

Zmniejszenie negatywnego wpływu inwestycji komunikacyjnych (drogowo-kolejowych) na możliwość swobodnej migracji zwierząt

Adam Wysokowski^{1,3}, Leszek Janusz², Anna Staszczuk¹ & Barbara Bednarek²

¹Uniwersytet Zielonogórski, ²ViaCon Polska, ³IBDiM Żmigród

Streszczenie. W artykule podane zostały ogólne informacje na temat szkodliwego działania inwestycji komunikacyjnych związanych ze swobodną migracją zwierząt. Przedstawiono klasyfikację, wraz z opisami, typowych przejść komunikacyjnych dla zwierząt, zarówno dla dróg jak i dla kolei. Podane zostały również ogólne zasady konstruowania takich przejść. Wszystko to zilustrowano odpowiednimi przykładami zastosowania wymienionych wyżej konstrukcji, zarówno tradycyjnych jak i nowoczesnych. Na podstawie licznych badań przeprowadzonych w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów (IBDiM) Żmigród podano zalety różnych typów konstrukcji przejść dla zwierząt. Artykuł zakończono wnioskami na temat przyszłości konstruowania omawianych przejść dla zwierząt.

Słowa kluczowe: migracja fauny, infrastruktura transportowa, efekt bariery, środki techniczne, przejścia dla zwierząt

1. Wprowadzenie

W myśl podstawowej zasady zrównoważonego rozwoju lub inaczej ekorozwoju, wzajemne relacje pomiędzy działalnością człowieka a funkcjonowaniem ekosystemów powinny pozostawać w równowadze. Ścisła współzależność i równoważność rozwoju gospodarczego, środowiska naturalnego oraz rozwoju społecznego warunkuje m.in. utrzymywanie stabilności procesów ekologicznych i ekosystemów, w tym również ochronę różnorodności genetycznej. Ma to też ogromne znaczenie z punktu widzenia ochrony fauny.

Niniejszy artykuł ma na celu omówienie i przedstawienie rozwiązań technicznych – stosowanych w procesie realizacji inwestycji komunikacyjnych, które w myśl omówionej powyżej zasady zmniejszałyby negatywny ich wpływ na możliwość swobodnej migracji zwierząt. Ochrona przyrody nie oznacza przecież rezygnacji z inwestycji. Stosując odpowiednie rozwiązania techniczne, pozwalające zwierzętom na bezpieczne wędrówki, pozostajemy w zgodzie z rozwojem dróg i kolei.

2. Geneza problemu

Podstawą stabilnego i trwałego funkcjonowania populacji zwierząt jest możliwość swobodnego przemieszczania się osobników (Jędrzejewski i in. 2006). Dyspersja i migracje wpływają na rozmieszczenie zwierząt w przestrzeni oraz liczebność i strukturę genetyczną ich populacji. Są też ważnym mechanizmem utrzymania różnorodności biologicznej poszczególnych obszarów.

Budowa szlaku komunikacyjnego zwiększa fragmentację terenu i wywołuje efekt barierowy, prowadzący do zmniejszenia powierzchni bytowania zwierząt oraz do przerywania ich szlaków migracyjnych. Może to doprowadzić nawet do takiego spadku wartości ekologicznej terenów, że nie będą one mogły zapewnić przeżycia populacjom, które zostały rozdzielone (Katalog, 2002).

Infrastruktura szlaków komunikacyjnych, takich jak drogi i linie kolejowe utrudnia, a niekiedy uniemożliwia wymieszanie genetyczne niezbędne do przeżycia zdrowej populacji. Trudności ze znalezieniem partnerów do rozrodu oraz niemożność stworzenia typowych dla gatunku struktur socjalnych powodują obniżenie tempa rozrodu. Kojarzenie się osobników spokrewnionych może powodować ujawnienie się wad wrodzonych. Izolacja prowadzi do zmniejszenia zmienności genetycznej w populacji, przez co spada odporność na choroby i zdolność przystosowywania się do zmian środowiska. Wszystko to jest przyczyną spadku żywotności populacji (Jędrzejewski i in. 2006).

