

ŻYŁKOWSKA Joanna <sup>1</sup>

## Ochrona fauny w korytarzach transportowych, metody alternatywne wobec przejść dla zwierząt

*Znaki drogowe, systemy wykrywania zwierząt, systemy ostrzegania kierowców, elementy odblaskowe, "wilcze oczy", moduły akustyczne, urządzenia ochrony zwierząt UOZ*

### Streszczenie

*Przejścia dla zwierząt w połączeniu z grodzieniem dróg są najskuteczniejszą metodą zapobiegającą wypadkom z udziałem zwierząt, jednak rozwiązanie to nie zawsze jest uzasadnione lub wręcz możliwe. Opracowuje się więc inne metody, przeważnie polegające na ostrzeganiu zwierząt przed nadjeżdżającym pojazdem albo na ostrzeganiu kierowców o ryzyku pojawienia się zwierzęcia na drodze. Urządzeniami ostrzegającymi zwierzęta przed nadjeżdżającym pojazdem są m.in. tzw. "wilcze oczy", w Polsce opracowano też nowatorskie urządzenia przeznaczone do użytku na liniach kolejowych (UOZ). Na zachodzie testuje się systemy wykrywania dużych zwierząt i aktywnego informowania kierowców o ryzyku kolizji ze zwierzęciem. Opisane systemy mogą być skutecznym uzupełnieniem działań w zakresie ochrony zwierząt, ochrony korytarzy ekologicznych oraz poprawy bezpieczeństwa ruchu.*

### ANIMAL-VEHICLE COLLISION MITIGATION METHODS – ALTERNATIVES TO OVERPASSES AND UNDERPASSES

### Abstract

*Animal overpasses and underpasses in combination with wildlife fencing is the most effective method of preventing animal-vehicle collisions. However it is not always possible or cost-effective. Therefore new methods are being invented: animal deterring systems and systems warning drivers against animals on road. Devices that deter animals from roads are for example wildlife warning reflectors or a Polish invention: animal deterring device designed for railway lines. In western Europe and USA there are tested animal detection systems connected with signs warning drivers against the risk of collision. These systems may provide an effective completion methods for protecting animals on roads, providing wildlife connectivity and increasing safety on roads.*

### 1. WSTĘP

Przejścia dla zwierząt połączone z ogrodzeniami ochronnymi są niewątpliwie najskuteczniejszą metodą ograniczenia śmiertelności zwierząt na drogach, o blisko stu procentowej skuteczności. Pomimo wielu zalet, tak jak wszystkie metody, także i przejścia dla zwierząt mają swoje wady i ograniczenia. Zasadność budowy przejść w dużej mierze zależy od sytuacji topograficznej, w szczególności ukształtowania terenu, w którym usytuowana jest droga. Często przeszkodą dla budowy przejść dla dużych zwierząt są ich koszty. Przejścia funkcjonują najlepiej w połączeniu z ogrodzeniami, zaś te ostatnie mogą w niektórych sytuacjach powodować poważniejsze skutki środowiskowe (fragmentacja ekosystemu) niż śmiertelność zwierząt – tak jest w przypadku dróg o małym natężeniu ruchu oraz linii kolejowych [8].

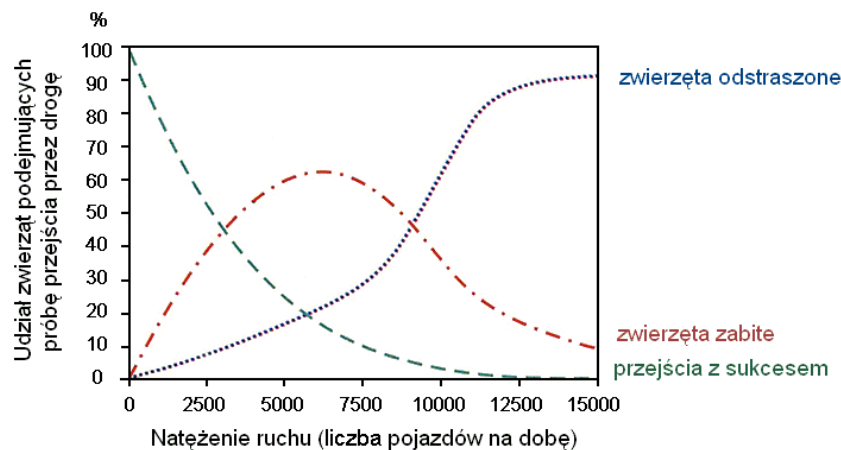
Poza przejściami istnieją także inne metody ograniczania śmiertelności zwierząt na drogach – mogą być one traktowane zarówno jako uzupełnienie wobec przejść dla zwierząt, jak również jako podstawowe, samodzielne metody przy danej inwestycji liniowej. Rozwiązania te są zazwyczaj mniej skuteczne, jednak ich stosowanie może być znacznie bardziej uzasadnione ekonomicznie.

