



Wpływ dróg na środowisko przyrodnicze

Ściąga dla chcących zrozumieć, dlaczego S16 przez Dolinę Biebrzy to zły pomysł

Przemysław Chylarecki

Pomysł przeprowadzenia nowej drogi ekspresowej S16 przez Dolinę Biebrzy oraz przez najcenniejsze fragmenty Mazur spotkał się z silną krytyką wielu organizacji społecznych zajmujących się ochroną przyrody i krajobrazu. Podstawową przyczyną tych negatywnych opinii było powszechnie podzielane rozpoznanie, iż wprowadzenie drogi szybkiego ruchu w tereny o bardzo wysokich walorach przyrodniczych i krajobrazowych spowoduje ogromne straty w przyrodzie całego regionu Polski Północno-Wschodniej. Zwolennicy rozbudowy sieci drogowej w północno-wschodniej części kraju często traktują społeczny sprzeciw wobec projektu budowy S16 przez tereny przyrodniczo cenne jako wyraz nieuzasadnionych obaw, wynikających z ograniczonej wiedzy i ogólnej niechęci do rozwoju gospodarczego. Dość powszechny jest pogląd, iż zagrożenia dla środowiska przyrodniczego są wyolbrzymiane, nieuzasadnione, a w najgorszym przypadku poddają się łatwej kompensacji i minimalizacji niekorzystnych oddziaływań. Takie przekonania wynikają po części z faktu, że obszerna literatura naukowa, dokumentująca mechanizmy i skalę negatywnych oddziaływań dróg na przyrodę – jest w dużej mierze niedostępna w języku polskim i nieobecna w programach kształcenia zarówno na uczelniach technicznych jak i na studiach przyrodniczych. Sądzymy zatem, że poprawie społecznego dialogu na temat optymalnego przebiegu trasy S16 przez Mazury i Podlasie może się przysłużyć upowszechnienie elementarnej wiedzy odnośnie tego, w jaki sposób drogi faktycznie zagrażają naszej przyrodzie. W niniejszym tekście omawiamy pokrótce najważniejsze mechanizmy negatywnego oddziaływania dróg na środowisko przyrodnicze. Chcielibyśmy, by po przeczytaniu tego tekstu, czytelnik wiedział, jak interpretować powszechny w środowisku ekologów skrót myślowy „wpływ drogi nie kończy się na drodze”.

Opracowanie ma służyć jedynie wskazaniu i zasygnalizowaniu najważniejszych zagadnień, nie może jednak zastąpić lektury dedykowanych tematowi książek czy – przede wszystkim – artykułów naukowych. Dlatego w tekście odwołujemy się (za pomocą odnośników) do konkretnych wyników badań, zestawiając stosowną bibliografię na końcu opracowania i zachęcając czytelników do sięgania, w miarę potrzeby po te właśnie teksty. W dobie internetu wiele z nich będzie łatwo dostępnych w domenie publicznej i wierzymy, że wartością dodaną tej broszury będzie po prostu ich wskazanie czytelnikowi, który dotąd miał nieduże doświadczenie w temacie „drogi vs środowisko”.

Wpływ dróg na zwierzęta

Hałas – efektywna utrata siedlisk

Głównym czynnikiem negatywnego oddziaływania dróg na zwierzęta jest hałas generowany przez poruszające się samochody (Reijnen et al. 1995; McClure et al. 2013). Hałas jest tym większy, im większe natężenie ruchu pojazdów i im szybciej się one poruszają. Natężenie hałasu jest największe przy samej drodze, ale przejeżdżające pojazdy są dobrze słyszalne w szerokiej strefie rozciągającej się po obu stronach drogi. Zwierzęta reagują na hałas drogowy na rozmaite sposoby. Bardzo wiele gatunków ptaków mniej chętnie zakłada terytoria lęgowe lub żeruje w strefie oddziaływania hałasu drogowego. Tereny położone w szerokiej strefie rozciągającej się w pobliżu drogi podtrzymują mniejszą liczbę osobników danego gatunku niż takie same tereny położone poza zasięgiem hałasu (Reijnen et al. 1995). Nawet idealne dla danego gatunku siedliska, jeśli są obciążone hałasem drogowym, są zasiedlane w niższych liczebnościach, często przez osobniki młodsze lub niższej jakości, które nie są w stanie zdobyć terytoriów gdzie indziej, konkurując z najsilniejszymi osobnikami (Reijnen and Foppen 1994). Sumaryczny efekt jest więc taki, że nawet dogodnie dla ptaków siedliska pozostające pod wpływem hałasu drogowego są wykorzystane przez nie tylko częściowo, funkcjonując w praktyce jako siedliska zdegradowane, wyraźnie mniej atrakcyjne dla ptaków. Budowa i eksploatacja drogi prowadzi zatem do sytuacji, w której na terenach do niej przyległych zmniejsza się pojemność siedlisk, w których ptaki mogą i chcą gniazdować. Użytkowana droga, szczególnie droga z dużym natężeniem ruchu, jest więc czynnikiem który w praktyce jest równoważny z częściową utratę siedlisk ptaków w szerokiej strefie dotkniętej podwyższonym hałasem. Szerokość tej strefy zależy od gatunku ptaka, natężenia hałasu, typu siedlisk jakie analizujemy, generalnie jest jednak zadziwiająco duża (Reijnen et al. 1995, 1997). Synteza wyników blisko 50 badań prowadzonych na całym świecie wykazała, że – przeciętnie – efekt obniżonej liczebności ptaków rozciąga się na odległość 2,6 kilometra od drogi. W tym pasie, liczebność przeciętnego gatunku ptaka jest obniżona o 32% w stosunku do terenów bardziej odległych od dróg. Dla ssaków, strefa obniżonych liczebności jest daleko szersza i sięga do 17 km od drogi (Benítez-López et al. 2010).