Oprócz wspomnianego efektu barierowego, bardzo poważną konsekwencją rozwoju infrastruktury transportowej jest nasiloną śmiertelność zwierząt. Zależy ona od natężenia ruchu i prędkości pojazdów, szerokości szlaku komunikacyjnego oraz obszaru, przez który szlak ten przebiega. Wiele prac dotyczących analizy wpływu ruchu drogowego na liczbę kolizji i wypadków śmiertelnych pokazuje, że miejsca tych zdarzeń nie są przypadkowe (Michelle & Page 2006; Evink 2001; Donaldson 2006). Na polskich drogach najczęściej giną płazy, średniej wielkości ssaki leśne i polno-leśne oraz duże ssaki. Na drogach i liniach kolejowych w Europie Zachodniej największą śmiertelność odnotowano wśród saren, zajęcy, lisów, borsuków i dzików (Jędrzejewski i in. 2006). Wynika to przede wszystkim z dużej liczebności tych gatunków zwierząt.

Reasumując, do najpoważniejszych konsekwencji realizacji inwestycji komunikacyjnych (drogowo-kolejowych) w odniesieniu do swobodnej migracji zwierząt należy zaliczyć (Jędrzejewski i in. 2006):

- uniemożliwianie lub utrudnianie przemieszczania się wielu gatunków zwierząt (efekt barierowy)
- śmiertelność zwierząt na drogach i liniach kolejowych, a także (o czym nie wspomniano powyżej)
- zniszczenie siedlisk w zasięgu przebiegu szlaku komunikacyjnego oraz
- ekspansja gatunków obcych i synantropijnych.

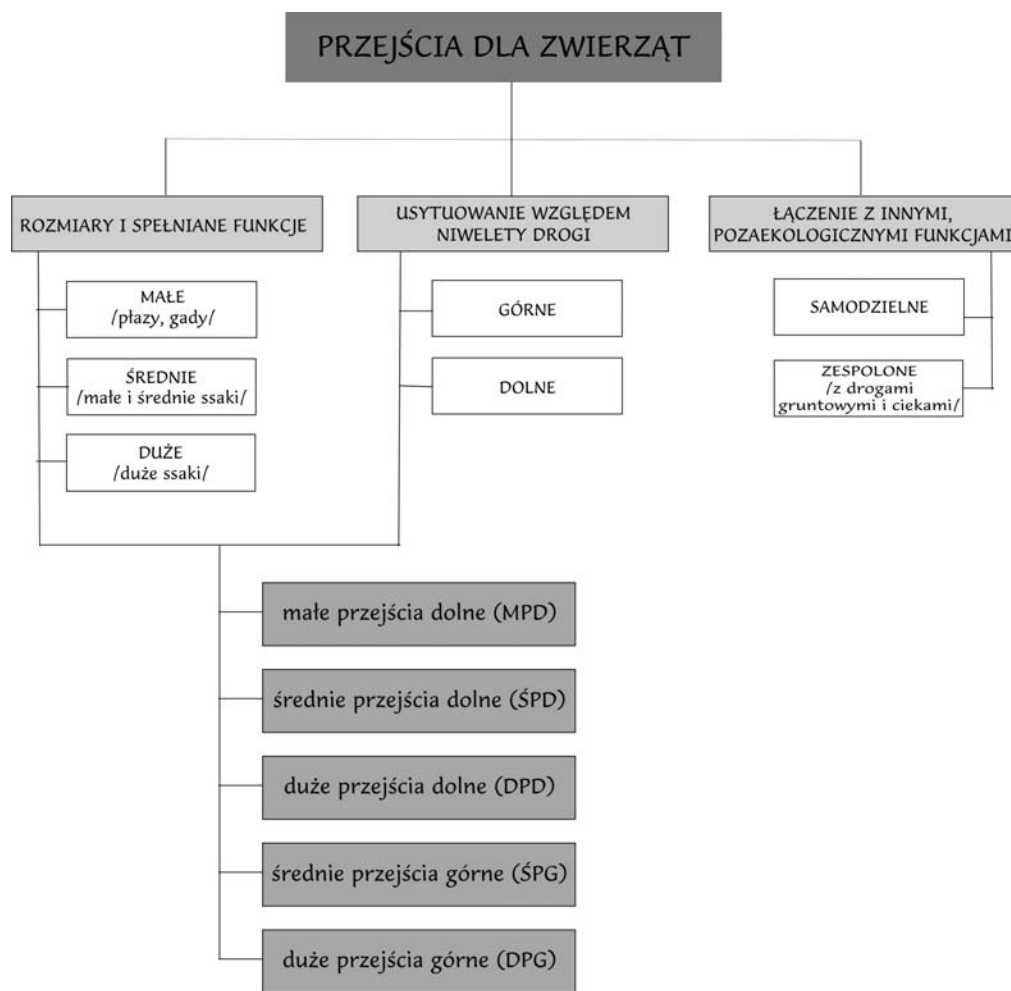
3. Klasyfikacja przejść dla zwierząt i uwagi na temat uzasadnienia ekonomicznego dla ich budowy