W opinii autorów raportów opracowanych dla dróg mało które rozwiązanie jest skuteczne, gdy jest stosowane w pojedynkę, natomiast kombinacja różnych metod skutkuje bardzo wysoką skutecznością w zapobieganiu wypadkom z udziałem zwierząt [11].

### 2. PRZEJŚCIA PO POWIERZCHNI DROGI

To najpopularniejsze rozwiązanie, polegające w najprostszej formie na niepodejmowaniu żadnych działań wobec zwierząt, stosowane jest często nieświadomie. Gdy nie zastosuje się środków utrudniających zwierzętom dostęp do jezdni, przechodzą one po jej powierzchni. Skuteczność migracji zwierząt w poprzek drogi zależy od natężenia ruchu pojazdów (rys. 1.). Przy niskim poziomie ruchu, większości zwierząt udaje się bezpiecznie przekraczać drogę. Im większe natężenie ruchu pojazdów, tym więcej zwierząt ginie w wyniku wypadków. Gdy ruch pojazdów jest ciągły, przejście na drugą stronę staje się praktycznie niemożliwe, a zwierzęta w większości rezygnują z podejmowania prób.

<sup>1</sup> NEEL Sp. z o.o.; ul. Białozora 3, 02-817 Warszawa. tel.: + 48 22 649 56 30, 648 41 30, e-mail: joanna.zylkowska@neel.com.pl



Rys.1. Wykres zależności skuteczności przejść po powierzchni drogi w zależności od natężenia ruchu pojazdów [2 cyt. za Luell i in. 2003]

Na drogach o stosunkowo niskim natężeniu ruchu pojazdów, przy zastosowaniu odpowiednio dobranych środków przeciwdziałających wypadkom, przejścia po powierzchni drogi mogą być optymalnym rozwiązaniem zapewniającym zwierzętom możliwość swobodnej migracji [11].

### 3. OSTRZEGANIE I ODSTRASZANIE ZWIERZĄT

Aby powstrzymać zwierzęta przed wchodzeniem na drogę, poza ogrodzeniami stosuje się różne środki mające na celu odstraszenie zwierząt od drogi lub ostrzeżenie ich o zbliżającym się pojeździe. Niektóre z nich działają bez powiązania z ruchem pojazdów (tzw. płoty chemiczne, urządzenia akustyczne emitujące dźwięki cyklicznie), inne uruchamiają się tylko przy nadjeżdżającym samochodzie lub pociągu albo są montowane na pojazdach.

Żadna z tych metod nie zapewni ograniczenia liczby kolizji o 100%, ponieważ dostęp do jezdni/torów nie jest dla zwierząt fizycznie zablokowany. Oddziałuje się na psychikę zwierząt, by je zaniepokoić, zniechęcić do wejścia na drogę lub skłonić do oddalenia się. Zdarzają się sytuacje, w których zwierzęta są tak zdeterminowane, żeby się gdzieś dostać lub przed czymś uciec, że przestają zwracać uwagę na większość sygnałów z otoczenia. Przykładem takiej sytuacji jest gonienie sarny przez sforę psów lub pogoń lisa za zającem.

#### 3.1 Bariery chemiczne

Bariery chemiczne nazywane też płotami chemicznymi to metoda polegająca na stosowaniu substancji zapachowych odstrasżających zwierzęta wzdłuż określonego odcinka drogi. Substancja powinna być uwalniana stopniowo w sposób ciągły, aby jej stężenie w powietrzu było możliwie stałe. W tym celu używa się jako nośnika np. pianek organicznych umieszczonych w specjalnych zbiorniczkach umieszczonych na drzewach lub słupach przydrożnych. Metoda wymaga okresowego uzupełniania substancji zapachowej.