Dlaczego ptaki unikają hałasu? Po pierwsze dlatego, że upośledza on możliwości komunikacji głosowej. Dotyczy to oczywiście śpiewu, który bywa po prostu zagłuszany przez hałas, zmuszając ptaki żyjące w pobliżu dróg do śpiewania głośniejszym (co ma swoje koszty). Śpiewające samce zmieniają też charakterystyki akustyczne wydawanych dźwięków, by „uciec” w takie częstotliwości dźwięków, które nie są maskowane przez hałas drogowy (Gil and Brumm 2014; Halfwerk and Slabbekoorn 2014). Ptaki zmieniają też pory największej aktywności głosowej, by nie pokrywały się z porami nasilonego ruchu pojazdów. Ale takie rozwiązania nie muszą się podobać samicom dokonującym wyboru partnera, które mogą preferować samca śpiewającego tradycyjnie (ciszej oraz w niskich częstotliwościach), o tradycyjnej porze doby – ale w miejscu oddalonym od drogi. Sukces rozrodczy ptaków próbujących osiedlać się w strefie podwyższonego

hałasu drogowego może być więc niższy, gdyż frekwencja samców nie znajdujących partnerki jest tam wyższa (Reijnen and Foppen 1994).

Ale komunikacja głosowa to nie tylko śpiew i wybór partnera oraz utrzymanie terytorium. Równie istotne są komunikaty dźwiękowe, którymi ptaki informują się wzajemnie o obecności drapieżnika. Drobne ptaki wróblowe, stanowiące większość zgrupowań ptaków w dowolnym miejscu kraju, z reguły wydają na widok drapieżnika specyficzne głosy ostrzegawcze, które są jednoznacznie interpretowane jako sygnał alarmowy zarówno przez inne osobniki ich własnego gatunku, ale także przez ptaki z innych gatunków. Gdy te alarmowe głosy są zagłuszone przez hałas drogowy, ptaki zostają pozbawione dostępu do bardzo istotnej informacji, decydującej o ich przeżyciu (Templeton et al. 2016). Jak wykazały badania eksperymentalne, ptaki które umieją ocenić, że hałas drogowy maskuje część głosów z otoczenia - zmieniają swoje wzorce żerowania. Żerują one krócej, wydłużając w to miejsce okresy rozglądania się i nasłuchiwania. W ten sposób, czas przeznaczony na faktyczne żerowanie skraca się (kosztem czuwania), co prowadzi do mniejszej efektywności zdobywania pokarmu i mniejszej opłacalności żerowania w takich warunkach. Ptaki wolą więc żerować w innych miejscach, tam gdzie mogą bez trudu usłyszeć ewentualne „dzwonki alarmowe” innych ptaków nie obniżając efektywności własnego żerowania. Natomiast te z nich, które decydują się pozostać w strefie hałasu drogowego (bo tam np. wybrały swoje terytorium gniazdowe), płacą za ten wybór pogorszoną kondycją, gdyż ich czas żerowania netto zauważalnie się skraca (Ware et al. 2015; McClure et al. 2016).

Wśród ptaków, które w pobliżu drogi znalazły partnera i przystąpiły do lęgów, hałas niekorzystnie oddziałuje na sukces reprodukcyjny. Ptaki eksponowane na hałas składają mniej jaj w zniesieniu, robią częstsze i dłuższe przerwy w wysiadywaniu jaj, przez co w ich lęgach zwiększa się odsetek jaj z których nie wykluwają się pisklęta, rzadziej karmią swoje młode i generalnie wyprowadzają mniej piskląt (Halfwerk et al. 2011; Schroeder et al. 2012; Williams et al. 2021). Badania eksperymentalne wykazują również, że hałas upośledza wydajność poznawczą ptaków, które przy ekspozycji na hałas wolniej znajdują pokarm i gorzej zapamiętują miejsce jego występowania (Osbrink et al. 2021).

Większość niekorzystnych efektów hałasu jest zauważalnych już po przekroczeniu poziomu 40dB[A], a przy ekspozycji na hałas przekraczający średnio 50 dB[A] ujawnia się cała gama negatywnych oddziaływań hałasu na zwierzęta (Ware et al. 2015; Shannon et al. 2016). Średni poziom hałasu na poboczu intensywnie użytkowanej drogi szybkiego ruchu to ponad 70 dB[A]. Hałas drogowy spada do poziomu 40-50 dB[A] dopiero w odległości kilkuset metrów od takiej drogi, w zależności od natężenia ruchu pojazdów i typu siedlisk otaczających drogę.

Śmiertelność na drodze – kolizje

Kolizje zwierząt z samochodami to najbardziej widoczne z negatywnych oddziaływań dróg na środowisko przyrodnicze. Co ważne, kolizje oznaczają koszty zarówno dla przyrody, jak i spore

koszty dla społeczeństwa i gospodarki. W kolizjach z dużymi (ale także i mniejszymi) zwierzętami giną ludzie, zniszczeniu ulegają samochody. Dodatkowo, niemała liczba wypadków samochodowych powstaje przy próbach uniknięcia kolizji ze zwierzętami.

Koszty przyrodnicze kolizji to przede wszystkim zmniejszenie liczebności lokalnych populacji wielu gatunków zwierząt. W Polsce, w kolizjach z samochodami giną przede wszystkim płazy, ssaki i ptaki, rzadziej gady. Śmiertelność płazów i gadów bywa jednak tak duża, że zagraża trwałości ich lokalnych populacji. Na przykład, na drodze przecinającej szlak wiosennej migracji płazów do ich miejsc rozrodu w pobliskich zbiornikach wodnych, każdej wiosny ginie z reguły 20-30% (niekiedy daleko więcej) ich lokalnych populacji (Hels and Buchwald 2001; Elzanowski et al. 2009; Brzeziński et al. 2012; Beebe 2013). Również w przypadku niektórych, szczególnie podatnych na kolizje z pojazdami gatunków ssaków i ptaków, śmiertelność spowodowana przez wypadki na drogach może stanowić istotne zagrożenie dla trwałości ich lokalnych populacji. Tak jest np. w przypadku rysia, borsuka czy sowy płomykówki (Boves and Belthoff 2012; Borda-de-Água et al. 2014).