Skutecznym rozwiązaniem przedstawionego powyżej problemu są przejścia dla zwierząt. Zapewniają one łączność między dwoma, rozdzielonymi szlakiem komunikacyjnym płacami środowiska, umożliwiając zwierzętom swobodną migrację i stabilne, niezakłócone funkcjonowanie w obrębie populacji.

Na rysunku 1 przedstawiono klasyfikację przejść dla zwierząt, zaś na podstawie pracy Jędrzejewskiego i in. (2006) oraz Katalogu (2002) dokonano ich krótkiego opisu.

Małe przejścia dolne – rodzaj przejścia przeznaczony zasadniczo dla płazów, zwany „przejściem dla żab”, składa się z kanału o przekroju kołowym lub prostokątnym ułożonego w poprzek drogi, zakończonego otworami przyległymi do ogrodzeń podłużnych drogi. Wymiary takiego przejścia wynoszą: szerokość powyżej 2 m, wysokość powyżej 1,5 m.

Przeznaczenie: płazy (głównie żaby) i gady, ale może być wykorzystywane również przez inne małe zwierzęta takie jak: borsuki, lisy, kuny, łasice, gronostaje, wydry, tchórze, jeże oraz gryznie.



Rys. 1. Klasyfikacja przejść dla zwierząt [Źródło: Opracowanie własne na podstawie Katalogu (2002)]

Średnie przejścia dolne – obiekty tego typu są wykonywane w formie tuneli o przekroju kołowym lub prostokątnym o wymiarach wewnętrznych umożliwiających dostateczną widoczność światła i roślinności z drugiej strony przejścia, tj. szerokości powyżej 6 m i wysokości powyżej 2,5 m.

Przeznaczenie: przede wszystkim średnie ssaki: sarny, dziki, lisy. Przy odpowiednim zagospodarowaniu mogą z niego korzystać także rysie, wilki, a nawet jelenie.

Duże przejścia dolne – jest to przejście w formie tunelu pod drogą, o przekroju prostokątnym lub łukowym, zbudowane z elementów betonowych lub metalowych, wkomponowane w otoczenie przez odpowiednie nasadzenia roślinności możliwie zbliżonej do naturalnej. Minimalne parametry: szerokość 15 m, wysokość 3,5 m.

Przeznaczenie: duże ssaki, takie jak łoś, niedźwiedź, jeleń, wilk, ryś, żubr.

Średnie i duże przejścia górne – przejścia tego typu są wykonywane w szczególności, gdy droga jest prowadzona w wykopie, a górna powierzchnia przejścia będzie znajdować się w poziomie otaczającego terenu. Mogą to być tunele przeprowadzające drogę lub wiadukt nad drogą. Kształt, rozmiary i sposób zagospodarowania przejścia powinny zapewniać jak najlepszą widoczność roślinności po drugiej stronie drogi. Skrajne pasy powinny być pokryte naturalną roślinnością, za którą powinny być zainstalowane nieprzezroczyste ekrany wysokości od 1,5 m do 2,5 m, izolujące od hałasu i światła na drodze. Wysokość ekranów zależy od gatunków zwierząt korzystających z przejścia. Przedłużeniem ekranów powinny być ogrodzenia wykonane wzdłuż drogi oraz odpowiednia roślinność krzewiasta nakierowująca zwierzęta na przejście. Istotnym elementem zagospodarowania przejścia jest warstwa żyznej ziemi grubości 30-70 cm, na której powinna rosnąć trawa i roślinność przyciągająca zwierzęta.