Badania na drogach wskazały, że ilość wypadków z udziałem jeleniowatych zmniejsza się na zabezpieczonych odcinku, za to zwiększa się na obszarach sąsiadujących z testowym. Metodę tę należy więc stosować w połączeniu z innymi środkami zapobiegawczymi, w przeciwnym razie wzrośnie liczba wypadków poza obszarem działania repelentów [11]. Badania nad ograniczaniem śmiertelności łośi na torach kolejowych nie dały jednoznacznych wyników [1].

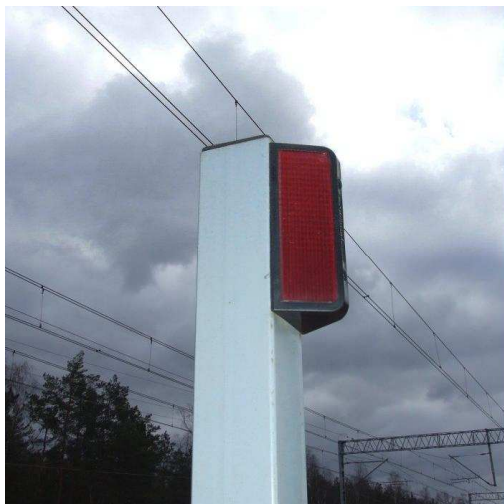
Proponowane repelenty to m.in. amoniak, zapach czosnku, syntetyczne zapachy zwierząt, wydaliny drapieżników lub zapach psujących się jaj. Z dostępnej literatury wynika, że dwie ostatnie pozycje mają potencjalnie największą siłę oddziaływania na zwierzęta kopytne, jednak brak jeszcze stosownych testów w warunkach terenowych [11].

Nie wiadomo też, czy zwierzęta z czasem nie przyzwyczajają się do repelentów. Można przypuszczać, że nie powinny się przyzwyczajając do zapachu drapieżnika, mogą jednak przestać reagować na sztuczne substancje chemiczne [6].

#### 3.2 Elementy odblaskowe – „wilcze oczy”

Punktowe elementy odblaskowe (PEO – fot. 1. i 2.) znane pod nazwą „wilcze oczy” stosowane są od dawna na drogach samochodowych – na zachodzie jest to jedna z najpopularniejszych metod stosowanych w celu ograniczania liczby wypadków ze zwierzętami. Ostatnio w Polsce wprowadza się je również na kolei. Stosowane u nas PEO mają kształt pionowych prostokątów o podłużnych wymiarach kilkunastu cm, są montowane na poboczu na wysokości odpowiadającej wysokości światła pojazdu i odbijają światło reflektorów w kierunku na zewnątrz od drogi. Kiedy na drodze nie ma żadnych pojazdów, zwierzęta mogą bez przeszkód przejść na drugą stronę. Gdy nadjeżdża pojazd, odbite

i rozproszone światło jego reflektorów powinno zatrzymać zwierzęta poza skrajem drogi. Nazwa marketingowa („wilcze oczy”) jest myląca, ponieważ oczy drapieżników nie świecą w ciemności, o ile nie zostaną oświetlone. Elementy odblaskowe nie przypominają więc oczu drapieżnika, mają jedynie – jako nietypowy, nieznaną bodziec – zwrócić uwagę zwierząt i zaniepokoić je na tyle, aby przez moment nie zbliżały się do drogi. Stosowanie tego typu urządzenia ma sens jedynie na drogach o stosunkowo niskim natężeniu ruchu, na których przejazdy poszczególnych pojazdów przedzielone są okresami, kiedy zwierzę może bezpiecznie przekroczyć jezdnię. Przy dużym natężeniu ruchu bodźce świetlne emitowane są w sposób ciągły. Doświadczenie pokazuje jednak, że elementy odblaskowe często są montowane przy drogach o dużym natężeniu ruchu [11].



Fot. 1.-2. Elementy odblaskowe: wygląd i wysokość mocowania w przypadku instalacji na linii kolejowej [15]

Zaletą urządzenia jest łatwość i niski koszt montażu oraz umożliwienie zwierzętom swobodnej migracji, gdy na drodze nie ma żadnych pojazdów. Poważne ograniczenie to czas ich działania – wyłącznie w nocy, podczas gdy większość zwierząt jest aktywna o zmierzchu i o świcie [19,11]. Ponadto PEO nie chronią zwierząt, które już znajdują się na drodze. Wadą jest też mała odporność na czynnik ludzki (kradzieże).