Ptaki, pomimo iż mają skrzydła i teoretycznie mogą przelatywać nad drogą ponad dachami samochodów, giną licznie w kolizjach z pojazdami. Rocznie, na każdym kilometrze drogi ginie przeciętnie 4-9 ptaków (Loss et al. 2014). Na terenach, gdzie ptaków jest dużo, ginie ich więcej niż na terenach, gdzie awifauna jest uboga (Husby 2016). Śmiertelność ptaków jest także bardzo zróżnicowana w czasie i przestrzeni. Najwięcej ptaków ginie latem, podczas gdy zimą śmiertelność jest wyraźnie mniejsza. Ponadto, podobnie jak w przypadku ssaków, kolizje są skoncentrowane na pewnych odcinkach dróg, podczas gdy inne odcinki mogą być stosunkowo mniej niebezpieczne dla ptaków. Liczba ptaków kolidujących z samochodami zależy od wielu czynników, wśród których duże znaczenie ma natężenie ruchu kołowego (liczba pojazdów na jednostkę czasu), prędkość poruszania się pojazdów oraz tego, ile ptaków kręci się w pobliżu wybranego odcinka drogi. Miejsca, w których przy drodze rosną krzewy z owocami atrakcyjnymi dla ptaków jako pokarm, kałuże na poboczach drogi, miejsca gęsto zarośnięte krzewami po obu stronach drogi – to fragmenty pasa drogowego, które przywabiają ponadprzeciętne liczby ptaków i w konsekwencji narażają więcej z nich na podwyższone ryzyko kolizji z pojazdami, przekładające się na więcej ofiar. Prędkość pojazdów ma duże znaczenie, gdyż w przeciętnych warunkach, biorąc pod uwagę w jakiej odległości od pojazdu siedzące na drodze ptaki podrywają się do lotu, nie są one w stanie zdążyć uciec przed nadjeżdżającym samochodem, gdy jego prędkość przekracza 60 km/h. Jednak większość ptaków zderza się z samochodami w locie, gdy trajektoria ich lotu przecina drogę poruszania się pojazdu, ponieważ nie są w stanie zidentyfikować jako niebezpieczeństwa faktu, że odległy (lub niewidoczny) pojazd porusza się po torze kolizyjnym z trasą ich przelotu. Również w tych okolicznościach, szybko jadące pojazdy stanowią większe niebezpieczeństwo. Tym samym, drogi szybkiego ruchu stwarzają większe ryzyko kolizji z ptakami niż drogi, na których pojazdy poruszają z mniejszą prędkością. Dużo kolizji ma jednak miejsce również na niektórych drogach lokalnych, gdzie dobra jakość nawierzchni,

niewielki ruch drogowy i prosty przebieg trasy umożliwiają rozwijanie bardzo wysokich prędkości przez pojedyncze, rzadko przejeżdżające pojazdy.

Dla lokalnych populacji ptaków gniazdujących na obszarach przeciętych drogą, tereny bezpośrednio przylegające do drogi mogą funkcjonować w sposób podobny, jak „czarne dziury”. Przeżywalność ptaków jest tam niższa (z uwagi na kolizje), więc terytoria są często zwalniane po śmierci poprzedniego właściciela i następnie kolonizowane przez nowe osobniki, rekrutujące się z terenów bardziej odległych od drogi. One również narażone są na zwiększone ryzyko śmierci wskutek kolizji z pojazdami, co powoduje, że cały pas przylegający do drogi działa jak teren „zasysający” cały czas nowe ptaki w rejon zwiększonej śmiertelności. Zasiedlenie tego pasa przez ptaki jest możliwe tylko dzięki ciągłemu „importowi” nowych osobników z terenów nie narażonych na podwyższoną śmiertelność (Mumme et al. 2000). Dla gatunków ptaków preferujących luki w zadrzewieniach, obrzeża dróg przebiegających przez lasy stanowią w tej sytuacji klasyczną pułapkę ekologiczną.

Bariera dla przemieszczeń

Drogi o dużym natężeniu ruchu stanowią oczywistą barierę w przemieszczeniach zwierząt. Część z tych przemieszczeń to tzw. migracje, czyli cykliczne wędrówki typu „tam i z powrotem”, pomiędzy miejscami rozrodu a miejscami zimowania (np. płazy migrujące między miejscami zimowania a miejscami godów, łosie w Kotlinie Biebrzańskiej wędrujące na zimę z torfowisk do borów sosnowych). Inne przemieszczenia, zwane dyspersją, polegają na jednorazowych zmianach miejsca przebywania zwierzęcia, przede wszystkim pomiędzy rejonem urodzenia a oddalonym od niego miejscem, w którym będzie przystępować do rozrodu przez pozostałą część dojrzałego życia. Przekroczenie drogi wiąże się z ryzykiem śmierci, co skutkuje zmniejszeniem – w przypadku płazów znacznym zmniejszeniem - liczby osobników, które docierają w miejsca rozrodu względnie zimowania. Druga możliwość, czyli odstępianie od przekraczania drogi również przekłada się na upośledzenie funkcjonowania lokalnych populacji. Niezależnie od tego, czy rezygnacja z przekroczenia drogi jest spontaniczna (podyktowana strachem) czy też wymuszona (np. wygradzeniem pasa drogowego), konsekwencją jest uniemożliwienie zwierzętom realizacji naturalnych wzorców zachowań, prowadzące do negatywnych konsekwencji biologicznych. Udaremnienie migracji do miejsc rozrodu w sposób oczywisty upośledza możliwości rozrodu, udaremnienie powrotu do miejsc zimowania naraża zwierzęta na konieczność zimowania w siedliskach suboptymalnych. Udaremnienie dyspersji zwiększa wsobność genetyczną lokalnych populacji, upośledza możliwości kolonizacji przez populację nowych terenów, wymusza bytowanie w siedliskach które mogą być przegęszczone lub mają niedostateczną ilość pokarmu (Lee et al. 2012; Wilson et al. 2015). Wszystko to upośledza biologiczną żywotność lokalnych populacji i możliwości ich odtwarzania się w dłuższej perspektywie czasowej.

