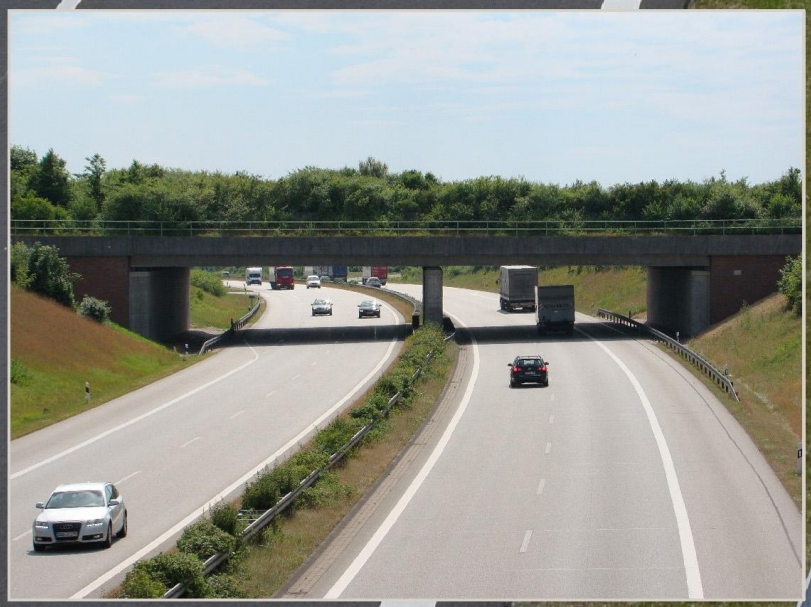


Alicja Barbara Sołowczuk

Zrównoważone projektowanie przejść przyjaznych zwierzętom

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE

ALICJA BARBARA SOŁOWCZUK

ZRÓWNOWAŻONE PROJEKTOWANIE GÓRNYCH PRZEJŚĆ PRZYJAZNYCH ZWIERZĘTOM

Szczecin 2019

Recenzenci
LESZEK RAFALSKI
TOMASZ HESSE
ADAM WYSOKOWSKI

Zdjęcia na pierwszej stronie okładki
PRZEMYSŁAW GARDAS (Polska, ekrany siatkowe na drodze ekspresowej S3)
PIOTR POPIELIK (Polska, przejście górne Popowo)
ALICJA SOŁOWCZUK (Niemcy, przejście górne Barnekow)
Zdjęcie na czwartej stronie okładki
PROVINCIE NOORD-HOLLAND (Holandia, przejście górne Zwalunwenberg)

Opracowanie redakcyjne
ALICJA BERNER

WYDANO ZA ZGODĄ
REKTORA ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIWERSYTETU TECHNOLOGICZNEGO W SZCZECINIE

ISBN 978-83-7663-280-3

Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
al. Piastów 48, 70-311 Szczecin, tel. 91 449-47-60, e-mail: wydawnictwo@zut.edu.pl
Druk PPH Zapol, Sobczyk Sp.j., al. Piastów 42, 71-062 Szczecin

Spis treści

Od Autora 5

Wprowadzenie 7

1. Fragmentacja krajobrazu i kompensacje przyrodnicze 11
   1.1. Fragmentacja krajobrazu i sposoby jego defragmentacji 11
   1.2. Korytarze i szlaki migracyjne uzasadniające budowę przejść dla zwierząt 18
   1.3. Klasyfikacja górnych przejść dla zwierząt zaproponowana przez ekologów, biologów i leśników 21

2. Analiza czynników ekologicznych podczas projektowania przejść górnych 23
   2.1. Wprowadzenie 23
   2.2. Sposoby kompensacji przyrodniczych 23
   2.3. Dwuetapowa analiza doboru lokalizacji przejścia dla zwierząt 29
   2.4. Analiza gęstości i rozmieszczenia przejść w przeciętych siedliskach 33
   2.5. Przegląd podstawowych wytycznych dotyczących szczegółowej lokalizacji przejść dla zwierząt 41
   2.6. Podstawowe czynniki ekologiczne doboru parametrów przejść dla zwierząt 45