Z dostępnej literatury na temat skuteczności reflektorów odblaskowych, jedynie dane producenta zapewniają o ich wysokiej skuteczności. Niezależne badania, prowadzone w różnych krajach przez ostatnie kilkadziesiąt lat, wykazują szybką habituację lub całkowity brak reakcji zwierząt na bodźce świetlne oraz brak wpływu PEO na zapobieganie wypadkom [12,13,17]. Polskie badania także stwierdziły brak reakcji zwierząt (dziki i jeleniowate) na bodźce świetlne [4].

### 3.3 Moduły akustyczne

Moduły akustyczne, podobnie jak wilcze oczy, w swoim założeniu poprzez zastosowanie nietypowego bodźca mają zaniepokoić zwierzę na tyle, żeby nie wchodziło w obszar drogi. Emitują one zależnie od producenta dźwięk ciągły lub modulowany trwający przez kilka sekund. Różne urządzenia pracują w różnych pasmach, najpopularniejsze są moduły emitujące dźwięk o częstotliwości ok. 2-5 kHz. Większość tego typu urządzeń uruchamiana jest po oświetleniu reflektorami pojazdu i w związku z tym – podobnie jak element odblaskowy – działa tylko w godzinach nocnych. Odległość, z jakiej moduły zareagują na światła samochodów wynosi 50-100 m. Zasilane są energią słoneczną.



Fot. 3.-4. Jeden z dostępnych na rynku modułów akustycznych: urządzenie jako samodzielna jednostka oraz w połączeniu z reflektorem odblaskowym [16]

Artykuły w prasie ogólnej chwalą tę metodę odstraszenia, informując o jej skuteczności przynajmniej w okresie bezpośrednio po montażu, jednak badania naukowe nie potwierdzają tych doniesień. Niektórzy autorzy wskazują na pewną skuteczność w zapobieganiu wypadkom, utrzymującą się przez jakiś czas po montażu, inni wykazują brak

jakiegokolwiek wpływu modułów akustycznych na zachowanie zwierząt lub wykazują szybkie przyzwyczajanie się jeleniowatych do dźwięków generowanych przez moduły [10].

Urządzenia działające w paśmie ultradźwięków, zarówno w postaci stacjonarnej – montowane na poboczach – jak i w formie gwizdków przyczepianych do pojazdów również nie przeszły naukowej weryfikacji, badania m.in. łośi [9] i jeleni mulaków [14] wykazały, że ultradźwięki nie mają odstrasżającego wpływu na te zwierzęta.

### 3.4 Urządzenia świetlno-dźwiękowe

Moduły akustyczne stosowane są na drogach samochodowych jako autonomiczne urządzenia lub – częściej – w połączeniu z elementami odblaskowymi (fot. 3. i 4.). Według producentów połączenie dwóch rodzajów bodźców ma zapewnić jeszcze wyższą skuteczność w zapobieganiu wypadkom.

Ostatnio zaproponowano zastosowanie analogicznego urządzenia na kolei, wykorzystującego bodźce świetlne i dźwiękowe, które mogą być emitowane równocześnie lub rozłącznie. Urządzenia sterowane są elektronicznie i uruchamiane w oparciu o sygnał o nadjeżdżającym pociągu [7]. Nie ma jeszcze badań skuteczności tych urządzeń. Wyżej wspomniane badania różnych metod odstrasżania stosowanych na drogach wskazują na szybką habituację zwierząt zarówno wobec bodźców świetlnych jak i dźwiękowych, więc przypuszczalnie to samo zjawisko zajdzie w urządzeniach montowanych przy liniach kolejowych.

### 3.5 Akustyczna atrapa bodźców kluczowych

Opracowane i stosowane w Polsce akustyczne urządzenie ochrony zwierząt (UOZ – fot. 5.) wykorzystujące atrapę bodźców kluczowych zaprojektowane jest dla ruchu kolejowego. Podstawową różnicą między aktywnymi urządzeniami tego typu a opisanymi wcześniej metodami jest rodzaj zastosowanych bodźców. Elementy odblaskowe, moduły akustyczne oraz gwizdki ultradźwiękowe montowane na zderzakach pojazdów – wszystkie one bazują na sztucznych bodźcach nie związanych ze środowiskiem zwierząt. Atrapa bodźców kluczowych wykorzystuje zaś naturalne dźwięki, w szczególności nagrania głosów alarmowych różnych zwierząt, czyli sygnałów informujących o niebezpieczeństwie stanowiących bodźce kluczowe. Reakcja na te bodźce jest wrodzona i nie podlega habituacji [6]. Dzięki zastosowaniu bogatej bazy nagrań, sygnały alarmowe przy kolejnych przejazdach pociągów nie powtarzają się.