Zwierzę napotykające na swej trasie przemieszczeń drogę z dużym natężeniem ruchu ma do wyboru dwie decyzje, przy czym obie są złe. Przekroczenie drogi to spore ryzyko śmierci. Pozostanie w poprzednim miejscu to niemożliwość dotarcia w miejsce sprzyjające dalszemu przeżyciu zwierzęcia lub przystąpieniu przez nie do rozrodu. W praktyce ostatnich lat, trasy szybkiego ruchu i autostrady są z reguły wygradzone, oznaczając że opcja przekroczenia drogowej bariery jest mało prawdopodobna. Wygradzeniom towarzyszy wprawdzie budowa specjalnych przejść dla zwierząt, ale często są one mało efektywne (szczególnie przejścia dolne), skutecznie blokując większości osobników możliwości kontynuowania migracji lub dyspersji. Warto zauważyć, że ogrodzenia, które nie są w pełni skuteczne (np. są zbyt niskie, umożliwiając części osobników ich pokonanie) potęgują tylko ryzyko kolizji zwierząt z pojazdami. Zwierzęta zostają bowiem złapane w potrzasku na ruchliwej drodze pomiędzy dwoma płotami. Szczególnie zabójcza jest kombinacja, w której nieskuteczne wygradzenie sąsiaduje ze skuteczną barierą po drugiej stronie drogi (np. ekranem dźwiękochłonnym).

Postępujący rozwój sieci drogowej, w szczególności dróg szybkiego ruchu i autostrad, oznacza w świetle wyżej opisanych faktów, szybko postępującą fragmentację siedlisk zwierząt. Obszary dogodnych dla ich występowania słabo przekształconych siedlisk nie tylko zmniejszają swą powierzchnię, ale w coraz większym stopniu podzielone są na izolowane płyty, pomiędzy którymi zwierzęta nie mogą się przemieszczać, lub takie przemieszczenia są wysoce utrudnione i wiążą się z dużym ryzykiem śmierci (Bischof et al. 2017). Część ssaków spontanicznie unika sąsiedztwa dróg, co wzmacnia efekt bariery (Prokopenko et al. 2017). Fragmentacja siedlisk czyli przerwanie ich przestrzennej ciągłości znacząco pogarsza możliwości właściwego funkcjonowania populacji dzikich zwierząt.

Zmiany wzorców użytkowania terenu przez zwierzęta

W ślad za rozwojem sieci drogowej postępuje skokowy wzrost obecności ludzi na terenach przylegających do drogi. Tereny położone w pobliżu dróg są daleko częściej odwiedzane przez ludzi poruszających się pieszo niż tereny odległe od dróg. Już sam ten fakt ma spore i niedoceniane znaczenie dla wielu gatunków zwierząt wrażliwych na płoszenie czy unikających po prostu obecności człowieka. Prosta obecność ludzi, czy – jak wykazały eksperymenty z wykorzystaniem odtwarzanych nagrań - sam dźwięk ich głosów powoduje spore zmiany w wykorzystaniu terenu przez ptaki i ssaki (Clinchy et al. 2016; Bötsch et al. 2017, 2018; Suraci et al. 2019). Zdziwiająco wiele gatunków ptaków mniej chętnie zasiedla tereny penetrowane przez ludzi, nawet jeśli są to spokojni spacerowicze. Podobnie zachowują się też niektóre ssaki drapieżne, szczególnie duże drapieżniki (np. rysie; (Filla et al. 2017)). Korzystają z tego potencjalne ofiary drapieżników, tj. drobne ssaki czy zwierzęta kopytne. Unikając presji drapieżników chętniej użytkują one tereny w pobliżu dróg, wykorzystując częstą obecność ludzi jako swego rodzaju parasol ochronny. Wiele ssaków na terenach intensywniej odwiedzanych przez ludzi przestawia się w większym stopniu na nocną aktywność, unikając w ten sposób

kontakty z człowiekiem (Gaynor et al. 2018). Ssaki generalnie zmniejszają też swą ruchliwość (skracają dystans przemieszczeń dobowych) na terenach intensywniej użytkowanych przez ludzi (Tucker et al. 2018). Nawet drogi o niewielkim natężeniu ruchu drogowego, nie generujące dużego hałasu, są omijane przez wiele dużych ssaków leśnych (D'Amico et al. 2016). Nieoczekiwanie, drogi zmieniają też rozmieszczenie i aktywność ssaków rozsiewających nasiona drzew (spożywających owoce i wydalających nasiona z kałem lub magazynujących nasiona „na później”). W zależności od gatunku zwierzęcia, prowadzi to do zmian w przestrzennym rozmieszczeniu obszarów intensywniejszego odnawiania się wybranych roślin, głównie drzew. W efekcie, jedne z nich odnawiają się szybciej przy drogach, podczas gdy inne – z dala od dróg, w zależności od tego, czy rozsiewające je ssaki unikają dróg, czy też są do nich zwabiane (Cui et al. 2018). Sumarycznym skutkiem samego istnienia dróg oraz częstszej obecności ludzi na terenach położonych w pobliżu dróg są więc rozległe zmiany w czasowych i przestrzennych wzorcach użytkowania terenu przez rozmaite zwierzęta, a także odnawiania się roślinności.