3. Analiza czynników budowlanych branych pod uwagę podczas projektowania przejść górnych 59
   3.1. Wprowadzenie 59
   3.2. Czynniki ekonomiczne brane pod uwagę podczas doboru konstrukcji 59
   3.3. Podstawowe czynniki budowlane przejść górnych 64
   3.4. Kształt przejścia górnego w planie 72
   3.5. Analiza powierzchni stref buforowych 79
   3.6. Przegląd zaleceń projektowych i stromości najść na istniejących przejściach górnych 88
   3.7. Przegląd rozwiązań doświadczalnych i różnorodnych rodzajów ekranów stosowanych na górnych przejściach dla zwierząt 90
   3.8. Nowa generacja przejść górnych 103

4. Zrównoważone zagospodarowanie terenu przejścia przyjaznego zwierzętom 111
   4.1. Przegląd podstawowych wytycznych dotyczących zagospodarowania przejścia górnego 111
   4.2. Zalecane metody zagospodarowania strefy najścia i skarp wokół przyczółków w celu uzyskania jednolitej struktury z siedliskiem 113
   4.3. Lokalizacja drogi na powierzchni przejścia zespolonego 124
   4.4. Zagospodarowanie strefy migracji na przejściu górnym 131
   4.5. Estetyka przejść górnych 149
   4.6. System odwodnienia na przejściach górnych 151

5. Dobór roślinności w zależności od głównych gatunków zwierząt korzystających z przejścia górnego ... 163
   5.1. Ogólne zasady kształtowania zieleni w rejonie przejść górnych 163
   5.2. Nasadzenia zalecane na obiektach, po których mają migrować głównie sarny i daniele 178
   5.3. Nasadzenia zalecane na obiektach, po których mają migrować głównie jelenie 178
   5.4. Nasadzenia zalecane na obiektach, po których mają migrować głównie łosie 179
   5.5. Nasadzenia zalecane na obiektach, po których mają migrować głównie dziki 180
   5.6. Nasadzenia zalecane na obiektach, po których mają migrować głównie żubry 180
   5.7. Nasadzenia zalecane na obiektach, po których mają migrować głównie niedźwiedzie 180
   5.8. Zestawienie zalecanych nasadzeń na górnych przejściach dla zwierząt 181

6. Wpływ sposobu zagospodarowania przejść dla zwierząt na poziom hałasu drogowego 183
   6.1. Wprowadzenie 183
   6.2. Założenia badawcze pomiarów poziomu hałasu 186
   6.3. Interpretacja wykresów dotyczących poziomu hałasu drogowego 188

6.4. Prawdopodobne determinanty rozkładu hałasu drogowego na przejściu górnym 191
6.5. Wpływ wałów ziemnych uformowanych na dojściu do przejścia na poziom hałasu 193
6.6. Wpływ ekranów betonowych i wałów ziemnych z różnymi nasadzeniami na poziom hałasu na powierzchni przejścia zespolonego 196
6.7. Wpływ ekranów drewnianych z loggią nad pasem dzielącym na poziom hałasu w strefie przejścia 200
6.8. Wpływ rodzaju ekranu na poziom hałasu na przejściu habitatowym 207
6.9. Wpływ czynników ogólnych na klimat akustyczny w otoczeniu planowanego przejścia górnego 213
6.9.1. Wprowadzenie 213
6.9.2. Wpływ ogólnych czynników i rodzaju zagospodarowania otoczenia na klimat akustyczny wokół drogi usytuowanej na poziomie otaczającego terenu 214
6.9.3. Wpływ ogólnych czynników i rodzaju zagospodarowania otoczenia na klimat akustyczny wokół drogi usytuowanej w wykopie 216
6.9.4. Wpływ ogólnych czynników i rodzaju zagospodarowania otoczenia na klimat akustyczny wokół drogi usytuowanej w wykopie i na wybudowanym obiekcie z ekranami 218
6.9.5. Podsumowanie i zalecane do zastosowania elementy zagospodarowania terenu w strefie najścia i dojścia 221
6.10. Wpływ różnego rodzaju zagospodarowania powierzchni przejścia górnego na klimat akustyczny 222
6.11. Podsumowanie i zalecane do zastosowania elementy zagospodarowania terenu w strefie najścia i migracji na górnych przejściach dla zwierząt 228