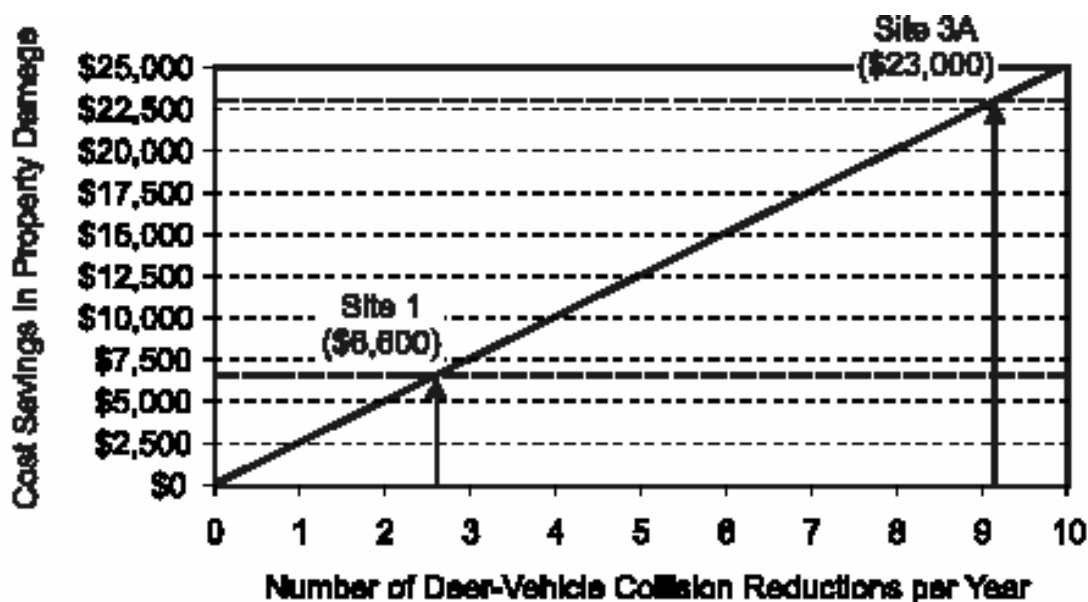
Przeznaczenie: średnie przejścia górne dla małych i średnich ssaków; mogą być również wykorzystywane przez gady i płazy oraz duże ssaki. Duże przejścia górne dla dużych ssaków, a zwłaszcza zwierząt kopytnych, mogą być również wykorzystywane przez gady i płazy oraz małe i średnie ssaki – mają więc charakter uniwersalny.

Po przejściach mogą być prowadzone drogi gruntowe rolne, leśne lub technologiczne. Powstają wówczas przejścia zespolone (wielofunkcyjne), które oprócz funkcji gospodarczej pełnią również funkcje ekologiczne.

Aby zachować lub odtworzyć stan środowiska naturalnego po obu stronach drogi, trzeba zbudować przejście w formie mostu biologicznego lub ekologicznego – zielony most, most krajobrazowy. Ten typ przejścia stosuje się, gdy jest nieuniknione przecięcie drogą korytarza przemieszczania się zwierząt kopytnych o znaczeniu regionalnym.