Drogi są też korytarzami nasilonej penetracji terenu przez zwierzęta padlinożerne i zwierzęta korzystające z odpadków. I jedne i drugie znajdują tam bogate źródło pokarmu – padlinę pochodzącą z kolizji drogowych i odpadki pokarmowe wyrzucane przez ludzi. Drogi są zatem szczególnie często penetrowane przez lisy, kruki czy myszołowy, co jest kolejnym czynnikiem zmieniającym naturalne wzorce użytkowania przestrzeni przez zwierzęta.

Wpływ dróg na ekosystemy wodne

Powszechnie wiadomo, iż drogi są ogromnym źródłem zanieczyszczeń dla zbiorników wodnych i cieków położonych w ich pobliżu. Wszystkie płynne i stałe zanieczyszczenia chemiczne, o wielorakich negatywnych oddziaływaniach na środowisko, generowane przez przejeżdżające pojazdy (np. smary, oleje, paliwo, płyny hamulcowe, ścierające się drobiny opon, okładzin hamulcowych itd.) są sptukiwane z powierzchni drogi do otoczenia. Dodatkowo, w zimie spływy wzbogacane są solą drogową, żwirem, a w lecie herbicydami używanymi do kontroli zarastających poboczy. Przy właściwie zaprojektowanych drogach, duża część tych spływów jest przechwytywana przez rowy odwadniające ciągnące się wzdłuż drogi, ale po wstępnej sedymentacji w nielicznych sztucznych zbiornikach, wciąż zanieczyszczone wody są z reguły odprowadzane do najbliższego cieku. Tam, gdzie rowy są zasypane lub nie istnieją w ogóle, spływy z powierzchni drogi dostają się do najbliższych zbiorników i cieków wraz wodami gruntowymi.

Mniej powszechna jest wiedza, że drogi bardzo silnie zmieniają wzorce spływów wód powierzchniowych i gruntowych. Ława drogi i jej nasyp blokują naturalnie ukształtowane i utrwalone przepływy wód powierzchniowych i gruntowych, wymuszając zmiany kierunków tych przepływów i zmiany terenów funkcjonujących jako odbiorniki tych wód. W pobliżu nasypu regularnie (szczególnie po obfitych opadach lub w trakcie roztopów) tworzą się zastoiska wód, dla których droga stanowi przeszkodę w spływach grawitacyjnych. W czasie obfitych opadów (w trakcie deszczów nawalnych lub burz) drogi funkcjonują jako okresowe cieki wodne odprowadzające i przerzucające duże ilości wody w najbliższe obniżenia

terenu. Tego typu okresowe dostawy dużej masy wód są często bardzo niebezpieczne dla ekosystemów wodnych służących jako odbiorniki. Wody dostarczane z drogi są bowiem silnie zanieczyszczone zgromadzonymi w okresach bezdeszczowych szkodliwymi substancjami chemicznymi, najróżniejszymi osadami i rumowiskiem piaskowym. W efekcie, po deszczu nawalnym, do jeziora lub rzeki dostaje się jednorazowo bardzo duża, skondensowana porcja zanieczyszczeń chemicznych oraz osadów, często znacznie przekraczająca możliwości buforowe zbiornika. Te same ilości osadów, rumowiska czy substancji chemicznych dostarczane stopniowo, przez dłuższy okres byłyby często nieszkodliwe lub szkodliwe w niewielkim stopniu, ale dostarczane w postaci zakumulowanych pakietów gromadzonych przez kilka tygodni – wywierają katastrofalny wpływ na ekosystemy wodne. Nawet przy nieistotnym poziomie skażeń chemicznych, samo rumowisko żwirowe lub piaskowe dostarczane w dużych ilościach do jeziora lub cieku prowadzi do okresowego zmętnienia wody i kaskady niekorzystnych oddziaływań dla ekosystemów słodkowodnych, które w znacznej mierze kształtowane są przez dostępność światła.

Wreszcie, żwirowe i piaszczyste pobocza dróg, w połączeniu z dużymi ilościami wody spływającej z nieprzepuszczalnej powierzchni drogi sprawiają, że nasypy i pobocza są źródłem nasilonej erozji deszczowej i wiatrowej. Wyrhodowane masy ziemne spływają oczywiście do najbliższych cieków wodnych lub są przenoszone z wiatrem do bardziej odległych zbiorników i strumieni. Nawet, gdy położone w pobliżu drogi jeziora są dobrze zabezpieczone przed spływami z drogi, pozostają one pod sporym wpływem niekorzystnych oddziaływań wynikających z osiadania pyłów, które masowo dostają się do powietrza za sprawą ruchu pojazdów. Cząsteczki pylaste często są wektorem dla osiadających na nich szkodliwych substancji chemicznych, co wydatnie pogarsza efekty zanieczyszczenia pyłem drogowym wód położonych w pobliżu drogi.

Badania prowadzone w Kanadzie wykazały, że drogi istotnie, negatywnie oddziałują na różnorodność biologiczną mokradła i zbiorników wodnych położonych nawet 2 km od drogi (Findlay and Houlihan 1997). Co więcej, pełne, niekorzystne efekty budowy dróg na bioróżnorodność ekosystemów wodnych objawiały się dopiero po dłuższym czasie, sięgającym nawet 20 lat (Findlay and Bourdages 2000). Tego typu odłożone w czasie, kumulujące się stopniowo, negatywne efekty sprawiają, że powszechna percepcja oddziaływań dróg na mokradła i jeziora jest często zdominowana przez relatywnie niewielkie zmiany, które następują w ciągu kilku pierwszych lat po wybudowaniu drogi. Natomiast faktyczne, skumulowane skutki budowy dróg objawiające się dopiero po dwóch dekadach – umykają naszej uwadze.