Fot. 5. Urządzenie akustyczne zamontowane na odcinku Mińsk Mazowiecki – Siedlce [15]

Podobnie jak w przypadku większości urządzeń ostrzegających, działanie UOZ ogranicza się do krótkiego czasu tuż przed przejazdem pociągu. Między kolejnymi przejazdami urządzenia milczą, a zwierzęta mogą swobodnie korzystać z obszaru linii kolejowej. Ograniczeniem systemu UOZ jest uzależnienie od zasilania energią elektryczną, ponadto urządzenia nie powinny być montowane w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru zabudowanego (minimalna zalecana odległość od zabudowy mieszkalnej wynosi 300 m), nie powinny być stosowane przy bardzo dużym natężeniu ruchu pociągów (czas następstwa między przejazdami poniżej 5 minut).

Badania przeprowadzone na zlecenie PKP-PLK na linii E-20, Mińsk Mazowiecki – Siedlce wykazały, że zwierzęta występujące na tym terenie przez kilka lat działania systemu nie przyzwyczyły się do zastosowanego zestawu bodźców. Najczęstszą reakcją zwierząt po usłyszeniu atrapy dźwiękowej jest zaprzestanie wykonywanych czynności i wycofanie się z otwartego terenu w stronę dającej schronienie wysokiej roślinności [18,19].

4. ODDZIAŁYWANIE NA KIEROWCÓW

4.1 Znaki ostrzegawcze

W miejscach, w których droga przecina kompleksy leśne, zazwyczaj ustawia się znak drogowy “Uwaga, dzikie zwierzęta” (w Polsce jest to znak A-18b przedstawiający sylwetkę skaczącego jelenia – rys. 2.). Skuteczność tej formy ostrzegania kierowców jest jednak z kilku względów bardzo niska. Z jednej strony decyzja o lokalizacja znaków rzadko jest poprzedzona analizą faktycznej częstotliwości pojawiania się zwierząt na drodze, z drugiej – kierowcy szybko uczą się ignorować znaki ostrzegawcze, jeżeli nie mają osobistego doświadczenia ze zwierzętami pojawiającymi się nagle na drodze. Aby zmniejszyć ilość kolizji pojazdów ze zwierzętami, miejsca faktycznie wykorzystywane przez zwierzęta do migracji powinny być oznakowane w skuteczniejszy sposób. Jeżeli wędrówki zwierząt mają charakter okresowy, skuteczność znaków ostrzegawczych powinna wzrosnąć, jeśli będą eksponowane jedynie w sezonie migracyjnym [11].



Rys. 2. Standardowy znak drogowy stosowany w Polsce



Fot. 6. Znak drogowy z migającym reflektorem uruchamianym w przypadku wykrycia zwierząt [3]

Sugeruje się też, że obecnie stosowane znaki – w postaci sylwetki pojedynczego jelenia – mogą wprowadzać kierowców w błąd. Wiele wypadków następuje, gdy kierowca zauważy pierwsze zwierzę i skutecznie je wyminie, aby zaraz potem zderzyć się z kolejnym osobnikiem ze stada wychodzącym na drogę. Putman i in. sugerują, że większą wartość informacyjną, a co za tym idzie i skuteczność, może mieć znak przedstawiający jedno zwierzę na drodze oraz kolejne osobniki na poboczu, szykujące się do przejścia [11].

Obecnie w Europie i w Stanach Zjednoczonych testuje się systemy “dynamicznego oznakowania” – znak drogowy (np. w postaci tablicy LED) jest uruchamiany, gdy pojazd przekracza zalecaną prędkość albo tylko w sytuacji, gdy przy drodze znajdują się zwierzęta [11] (fot. 6).

Skuteczniejsze ostrzeganie kierowców powinno zaowocować mniejszą liczbą wypadków i mniejszymi szkodami ekonomicznymi (rys. 3.).