Podsumowanie 229

Bibliografia 231

Wykaz źródeł ilustracji 245

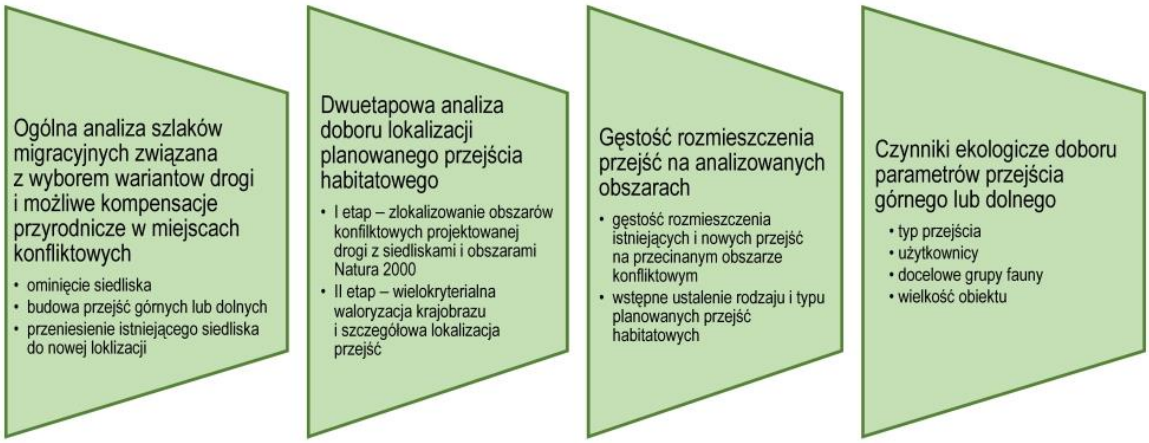
Summary 247

Zusammenfassung 249

2. Analiza czynników ekologicznych podczas projektowania przejść górnych

2.1. Wprowadzenie

Przed wykonaniem projektu przejścia habitatowego powinna być przeprowadzona w pierwszej kolejności ocena środowiskowa czynników ekologicznych branych pod uwagę podczas oceny opracowanych wariantów projektowanej drogi lub podczas oceny obszarów konfliktowych związanych z istniejącą siecią dróg. Czynniki ekologiczne uwzględniane w powyższych analizach wymieniono na schemacie przedstawionym na ryc. 2.1, a ich omówienie wraz z przykładami praktycznymi przedstawiono w kolejnych podrozdziałach.



Ryc. 2.1. Schemat głównych czynników ekologicznych uwzględnianych podczas projektowania przejść dla zwierząt dziko żyjących

2.2. Sposoby kompensacji przyrodniczych

Jak już wyżej wspomniano, sieci dróg i linii kolejowych powodują fragmentację krajobrazu (ryc. 2.2). Jeśli na trasie nowo projektowanej drogi znajdują się siedliska zwierząt, to wg teorii Bjørn Iuell [42, 100, 239] najlepszym rozwiązaniem jest przeprojektowanie trasy drogi (ryc. 2.2a) i ominięcie danego siedliska. Z reguły jednak bywa tak, że projekt drogi oraz wytyczenie jej trasy wykonano wiele lat temu i zmiana tej trasy jest niemożliwa. Ale bywało również i tak, że ocena środowiskowa była przeprowadzana dla starego projektu drogi − wiele lat po opracowaniu tego projektu [55, 206] lub ocena była dodatkowo przeprowadzana na skutek protestów, gdy część drogi była już wybudowana, a zmiana trasy drogi była zbyt kosztowna i mało opłacalna [55, 206]. Trzeba w tym miejscu wspomnieć o problemie związanym z budową obwodnicy Augustowa i połączenia jej z drogą ekspresową S61, w odniesieniu do problemu utrzymania naturalnego środowiska [173]. W tym wypadku przy rozpoczętej już budowie drogi ekspresowej zmieniono plany i uratowano sporną część unikatowego środowiska doliny Rospudy, bez rozwijania w niej infrastruktury drogowej [135, 219, 232]. Powyższy problem od 2010 r. w Polsce uregulowały odpowiednie przepisy [181], w związku z czym obecnie do wydania decyzji o pozwoleniu na budowę potrzebna jest ocena środowiskowa.