Do budowy przejść dla zwierząt wykorzystywane są różnorodne rodzaje materiałów i technologii: beton, stal, tworzywa sztuczne. Wybór materiału często wiąże się z ich rozmiarami (małe, średnie, duże). Stosowane rodzaje technologii i materiałów opisane zostały w wielu pracach, m.in.: Janusz i in. (2003); Janusz & Bednarek (2005); Janusz i in. (2006a); Janusz i in. (2006b); Janusz (2006). W USA opracowany został algorytm pozwalający na analizę ekonomiczną skutków działań zapobiegawczych wypadkom drogowym z udziałem zwierząt (Michelle & Page 2006). Na podstawie ewidencji kosztów kolizji drogowych opracowano tabele, które pozwalają na finansową ocenę prawdopodobnych kolizji i ich konfrontację z kosztami działań im zapobiegającym (w tym budową przejść dla zwierząt). Posługując się wspomnianym algorytmem można poszukiwać granicznych wartości nakładów inwestycyjnych, dla których planowana inwestycja ekologiczna ma również uzasadnienie finansowe. Algorytm opisany jest w następujących pracach: Michelle & Page (2006); Janusz (2006); Janusz i in. (2006a).

Na podstawie badań amerykańskich z Virgini (Donaldson 2006) dokonano oceny korzyści finansowych powstałych w wyniku budowy podziemnych przejść dla zwierząt. Analiza poniższego wykresu (rys. 2) potwierdza, że wraz z ograniczeniem potencjalnej liczby kolizji z udziałem jeleni (DVC) w okresie rocznym rosną oszczędności w wydatkach spowodowanych kolizjami.



Rys. 2. Redukcja kosztów wynikająca z ograniczenia liczby kolizji drogowych z udziałem jeleni, spowodowanego budową podziemnych przejść dla zwierząt (Donaldson 2006).

[Objaśnienia: x - liczba kolizji, których uniknąć; y - oszczędność kosztów]

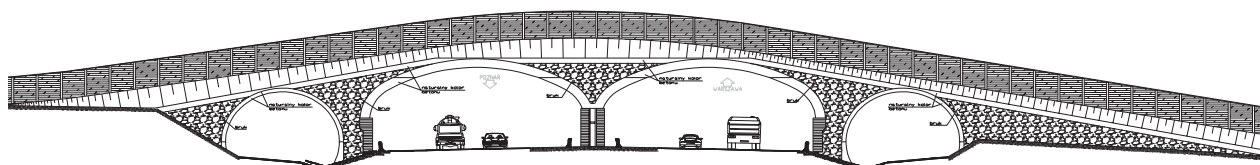
4. Przykład zastosowania konstrukcji ze stalowych blach falistych do budowy przejścia dla zwierząt nad autostradą A2

W 2006 roku zostały oddane do użytkowania 2 przejścia dla zwierząt nad autostradą A2 wykonane w technologii konstrukcji podatnych. Każdy z obiektów składa się z dwóch konstrukcji ze stalowych blach falistych o przekroju łukowym i dwóch konstrukcji o profilu zamkniętym łukowo-kołowym (rys. 3 i 4).

Konstrukcje łukowe mają rozpiętość 17,67 m i wysokość 5,50 m i są posadowione na żelbetowych podporach. Konstrukcje zostały wzmocnione za pomocą żeber w postaci blach falistych na całej powierzchni konstrukcji. Blachę główną oraz żebra wykonano z profili fali 380×140×7 mm. Długość konstrukcji stalowych w miejscu podparcia wynosi ok. 59 m. Konstrukcje o profilu zamkniętym natomiast mają rozpiętość 9,36 m i wysokość 8,13 m. Wykonane zostały z blachy o profilu fali 200×55×7 mm. Ich długość wynosi ok. 76 m. Konstrukcje o profilu zamkniętym posadowione zostały na fundamencie kruszywowym.

Wszystkie konstrukcje stalowe wykonane zostały z blachy zabezpieczonej warstwą cynku zgodnie z PN-EN ISO 1461:2000 oraz dodatkowo ich wewnętrzna powierzchnia pomalowana została farbą epoksydową o grubości min. 200 µm. Po zmontowaniu konstrukcji przewidziano zabezpieczenie antykorozyjne powierzchni stykających się z gruntem za pomocą emulsji bitumicznej. Konstrukcje ze stalowych blach falistych zasypane są mieszanką żwirowo-piaskową zagęszczoną do wskaźnika zagęszczenia min 97% wg standardowej próby Proctora. Wysokość zasypki nad konstrukcjami SC wynosi ok. 2,20 m. Nad konstrukcjami ułożona została izolacja zabezpieczająca przed ewentualnym przesączaniem się wody opadowej do wnętrza konstrukcji.