Rys. 3. Schemat działania skutecznych znaków ostrzegających kierowców [20]

#### 4.2 Systemy wykrywania zwierząt

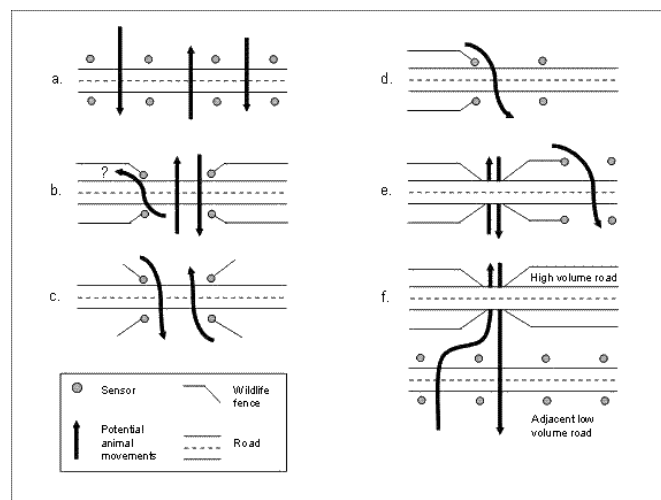
Systemy te mają za zadanie wykrywanie dużych zwierząt znajdujących się na drodze lub w jej bezpośrednim otoczeniu oraz informowanie kierowców o potencjalnym niebezpieczeństwie. Po wykryciu zwierzęcia system aktywuje znaki ostrzegawcze w postaci migającego żółtego światła lub tablicy LED. Znaki skłaniają kierowców do zwiększenia ostrożności i/lub redukcji prędkości pojazdu. W efekcie powinno to prowadzić do zmniejszenia ogólnej liczby wypadków, a w przypadku tych, których nie uda się uniknąć – do łagodniejszych następstw i mniejszych strat materialnych. Doprowadzi to do zwiększenia bezpieczeństwa użytkowników drogi oraz zmniejszenia liczby zabitych i rannych zwierząt (patrz schemat). Dotychczasowe badania wskazują na skuteczność systemu średnio rzędu 80 %, jednak rozwiązanie to należy ciągle traktować jako eksperymentalne [11].

W idealnej sytuacji system powinien wykrywać wszystkie duże zwierzęta (np. rozmiaru sarny i większe) zbliżające się do drogi. Jeśli z jakiegoś powodu duże zwierzę nie zostanie wykryte, w efekcie będzie to tzw. wynik “fałszywie negatywny”. Ilość fałszywych negatywów powinna być oczywiście utrzymana tak blisko zera, jak to tylko możliwe. Podczas gdy bardzo czułe systemy gwarantują zerową lub bardzo niską liczbę zdarzeń fałszywie negatywnych, mogą one reagować na więcej czynników niż tylko obecność dużych zwierząt – przykładowo mogą być aktywowane przez roślinność poruszaną przez wiatr, spadające liście lub przelatujące ptaki. Daje to wyniki “fałszywie pozytywne” czy też “fałszywe alarmy”. Gdy takie zdarzenia (uruchomienie znaku, gdy na drodze nie ma zwierząt) będą się zbyt często powtarzać, kierowcy nauczą się ignorować ostrzeżenia, a ryzyko wypadków stanie się takie samo, jak przy braku systemu wykrywania zwierząt. Dlatego też kluczowe jest, aby system wykrywania zwierząt był wiarygodny, a fałszywe negatywy i pozytywne utrzymane na poziomie minimalnym.

Istnieją różne typy czujników wykrywających zwierzęta: wykorzystujące wiązki promieniowania i reagujące na zaburzenia w odbiorze emitowanej wiązki oraz systemy “obszarowe” wykrywające ruch w zadanym polu widzenia. W detektorach pierwszego typu transmitter wysyła sygnały (np. mikrofale, światło lasera) w stronę odbiornika. Gdy zwierzę wejdzie pomiędzy nadajnik i odbiornik, jego ciało blokuje lub osłabia wiązkę, co powoduje aktywację znaków ostrzegawczych. Typ “obszarowy” wykrywa zwierzęta znajdujące się w określonym zasięgu od czujników, które pracują zazwyczaj w zakresie podczerwieni lub mikrofal. Testuje się również inne rozwiązania, m.in. podziemne geofony oraz obroże radiolokacyjne zakładane poszczególnym zwierzętom (czujniki przy drodze reagują na wykrycie takiej obroży). Każdy z wymienionych typów ma swoje ograniczenia, przy wyborze systemu dla określonej lokalizacji należy uwzględnić takie czynniki jak topografia terenu i lokalne warunki klimatyczne.