Szczególna wrażliwość ekosystemów wodnych i mokradłowych na niekorzystne oddziaływania dróg sprawia, że zarówno rozległe torfowiska w dolinie rzecznej (Kotlina Biebrzańska), jak i krajobraz polodowcowy z licznymi zbiornikami wodnymi (Kraina Tysiąca Jezior) są prawdopodobnie ostatnimi miejscami, w których należy lokalizować drogi ekspresowe lub inne drogi o dużym natężeniu ruchu.

Zmiany w krajobrazie

Budowa nowych dróg oznacza dla środowiska przyrodniczego starty wykraczające poza oczywiste negatywne oddziaływania opisane wyżej – hałas, zanieczyszczenie powietrza, zanieczyszczenie wód, śmiertelność zwierząt. Drogi są bardzo silnym motorem ogromnych, często nieodwracalnych przekształceń krajobrazu w skali wykraczającej daleko poza pas drogowy. Budowa dróg otwiera bowiem wrota do kaskadowych, antropogenicznych zmian na obszarach, które wcześniej były słabo dostępne dla człowieka.

Podstawowym negatywnym skutkiem budowy nowych dróg jest bardzo szybko postępująca zabudowa terenów przylegających do dróg – wzdłuż dróg szybko powstają magazyny, centra logistyczne, stacje obsługi, czy zabudowa mieszkalna. Drogi są więc korytarzami rozprzestrzeniania się (wręcz „rozlewania się”) terenów zurbanizowanych i utraty cennych siedlisk przyrodniczych zajmowanych pod zabudowę. Budowa nowej drogi generuje w krótkim czasie budowę kolejnych dróg odgałęziających się od drogi głównej, potęgując tempo utraty siedlisk występujących poprzednio na danym terenie. Nowe drogi poprzez zapewnienie łatwego dostępu (dojazdu) ułatwiają również wszelką eksploatację zasobów przyrodniczych na terenach ongiś słabo dostępnych – od eksploatacji kruszywa poprzez pozyskanie drewna aż po polowania na zwierzynę. W naszym kraju obszary przydrożne są też powszechnie wykorzystywane jako miejsca nielegalnego wyrzucania śmieci i odpadów. Opisane wyżej mechanizmy radykalnych przekształceń krajobrazu za sprawą budowy dróg są najlepiej widoczne na terenach pierwotnych lasów deszczowych w tropikach, ale w mniej spektakularnej formie zachodzą pod każdą szerokością geograficzną, również w warunkach krajowych, w szczególności na obszarach o relatywnie niskiej gęstości zaludnienia i dużych połaciach wyłączonych jeszcze z zabudowy. Dokładnie takich jak Dolina Biebrzy czy Mazury.

Nie przypadkiem tzw. *human footprint*, czyli wskaźnik degradacji środowiska przyrodniczego wskutek działalności człowieka, wykorzystywany powszechnie do mapowania antropogenicznych przekształceń krajobrazu, opiera się w dużej mierze na obecności dróg. Na potrzeby obliczania tegoż wskaźnika, jako mniej lub bardziej zdegradowane wskazywane są tereny położone w buforze do 15 km od dróg (Venter et al. 2016).

Niebywała rozbudowa sieci drogowej sprawia, że przeważająca większość powierzchni Europy leży w pobliżu jakiejś drogi, z reguły nie dalej niż kilka kilometrów od drogi o nieprzepuszczalnej nawierzchni. Tym samym, ogromna część naszego krajobrazu pozostaje pod silnym wpływem niekorzystnych efektów dróg. Ponieważ drogi tylko wyjątkowo bywają rozbierane, ten niekorzystny bilans ciągle się pogłębia. W tej sytuacji, tereny o niskiej gęstości sieci drogowej pozostają enklawami najmniej przekształconych krajobrazów i oazami różnorodności biologicznej (Ibisch et al. 2016). Jako takie powinny być szczególnie chronione przed projektami przewidującymi wprowadzenie dróg o dużym natężeniu ruchu kołowego. Kotlina Biebrzańska jest pod tym względem jednym z najcenniejszych obszarów bezdroży w kraju.

Ocena oddziaływania na środowisko jako element procesu decyzyjnego

Planowanie przebiegu nowych dróg i zwiększanie przepustowości istniejących dróg wymaga starannej, wielokryterialnej oceny przyrodniczych skutków takich przedsięwzięć. Standardowym narzędziem takich ocen jest procedura tzw. oceny oddziaływania na środowisko (OOS). Jest to wieloetapowa procedura, której wstępnym elementem powinien być tzw. *screening*, czyli rozpoznanie walorów przyrodniczych i wrażliwości na niekorzystne efekty budowy drogi rozmaitych wariantów lokalizacyjnych przedsięwzięcia. Jako taka, OOS powinna być wiodącym elementem właściwie pojmowanego procesu decyzyjnego dotyczącego planowanej inwestycji. Właściwie wykonana analiza wstępna powinna pozwolić na wykluczenie z rozważań lokalizacyjnych terenów szczególnie cennych przyrodniczo. Niestety, powszechną praktyką jest traktowanie OOS jako kolejnego dokumentu, który należy wykonać, by uzyskać pozytywną decyzję na realizację drogi w przebiegu zdefiniowanym wcześniej zza biurka, z zupełnym pominięciem kosztów środowiskowych danego rozwiązania.