Minimalna szerokość użytkowa każdego z przejść wynosi ok. 36 m, która zwiększa się na końcach i w rejonie podstawy dochodzi do 75 m. Płaszczyzny wlotu i wylotu przejścia ścięte są zgodnie z pochyleniem skarpy 1:1,5. Wlot i wylot wzmocniony został wieńcem żelbetowym a skarpy umocnione za pomocą kamienia polnego oraz darniny (ryc. 5). Obiekty wyposażone zostały w zieleni ekranizującą, a na krawędziach przejścia przewidziano ekrany przeciwoślnościowe. Wzdłuż autostrady zaprojektowano ogrodzenie, które dochodzi do ekranów, dzięki czemu ogranicza niebezpieczeństwo przedostania się zwierząt na teren pasa ruchu.



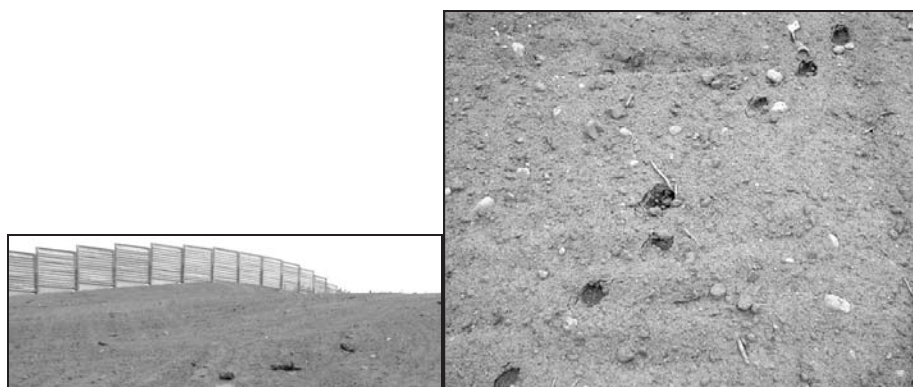
Rys. 3. Widok z boku projektowanego przejścia dla zwierząt nad autostradą A2



Rys. 4. Widok zrealizowanego ekomostu



Rys. 5. Sposób wykonania obiektu na jego końcach



Rys. 6. Ślady zwierzęcia na przejściu ekologicznym nad autostradą A2

Obiekty realizowane nad autostradą A2, to największe na świecie przejścia dla zwierząt wykonane w technologii konstrukcji z blach falistych. Efektywny czas montażu czterech konstrukcji składających się na jedno przejście to osiem tygodni przy użyciu jednego dźwigu i zaangażowaniu 12-osobowej brygady pracowników. Montaż zakończono w drugim tygodniu września 2005. Organizacja montażu pozwalała na prowadzenie prac związanych z budową autostrady pod obiektami bez zakłóceń. Po ukończeniu obiektu zauważono ślady zwierząt, które z niego korzystały przechodząc na drugą stronę autostrady (rys. 6).

5. Dodatkowe przykłady zastosowania konstrukcji gruntowo-powłokowych do budowy przejść dla zwierząt

Na rycinach 7-9 przedstawiono przykładowe przejścia dla małych i średnich zwierząt. Konstrukcje zamieszczone na tych fotografiach są obecnie najczęściej wykonywane w ciągu dróg kołowych i kolejowych w Polsce.