Według teorii Bjørn Iuell [42, 100, 239] w sytuacji, gdy już doszło do fragmentacji siedliska, należy podjąć działania związane z kompensacją środowiskową. Podobnie jest przy projektowaniu nowych ciągów komunikacyjnych i stosowaniu w miejscach konfliktu z naturalnym środowiskiem następujących kompensacji

– budowy przejść dolnych i górnych (ryc. 2.2c) lub tworzenia nowych środowisk zamiennych w pobliżu (ryc. 2.2d).

a) przecięcie siedliska przez drogę

b) ominięcie siedliska i zmiana trasy drogi

c) budowa przejść górnych lub dolnych

d) przeniesienie siedliska w nowe miejsce wraz z oczkiem wodnym

Ryc. 2.2. Możliwe kompensacje przyrodnicze związane z fragmentacją siedliska
Źródło: opracowano graficzne na podstawie [42].

Rozróżnia się kilka rodzajów kompensacji przyrodniczych [36, 42, 52, 121, 127, 133, 142, 158, 195, 213, 234, 239], których przykłady przedstawiono na ryc. 2.3, 2.4, 2.5 i 2.6. Do nich zalicza się budowę przejść lub przeniesienie siedliska. Podstawową zasadą kompensacji środowiskowych jest budowa przejść dolnych samodzielnych (ryc. 2.3).

Z badań ekologów [36, 42, 52, 121, 127, 133, 142, 158, 195, 234, 239] wynika, że przejścia dolne, jeśli znajdują się na trasie migracji zwierząt i są dostosowane do warunków środowiskowych (tzn. pod mostem bądź pod estakadą jest pozostawiony naturalny krajobraz zielony), to są one częściej wykorzystywane przez zwierzęta niż przejścia górne. Należy podkreślić, że przy definiowaniu przejścia dolnego nie należy brać pod uwagę przypadkowego przejścia dolnego o znaczeniu gospodarczym, adaptowanego na przejście habitatowe, co bardzo często zdarzało się w Polsce przy budowie autostrad i dróg ekspresowych, których projekty koncepcyjne opracowano wiele lat temu. Im mniej pod obiektem jest oznak działalności człowieka, tym częściej to przejście dolne jest wykorzystywane przez zwierzęta. Powinno to być przejście przeznaczone tylko dla zwierząt.

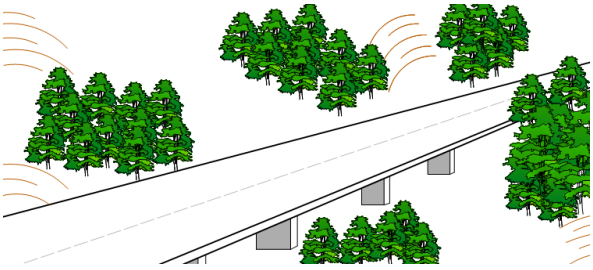
Zgodnie z zaleceniami zawartymi w literaturze przedmiotu [42, 43, 142, 198, 239] w przypadku budowy przejścia dolnego pod drogą dwujezdniową należy zadbać o rozsunięcie przęseł obu jezdni, by pod obiekt mogło dotrzeć światło naturalne umożliwiające rozwój roślinności pod obiektem. Nie powinno się stosować wąskich świetlików pomiędzy przęsłami, które powodują tworzenie się pod obiektem zjawiska pogłosu i zwiększony poziom hałasu drogowego.