W przypadku dużych inwestycji drogowych, właściwe planowanie wymaga przeprowadzenia tzw. strategicznej oceny oddziaływania na środowisko (SOOS). W ramach tej procedury powinna być przeprowadzona symulacyjna analiza zmian strumieni pojazdów w zależności od różnych wariantów przeprowadzenia drogi, przy znanych lub zakładanych celach przejazdów poszczególnych użytkowników dróg. Tego typu analizy powinny być prowadzone w dużej skali geograficznej, uwzględniającej fakt, że spora część użytkowników dróg szybkiego ruchu i autostrad to pojazdy poruszające się w ruchu tranzytowym, dla których dokładny przebieg drogi ma daleko mniejsze znaczenie niż łączna długość trasy lub czas dotarcia do celu. Tylko takie wielkoskalowe analizy pozwalają na planowanie przebiegu dróg z poszanowaniem wymogów ochrony środowiska. Możliwości planowania alternatywnych wariantów przebiegu trasy łączącej cele odległe o 500 lub 1000 km – w ramach SOOS - są nieporównanie większe niż możliwości planowania przebiegu trasy łączącej miasta odległe o 50 km (w ramach standardowej OOS). Przy celu podróży odległym o 1000 km, nieznaczne wydłużenie trasy (o 20-30 km) w celu ominięcia obszarów cennych przyrodniczo nie ma bowiem dużego znaczenia. Natomiast, przy ocenach OOS rozważanych jako problem połączenia miast odległych o kilkadziesiąt kilometrów, wynik jest z góry przesądzony. Niestety, organy administracji odpowiedzialne za planowanie przebiegu sieci dróg ekspresowych we wschodniej Polsce (Via Carpatia, S16) nie wykonały strategicznej oceny oddziaływania na środowisko dla planów rozbudowy tejże sieci drogowej. W to miejsce arbitralnie (a przynajmniej z zupełnym pominięciem aspektów przyrodniczych) zdecydowano o wielkoskalowym przebiegu głównych dróg ekspresowych, a potem wykonano dla nich odcinkowe OOS, w których „udowodniano”, iż nie ma lepszych rozwiązań na poprowadzenie drogi pomiędzy miastami odległymi o 50-80 km niż po najkrótszej trasie – przez środek bagien Kotliny Biebrzańskiej lub przez środek Pojezierza Mazurskiego. Tak przeprowadzone planowanie rozbudowy dróg ekspresowych we wschodniej Polsce jest nie do przyjęcia. Celem tego przedsięwzięcia powinno być optymalne wyznaczenie tras tranzytowych dla dalekodystansowych przewoźników, a nie próba sprostania życzeniom organów administracji lokalnej, wierzących głęboko, iż przeprowadzenie drogi ekspresowej przez ich miasto stanowić będzie motor rozwoju miejscowej gospodarki. To obszary cenne przyrodniczo, a nie magazyny na poboczach dróg

ekspresowych czy stacje benzynowe są unikatowym walorem tego regionu kraju. Ludzie z całej Polski przyjeżdżają na Mazury, by odpoczywać nad pięknymi, niezniszczonymi jeziorami, a nie by zjeść hamburgera na stacji obsługi podróżnych w Ełku. Ludzie przyjeżdżają nad Biebrzę, by zobaczyć łośie i wywieżdżone w nocy niebo, wolne od zanieczyszczenia światłem, a nie by podziwiać magazyn towarów Benettona przy drodze z Grajewa do Knyszyna. Odpowiedzialne planowanie rozwoju regionalnego powinno ten fakt uwzględniać a nie ignorować.

Literatura

- Beebee TJC (2013) Effects of road mortality and mitigation measures on amphibian populations. *Conserv Biol* 27:657–668. <https://doi.org/10.1111/cobi.12063>
- Benítez-López A, Alkemade R, Verweij PA (2010) The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biol Conserv* 143:1307–1316. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.009>
- Bischof R, Steyaert SMJG, Kindberg J (2017) Caught in the mesh: roads and their network-scale impediment to animal movement. *Ecography* 40:1369–1380. <https://doi.org/10.1111/ecog.02801>
- Borda-de-Água L, Grilo C, Pereira HM (2014) Modeling the impact of road mortality on barn owl (*Tyto alba*) populations using age-structured models. *Ecol Modell* 276:29–37. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.12.022>
- Bötsch Y, Tablado Z, Jenni L (2017) Experimental evidence of human recreational disturbance effects on bird-territory establishment. *Proc R Soc B Biol Sci* 284:20170846. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0846>
- Bötsch Y, Tablado Z, Scherl D, et al (2018) Effect of Recreational Trails on Forest Birds: Human Presence Matters. *Front Ecol Evol* 6:1–10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00175>
- Boves TJ, Belthoff JR (2012) Roadway mortality of barn owls in Idaho, USA. *J Wildl Manage* 76:1381–1392. <https://doi.org/10.1002/jwmg.378>
- Brzeziński M, Eliava G, Zmihorski M (2012) Road mortality of pond-breeding amphibians during spring migrations in the Mazurian Lakeland, NE Poland. *Eur J Wildl Res* 58:685–693. <https://doi.org/10.1007/s10344-012-0618-2>
- Clinchy M, Zanette LY, Roberts D, et al (2016) Fear of the human “super predator” far exceeds the fear of large carnivores in a model mesocarnivore. *Behav Ecol* 27:1826–1832. <https://doi.org/10.1093/beheco/arw117>