Rys. 7. Przykład przejścia dla płazów oraz małych ssaków pod autostradą A2



Rys. 8. Doświetlenie przejścia pod drogą w pasie rozdziału



Rys. 9. Przykład przejścia dla zwierząt pod autostradą, Kanada

6. Badania nowoczesnych ekologicznych konstrukcji przejść dla zwierząt w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów [IBDiM] w Żmigrodzie

Z uwagi na nowoczesność zaprezentowanych rozwiązań przejść dla zwierząt, zrealizowano w IBDiM cykl badań tego typu konstrukcji zbudowanych z różnych materiałów. Wykonano je w ostatnich kilku latach na zlecenie firm, głównie firmy Viacon. Badaniami objęto:

- konstrukcje owalne o przekroju zamkniętym typu Multi Plate
- konstrukcje o przekroju otwartym typu Box Culvert – w systemie Multi Plate
- stalowe kratowane konstrukcje o przekroju kołowym o średnicy 1 m typu Helcor
- karbowane konstrukcje o przekroju kołowym wykonane z tworzyw sztucznych PEHD.

Badania przeprowadzono w skali naturalnej na mostowym Stendzie badawczym w Żmigrodzie, zaś uzyskane wyniki przedstawiono w kilku raportach: Duszyński (1998), Wysokowski i in. (1999a) i Wysokowski i in. (1999b). Badania wymienionych konstrukcji, które mogą być wykorzystane jako przejścia dla zwierząt, przeprowadzono pod obciążeniem statycznym, dynamicznym, a wybrane z nich nawet długotrwałym zmęczeniowym.

Z uwagi na to, że omawiane konstrukcje są typu gruntowo-powłokowego, istotna w tych badaniach jest współpraca z gruntem. Dlatego też analizowano siły zewnętrzne w konstrukcji powłok jak i naprężenia w gruncie. Wykazano dużą sztywność i trwałość tych konstrukcji m.in. z uwagi na dużą współpracę gruntu w przenoszeniu obciążeń. Uzyskane wyniki można znaleźć w odpowiednich raportach oraz publikacjach: Vaslestad & Wysokowski (1998), Vaslestad i in. (1999), Vaslestad i Wysokowski (1999), Wysokowski (1999), Wysokowski (2001, 2002), Wysokowski i Vaslestad (2002).

7. Podsumowanie

Podsumowując niniejsze omówienie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że przedstawione w artykule konstrukcje w pełni nadają się jako budowle służące przejściom dla zwierząt. Istotne w tym wypadku jest stwierdzenie, że konstrukcje te z uwagi na ich masywność, nie przenoszą drgań, co jest również istotne z punktu widzenia wykorzystania ich przez migrujące przez nie zwierzęta. Nie bez znaczenia jest również duża trwałość.

Zaprezentowane tutaj zagadnienie budowy przejść dla zwierząt, w aspekcie zmniejszenia negatywnego wpływu ruchu drogowego i kolejowego wynikłego z inwestycji komunikacyjnych, potwierdza konieczność przestrzegania zasady zrównoważonego rozwoju ludzkości. Przytoczone przykłady pokazują, że oprócz aspektów ekologicznych można i należy uwzględniać aspekty techniczne, ekonomiczne i społeczne. Zręczne połączenie wspomnianych aspektów pozwala na zachowanie równowagi rozwoju. Przedstawiony przykład budowy przejścia dla zwierząt nad autostradą A2 w Polsce może być wzorem do podobnych rozwiązań w drogownictwie i kolejnictwie.

Literatura

- Donaldson B. (2006). The use of highway underpasses by large mammals and other wildlife in Virginia and factors influencing their effectiveness. Transportation Research Board Annual Meeting. Proceedings, paper no 06-0561. Washington.
- Duszyński A. (1998). Sprawozdanie z nadzoru naukowego IBDiM nad budową modelu badawczego z zastosowaniem przepustu Multi-Plate na Stanowisku Badań Mostów w OBMBiK w Żmigrodzie [A report on the scientific supervision of IBDiM over the construction of the test model using Multi-Plate culvert on the Bridge Testing Stand in OBMBiK in Żmigrod. IMDiM. Żmigród.
- Evink G. L. (2001). Interaction Between Roadways and Wildlife Ecology. A Synthesis of Highway Practice,