Najbardziej rozpowszechnioną formą kompensacji przyrodniczych są przejścia dolne. W przypadku szerokich i czasami średnio szerokich przejść dolnych duża rozpiętość obiektu i wysokość światła pod obiektem umożliwia ich wykorzystanie przez różnorodne zwierzęta − zarówno ssaki, płazy, jak i gady [9, 36, 77]. Dobra skuteczność obiektów dolnych związana jest z zapewnionymi dużymi naturalnymi otwartymi

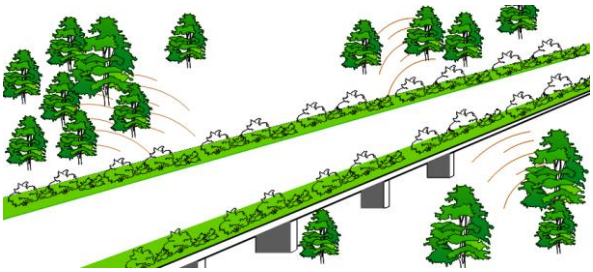
obszarami pod nimi. Podstawową zasadą dobrej funkcjonalności przejścia dolnego jest odpowiednia topografia okolicy i zapewnienie dobrze funkcjonującej strefy naprowadzania zwierząt pod obiekt.

Czasami budowa przejść dolnych jest bardziej skomplikowana, gdyż ścieżki migracyjne przecinają np. dolinę w różnych kierunkach. Podobne sytuacje odnotowuje się niezmiernie rzadko, ale mogą one zaistnieć w specyficznych warunkach. Wówczas na górnym poziomie obowiązują zasady projektowe takie jak na zespolonych przejściach górnych, a na dolnym poziomie − zasady projektowe stosowane na przejściach dolnych. Zgodnie z zaleceniami ekologów [144, 192] pasy zieleni zastosowane na górnym poziomie obiektu powinny zapewniać bezkonfliktową egzystencję środowiskową i drogową. Trzeba podkreślić, że koegzystencja zwierząt i ruchu drogowego może dotyczyć jednak tylko dróg lokalnych o małym natężeniu ruchu [144, 192].

Jeśli zachodzi potrzeba budowy wspólnego przejścia, to teren zielony na obiekcie powinien być wyraźnie odgrodzony od jezdni drogi lokalnej − zgodnie z wytycznymi [239] za pomocą zieleni lub zgodnie z wytycznymi [222] za pomocą pasa zieleni z głazami i karpinami (ryc. 2.4). Strefa migracji dla małych zwierząt na powierzchni przejścia zespolonego powinna być wyraźnie oddzielona od części przeznaczonej dla samochodów; przy krawędzi obiektu po obu jego stronach powinien być wprowadzony ekran (najlepiej drewniany – szczelny), który stanowiłby dla małych zwierząt osłonę zarówno przeciwhałasową, jak i przeciwolśnieniową. Czasami wg ww. wytycznych dopuszcza się, w zależności od warunków obiektu, odgrodzenie strefy migracji tylko gęsto ułożonymi karpinami (ryc. 2.8 i 2.9).



Ryc. 2.3. Ilustracja przejścia dolnego samodzielnego, zlokalizowanego pod estakadą



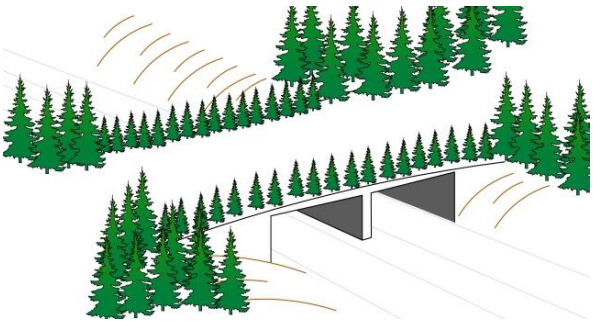
Ryc. 2.4. Ilustracja przejścia wielofunkcyjnego − przejście dolne i przejście górne zespolone