Przewagą tych systemów nad przejściami dla zwierząt jest fakt, że można je montować bez większych ingerencji w strukturę drogi. Jeżeli system wykrywania zwierząt pokrywa stosunkowo długi odcinek drogi, zwierzęta mogą swobodnie przekraczać drogę w dowolnym miejscu, ich ruch nie jest sztucznie skanalizowany. Systemy wykrywania zwierząt mogą też działać w powiązaniu z ogrodzeniami ochronnymi – można je instalować na końcach wygradzonych odcinków drogi lub w przerwach w ogrodzeniach (rys. 4.).

Wady systemów wykrywania zwierząt: wykrywają one tylko duże zwierzęta, więc średnie i małe gatunki nadal będą tak samo zagrożone śmiertelnością na drodze. Dodatkowo, jak już wspomniano, są to systemy eksperymentalne, wymagające wciąż pracy nad ich udoskonaleniem, zarówno w zakresie wykrywania zwierząt, jak i doboru odpowiednich sygnałów ostrzegawczych dla kierowców [11,20].



Rys. 4. Możliwości połączenia systemu detekcji zwierząt z ogrodzeniami ochronno-naprowadzającymi [3]

#### 4.4 Zwiększenie widoczności

Zarządzanie roślinnością przydrożną, w szczególności wycinka drzew i krzewów znajdujących się bezpośrednio przy krawędzi drogi, może przynieść korzyści dwutorowo: kierowca ma większą możliwość zauważenia zwierząt znajdujących się w pobliżu drogi, a zwierzęta lepiej widzą nadjeżdżające pojazdy. Usunięcie roślinności może także zmniejszyć prawdopodobieństwo, że leśne zwierzęta (jelenie) będą podchodzić blisko do krawędzi drogi. Bardzo ważna jest kwestia regularności oraz sposobu usuwania roślinności, ponieważ samo wycięcie drzew i krzewów może spowodować bujny rozrost roślin zielnych stanowiących cenną bazę pokarmową dla zwierząt kopytnych. W takim przypadku wycinając drzewa w zamian otrzyma się atrakcyjne pastwisko, na którym zwierzęta mogą się pojawiać nawet częściej niż uprzednio, zwiększając ryzyko wypadków i powodując efekt odwrotny do zamierzonego.

Wycinanie przydrożnej roślinności nie jest więc uniwersalną metodą, jednak badania wykonane w różnych krajach wskazują, że obecność drzew i krzewów tuż przy drodze zwiększa ryzyko wypadków, zaś zwiększenie widoczności ogranicza to ryzyko (dotyczy zarówno dróg samochodowych, jak i kolei [5]). Zwiększenie widoczności należy rozważać jako jeden z potencjalnych sposobów na zmniejszenie liczby wypadków, szczególnie w miejscach już zidentyfikowanych jako szczególnie niebezpieczne. Należy tu zauważyć, że sadzenie drzew wzdłuż nowo powstających dróg może się przyczynić do większej śmiertelności zwierząt na tych drogach [11].

#### 4.5 Zamykanie dróg lokalnych w porze migracji zwierząt

W przypadku dróg lokalnych o małym natężeniu ruchu można zastosować zamykanie dróg w czasie najintensywniejszej migracji zwierząt. Przykładowo w kilku stanach w USA podczas intensywnej migracji płazów zamyka się fragmenty wybranych dróg w godzinach nocnych w dniach, kiedy przewiduje się największą liczbę migrujących zwierząt (gdy prognoza pogody zapowiada temperaturę powyżej 10°C oraz opady). Umożliwia to bezpieczną wędrówkę zwierząt w momentach jej największego natężenia [3].

### 5. WNIOSKI

W ostatnich latach opracowano wiele różnorodnych metod ograniczania liczby wypadków drogowych z udziałem dzikich zwierząt. Badania wykazują, że próby zniechęcenia zwierząt do wchodzenia na drogę przy pomocy sztucznych bodźców (błyski światła, modulowane dźwięki, gwizdki ultradźwiękowe) nie wywołują pożądanej reakcji zwierząt lub w najlepszym wypadku reakcja ta szybko zanika w wyniku przyzwyczajania się zwierząt do bodźca (habitacji). Znacznie wyższą skuteczność mają metody oparte na bodźcach naturalnych (nagrania głosów ostrzegawczych zwierząt, zapach drapieznika).

Na drogach samochodowych bada się systemy skutecznego ostrzegania kierowców o ryzyku spotkania zwierzęcia na drodze. Połączenie aktywnych znaków ostrzegawczych z czujnikami wykrywającymi zwierzęta wydaje się dobrze rokującym kierunkiem działań, wymaga jednak dalszych badań i udoskonalenia systemu.