- NCHRP Synthesis 305. Transportation Research Board, Washington D.C, 2002.
- Janusz L. (2006). Improving safety on roads and environmental care through construction of animal crossings with use of flexible steel structures. Proceedings of International Conference on Building Education and Research, BEAR 2006, Hong-Kong.
- Janusz L. & Bednarek B. (2005). Największe na świecie przejście dla zwierząt nad autostradą wykonane z konstrukcji z blach falistych [The largest wildlife overpass in the world made with corrugated plate technology]. Materiały Budowlane 9, Warszawa.
- Janusz L., Bednarek B., Machelski C. & Maliszewicz P. (2006a). Ekomosty o konstrukcji z blach falistych [Ecological bridges constructed from corrugated plates]. Eko-Most 2006. Trwałe obiekty mostowe w środowisku [Durable bridge structures in the environment]. Warszawa.
- Janusz L., Bednarek B., Zouhar J. & Sana M. (2006b). The biggest animal overpass made of C-SPS in the world. 11 Międzynarodni Sympozjum MOSTY 2006, Brno.
- Janusz L., Winkowska-Pawlak H., Bednarek B. & Mielnik Ł. (2003). Ekologiczne przejścia dla zwierząt [Ecological wildlife passages]. Magazyn Autostrada 3, Warszawa.
- Jędrzejewski W., Nowak S., Kurek R., Mysłajek R., Stachura K. & Zawadzka B. (2006). Zwierzęta a drogi. Metody ograniczenia negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt [Wildlife and roads. Methods of limiting the negative effect of roads on wildlife populations]. Zakład Badania Ssaków PAN.
- Katalog drogowych urządzeń ochrony Środowiska [The catalogue of road facilities for environmental protection], (2002). Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad. [General Directorate of National Roads and Highways]. Warszawa.
- Michelle A. & Page P. E. (2006). A Toolkit for Reducing Wildlife & Domestic Animal-Vehicle Collisions in Utah. Transportation Research Board Annual Meeting 2006, CD-ROM.
- Vaslestad J., Korusiewicz L. & Wysokowski A. (1999). General Description of Static and Dynamic Testing of Instrumented Culvert. V International Conference "Durable and Safe Road Pavements", 2: 215-221. Kielce.
- Vaslestad J. & Wysokowski A. (1998). Full Scale Testing Multi-Plate Steel Structures in Poland. The 6th Conference "Shell Structures, Theory and Applications" Gdańsk-Jurata, s. 273-274.
- Vaslestad J. & Wysokowski A. (1999). Full scale testing of Multi-Plate corrugated steel culverts including fatigue problems. Archives of Civil Engineering, XLV, 2.
- Wysokowski A. (1999). Badania odporności zmęczeniowej przepustów ze stali karbowanej i tworzyw sztucznych w skali naturalnej. IV Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy Projektowania, Budowy i Utrzymania Mostów Małych” [Testing the fatigue resistance of culverts made of corrugated steel and plastics on a natural scale], pp. 380-392. Wrocław.
- Wysokowski A. (2001). Method of assessing fatigue hazard to steel railway bridges. Engineering Transactions, 4: 459-483.
- Wysokowski A. (2002). Effect of Fatigue on the Durability of Steel Highway Bridges. Archives of Civil Engineering, XLVIII, 1.
- Wysokowski A., Korusiewicz L. & Kunecki B. (1999a). Sprawozdanie z wykonania badań dla konstrukcji przepustów w systemie Multi-Plate i z rur DV/Arot Optima. Część 1: Multi-Plate. [A report on research for the construction of culverts of the Multi-Plate System and from DV/Arot Optima pipes. Part 1: Multi-Plate.] IBDiM. Żmigród.
- Wysokowski A., Korusiewicz L. & Kunecki B. (1999b). Sprawozdanie z wykonania badań dla konstrukcji przepustów w systemie Multi-Plate i z rur DV/Arot Optima. Część II: rury DV/Arot Optima i Helcor. [A report on research for the construction of culverts of the Multi-Plate System and from DV/Arot Optima pipes. Part 2: DV/Arot Optima and Helcor pipes]. IBDiM. Żmigród.
- Wysokowski A. & Vaslestad J. (2002). Full Scale Fatigue Testing of Large - Diameter Multi-Plate Corrugated Steel Culverts. Archives of Civil Engineering, XLVIII, 1.