-
- Cui J, Chen W, Newman C, et al (2018) Roads disrupt rodent scatter-hoarding seed-dispersal services: implication for forest regeneration. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 34:102–108. <https://doi.org/10.1016/J.PPEES.2018.08.006>
- D'Amico M, Periquet S, Roman J, Revilla E (2016) Road avoidance responses determine the impact of heterogeneous road networks at a regional scale. *J Appl Ecol* 53:181–190. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12572>
- Elzanowski A, Ciesiołkiewicz J, Kaczor M, et al (2009) Amphibian road mortality in Europe: A meta-analysis with new data from Poland. *Eur J Wildl Res* 55:33–43. <https://doi.org/10.1007/s10344-008-0211-x>
- Filla M, Premier J, Magg N, et al (2017) Habitat selection by Eurasian lynx (*Lynx lynx*) is primarily driven by avoidance of human activity during day and prey availability during night. *Ecol Evol* 1–15. <https://doi.org/10.1002/ece3.3204>
- Findlay CS, Bourdages J (2000) Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. *Conserv Biol* 14:86–94. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99086.x>
- Findlay CS, Houlahan J (1997) Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conserv Biol* 11:1000–1009. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1997.96144.x>
- Gaynor KM, Hojnowski CE, Carter NH, Brashares JS (2018) The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science* 360:1232–1235. <https://doi.org/10.1126/science.aar7121>
- Gil D, Brumm H (2014) Acoustic communication in the urban environment: patterns, mechanisms, and potential consequences of avian song adjustments. In: Gil D, Brumm H (eds) *Avian Urban Ecology: Behavioural and Physiological Adaptations*. Oxford University Press, Oxford, pp 69–83
- Halfwerk W, Holleman LJM, Lessells CM, Slabbekoorn H (2011) Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. *J Appl Ecol* 48:210–219. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01914.x>
- Halfwerk W, Slabbekoorn H (2014) The impact of antropogenic noise on avian communication and fitness. In: Gil D, Brumm H (eds) *Avian Urban Ecology: Behavioural and Physiological Adaptations*. Oxford University Press, Oxford, pp 84–97
- Hels T, Buchwald E (2001) The effect of road kills on amphibian populations. *Biol Conserv* 99:331–340. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00215-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00215-9)
- Husby M (2016) Factors affecting road mortality in birds. *Ornis Fenn* 93:212–224
- Ibisch PL, Hoffmann MT, Kreft S, et al (2016) A global map of roadless areas and their conservation status. *Science* 354:1423–1427

-
- Lee JS, Ruell EW, Boydston EE, et al (2012) Gene flow and pathogen transmission among bobcats (*Lynx rufus*) in a fragmented urban landscape. *Mol Ecol* 21:1617–1631.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05493.x>
- Loss SR, Will T, Marra PP (2014) Estimation of bird-vehicle collision mortality on U.S. roads. *J Wildl Manage* 78:763–771. <https://doi.org/10.1002/jwmg.721>
- McClure CJW, Ware HE, Carlisle J, et al (2013) An experimental investigation into the effects of traffic noise on distributions of birds: avoiding the phantom road. *Proc R Soc B Biol Sci* 280:20132290–20132290. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2290>
- McClure CJW, Ware HE, Carlisle JD, Barber JR (2016) Noise from a phantom road experiment alters the age structure of a community of migrating birds. *Anim Conserv* 1–9.
<https://doi.org/10.1111/acv.12302>
- Mumme RL, Schoech SJ, Woolfenden GE, Fitzpatrick JW (2000) Life and death in the fast lane: Demographic consequences of road mortality in the Florida Scrub-Jay. *Conserv Biol* 14:501–512. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98370.x>
- Osbrink A, Meatte MA, Tran A, et al (2021) Traffic noise inhibits cognitive performance in a songbird. *Proc R Soc B Biol Sci* 288:20202851. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2851>
- Prokopenko CM, Boyce MS, Avgar T (2017) Characterizing wildlife behavioural responses to roads using integrated step selection analysis. *J Appl Ecol* 54:470–479.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12768>
- Reijnen R, Foppen R, Veenbaas G (1997) Disturbance by traffic of breeding birds: Evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. *Biodivers Conserv* 6:567–581. <https://doi.org/10.1023/A:1018385312751>
- Reijnen R, Foppen RPB (1994) The Effects of Car Traffic on Breeding Bird Populations in Woodland. I. Evidence of Reduced Habitat Quality for Willow Warblers (*Phylloscopus trochilus*) Breeding Close to a Highway. *J Appl Ecol* 31:85–94
- Reijnen R, Foppen RPB, ter Brak C, Johan T (1995) The Effects of Car Traffic on Breeding Bird Populations in Woodland. III. Reduction of Density in Relation to the Proximity of Main Roads. *J Appl Ecol* 32:187–202
- Schroeder J, Nakagawa S, Cleasby IR, Burke T (2012) Passerine birds breeding under chronic noise experience reduced fitness. *PLoS One* 7:e39200.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039200>
- Shannon G, McKenna MF, Angeloni LM, et al (2016) A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biol Rev* 91:982–1005.
<https://doi.org/10.1111/brv.12207>

-
- Suraci JP, Clinchy M, Zanette LY, Wilmers CC (2019) Fear of humans as apex predators has landscape-scale impacts from mountain lions to mice. *Ecol Lett* 22:1578–1586. <https://doi.org/10.1111/ele.13344>
- Templeton CN, Zollinger SA, Brumm H (2016) Traffic noise drowns out great tit alarm calls. *Curr Biol* 26:R1173–R1174. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.09.058>
- Tucker MA, Böhning-Gaese K, Fagan WF, et al (2018) Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. *Science* (80-) 359:466–469
- Venter O, Sanderson EW, Magrath A, et al (2016) Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nat Commun* 7:12558. <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>
- Ware HE, McClure CJW, Carlisle JD, Barber JR (2015) A phantom road experiment reveals traffic noise is an invisible source of habitat degradation. *Proc Natl Acad Sci USA* 112:201504710. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504710112>
- Williams DP, Avery JD, Gabrielson TB, Brittingham MC (2021) Experimental playback of natural gas compressor noise reduces incubation time and hatching success in two secondary cavity-nesting bird species. *Condor* 123:1–11. <https://doi.org/10.1093/ornithapp/duaa066>
- Wilson RE, Farley SD, McDonough TJ, et al (2015) A genetic discontinuity in moose (*Alces alces*) in Alaska corresponds with fenced transportation infrastructure. *Conserv Genet* 16:791–800. <https://doi.org/10.1007/s10592-015-0700-x>