**, 4, 2004, 357-366, DOI: 10.1016/j.apacoust.2003.10.005
- [21] *Foglar M., Göringer J.*: Influence of the structural arrangement of bridges on the noise induced by traffic. *Engineering Structures*, **56**, 2013, 642-655, DOI: 10.1016/j.engstruct.2013.05.039
- [22] *Yanes M., Velasco J.M., Suárez F.*: Permeability of roads and railways to vertebrates: The importance of culverts. *Biological Conservation*, **71**, 3, 1995, 217-222, DOI: 10.1016/0006-3207(94)00028-O
- [23] *McCollister M.F., van Manen F.T.*: Effectiveness of Wildlife Underpasses and Fencing to Reduce Wildlife-Vehicle Collisions. *Journal of Wildlife Management*, **74**, 8, 2010, 1722-1731, DOI: 10.2307/40925759
- [24] *Rymcza J., Bohatkiewicz J., Wysokowski A., Dębiński M., Howis J., Jukowski M., Turek W., Rymcza B.*: Efektywność przejść dla zwierząt na drogach publicznych w Polsce. *IBDiM*, seria „S”, zeszyt nr 84, 2019