Zarówno metody polegające na ostrzeganiu bądź odstraszeniu zwierząt, jak i te skoncentrowane na zwiększeniu czujności kierowców, to sposoby godne rozpatrzenia w sytuacjach, gdy nie zaleca się budowy dużych przejść dla zwierząt i/lub nie wskazane jest grodzenie dróg na dłuższych odcinkach.

### 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Andreassen H.P., Gundersen H., Storaas T.: *The effect of scent-marking, forest clearing, and supplemental feeding on moose-train collisions*, Journal of Wildlife Management 69, 2005.
- [2] Borkowska S.: *Wypadki ze zwierzętami. Jak mało wciąż o nich wiemy*, Dzikie Życie 6/180, 2009.
- [3] Huijser M.P., McGowen P., Fuller J. i in.: *Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress*, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2008.
- [4] Jasińska K., Krauze-Gryz D., Wasilewski M., Werka J.: *Optyczne metody ochrony zwierząt na torach kolejowych*, materiały z konferencji "Nowoczesne technologie w realizacji projektów inwestycyjnych transportu kolejowego", Jurata, 2011.
- [5] Jaren V., Andersen R., Ulleberg M., Pedersen P.H., Wiseth B.: *Moose-train collisions: the effects of vegetation removal with a cost-benefit analysis*, Alces 27, 1991.
- [6] Kossak S.: *Zasada działania atrapy bodźców kluczowych zastosowanej w urzędzeniu UOZ-1 wypłaszającym zwierzęta z torów kolei szybkiego ruchu*, materiały z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Oddziaływanie infrastruktury transportowej na przestrzeń przyrodniczą”, Poznań, 2006.
- [7] Kozłowski W., Surowiecki A.: *Rozwiązania dotyczące uwarunkowań środowiskowych w procesie modernizacji magistral kolejowych*, Problemy Kolejnictwa 152, 2011.
- [8] Kurek R.T.: *Poradnik projektowania przejść dla zwierząt i działań ograniczających śmiertelność fauny przy drogach*, Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot, Bystra, 2010.
- [9] Muzzi P.D., Bisset A.R.: *Effectiveness of ultrasonic wildlife warning devices to reduce moose fatalities along railway corridors*, Alces 26, 1990.

- [10] Putman R., Apollonio M., Andersen R.: *Ungulate Management in Europe: Problems and Practices*, Cambridge University Press, 2011.
- [11] Putman R.J., Langbein J., Staines B.W.: *Deer and Road Traffic Accidents: A Review of Mitigation Measures: Costs and Cost-Effectiveness*, Report for the Deer Commission for Scotland, Contract RP23A, UK, 2004.
- [12] Reeve A.F., Anderson S.H.: *Ineffectiveness of Swareflex reflectors at reducing deer vehicle collisions*, Wildlife Society Bulletin 21, 1993.
- [13] Romin L.A., Bissonette J.A.: *Deer vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts*, Wildlife Society Bulletin 24, 1996.
- [14] Romin L.A., Dalton L.B.: *Lack of Response by mule deer to wildlife warning whistles*, Wildlife Society Bulletin 20, 1992.
- [15] Stolarski M., Żyłkowska J.: *Ochrona zwierząt jako istotny element procesu inwestycyjnego podczas budowy i modernizacji linii kolejowych*, Problemy Kolejnictwa 153, 2011.
- [16] Swareflex: *Swareflex – Acoustic Wildlife Warning Module WWA*, <http://www.swareflex.com/Content.Node/wwa/wwa1.php>.
- [17] Ujvari M., Baagoe H.J., Madsen A.B.: *Effectiveness of wildlife warning reflectors in reducing deer vehicle collisions: a behavioral study*, Journal of Wildlife Management 62, 1998.
- [18] Wasilewski M., Werka J., Nasiadka P.: *Monitoring urządzeń UOZ-1 do odstraszenia zwierząt*, opracowanie wykonane na zlecenie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2007.
- [19] Wasilewski M., Babińska-Werka J., Jasińska K.: *Akustyczne i optyczne metody ochrony zwierząt na torach kolejowych – wnioski z badań monitoringowych*, materiały z konferencji „Nowoczesne technologie w realizacji projektów inwestycyjnych transportu kolejowego”, Jurata, 2010.
- [20] Western Transportation Institute: *Highway 3, Fort Jones, California – Animal Detection System*, <http://www.detectionsystemssurvey.org/>.