Innym przykładem podstawowych rozwiązań kompensacji środowiskowych są przejścia górne samodzielne. Przejścia samodzielne przeznaczone są tylko do komunikacji zwierząt [111, 133]. Mogą to być mosty zielone lub mosty krajobrazowe (ryc. 2.5). Są to specyficzne konstrukcje, budowane rzadziej niż przejścia dolne ze względu na duże koszty [111]. Biorąc powyższe pod uwagę, najważniejszą kwestią przy budowie górnych przejść samodzielnych jest ściśle wyznaczona lokalizacja, uwzględniająca wiele czynników środowiskowych (warunków biotycznych, abiotycznych, warunków krajobrazowych itd., przedstawionych na ryc. 1.8 i 1.13) i wymagań w odniesieniu do parametrów technicznych. Jest to zdaniem ekologów najwłaściwsze rozwiązanie, służące szczególnie zapewnieniu utrzymania siedlisk i zapewnieniu bezpiecznych korytarzy migracyjnych [37, 38, 39, 41, 42, 77, 121, 133, 234, 238, 239]. W przypadku przejść górnych mogą to być także przejścia zespolone (ryc. 2.6).

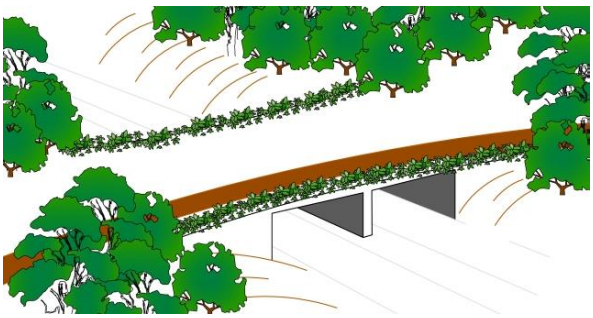
Podstawowe zasady projektowania takich przejść są podobne do zasad dotyczących przejść górnych samodzielnych typu mosty zielone [111]. Na mostach krajobrazowych przejścia zespolone buduje się niezmiernie rzadko, wyraźnie rozgraniczając dwie funkcje przejścia.

Przejścia zespolone zazwyczaj buduje się na terenach rolniczych, w pobliżu siedzib ludzkich. Jednak trzeba pamiętać, że zwierzęta będą z nich korzystać tylko wówczas, gdy dobowe natężenie ruchu na drodze zlokalizowanej na obiekcie zespolonym nie przekracza 150 P/24 h [116, 133, 144, 194]. W przypadku przejść zespolonych obszar i funkcje na obiekcie, w odniesieniu do komunikacji ludzi i komunikacji zwierząt, muszą być ściśle rozgraniczone i nie powinny się krzyżować. Mogą to być również np. drogi gruntowe,

ścieżki spacerowe leśne, drogi rowerowe. Droga wówczas powinna się znajdować przy krawędzi obiektu. Powinna być wyraźnie rozgraniczona przestrzeń drogowa od przestrzeni przeznaczonej dla zwierząt dziko żyjących. Rozgraniczenie obu przestrzeni powinno być podkreślone wałami ziemnymi i roślinnością. Przykłady przejść zespolonych z dobrym rozdzieleniem obszarów migracji i drogi przedstawiono na ryc. 2.7−2.12.



Ryc. 2.5. Ilustracja przejścia górnego samodzielnego



Ryc. 2.6. Ilustracja przejścia górnego zespolonego

Z reguły na przejściu zespolonym (ryc. 2.7) w zależności od możliwości, tj. szerokości obiektu, poza jezdnią ustawia się zamiast karpin (ryc. 2.8) niewysokie ekrany drewniane, a dopiero za nimi, na terenie strefy migracji, formuje się wał z karpin (ryc. 2.9, 2.10). W tym wypadku jednak minimalna faktyczna szerokość strefy migracji powinna być równa co najmniej 1 m. Przy tak wąskich strefach migracji należy szczególnie zadbać o ogrodzenia naprowadzające, chroniąc w ten sposób małe zwierzęta przed kolizją z pojazdami (ryc. 2.9). Niejednokrotnie zwierzęta korzystają z przejścia jeszcze podczas budowy, dlatego w celu zapewnienia bezpieczeństwa ruchu już wówczas należy zadbać o ustawienie ogrodzeń naprowadzających. Przy drogach gruntowych o bardzo małym natężeniu ruchu minimalna szerokość pasa zieleni po obu stronach drogi powinna wynosić co najmniej 1 m, przy minimalnej miąższości gleby 0,3 m [195, 225].

Możliwe jest także zagospodarowanie terenu w strefie migracji tylko poprzez uformowanie niewysokich wałów ziemnych (do 0,3 m) obsianych trawą lub roślinami zielnymi. Bardzo istotnym czynnikiem budowlanym jest zadbanie przy wąskich przejściach zespolonych o warunki sprawnego odwodnienia powierzchni obiektu (ryc. 2.11). Z reguły wąskie przejścia zespolone stosuje się, adaptując istniejące kładki dla pieszych i rowerzystów, wybudowane nad kotlinami lub drogami dwujezdniowymi (ryc. 2.12); takie rozwiązania są stosowane szczególnie w Ameryce i w krajach zachodniej Europy [15, 195, 239].

Przykładem dobrego połączenia czynników ekologicznych, budowlanych i środowiskowych jest wąskie przejście dla małych zwierząt wybudowane ostatnio w Holandii. W mieście Groningen na terenie parku Meedenpad żyją małe zwierzęta: jeże, zające i lisy. Rosną tu krzewy, rośliny ozdobne, jest tutaj także kilka cieków wodnych, co wspólnie tworzy przyjazne siedlisko dla małych zwierząt. W parku Meedenpad jest również kilka ścieżek spacerowych i ścieżek rowerowych. Holendrzy, uwzględniając zrównoważone potrzeby wspólnego środowiska, budują przejścia zespolone, łącząc ewentualne przejścia dla zwierząt ze ścieżkami spacerowymi, z których korzystają nieliczni mieszkańcy. Jedno z kilku takich obiektów przedstawiono na ryc. 2.7.

Szerokość przejścia przeznaczona dla ludzi wynosi 4 m; dla zwierząt pozostawiono pas szerokości 3,5 m, z nawierzchnią gruntową, która z czasem pokryje się zielenią (ryc. 2.7). Obie części rozdzielają niewysoki murek i rząd posadzonych krzewów. Bariery na przejściu tworzą gabiony ułożone z drobnych kamieni, stanowiące zarówno osłonę przeciwhałasową, jak i przeciwolśnieniową. W celu zapewnienia schronienia mniejszym zwierzętom na pasie przyszłej zieleni rozłożono kilkanaście niewielkich karpin [61, 67]. Zwraca uwagę nieduża wysokość barier z gabionów; wg Nehaoua [144] wysokość barier ochronnych powinna być dostosowana do danego gatunku zwierząt, by nie stworzyć przypadkiem efektu przejścia tunelowego.

Ryc. 2.7. Przejście zespolone dla rowerzystów i małych zwierząt
Źródło: fot. Johan Fehrmann [67].

Ryc. 2.8. Przejście zespolone dla małych zwierząt
Źródło: fot. De Vormgeving van Faunapassages, DEEL III, MJPO [234, rys. 10.166, s. 180].

Ryc. 2.9. Przejście zespolone Kerkrade
Źródło: fot. Raymond Tilmans Provincie Limburg, Holandia [221].

Ryc. 2.10. Zabezpieczenie przejścia zespolonego Vaesrade podczas budowy
Źródło: fot. Raymond Tilmans Provincie Limburg, Holandia [221].

Ryc. 2.11. Przykład strefy migracji małych zwierząt i systemu odwodnienia na przejściu zespolonym w Holandii
Źródło: fot. Marcel Huijser [94].

Ryc. 2.12. Przejście wielofunkcyjne dla małych zwierząt wybudowane w pobliżu stadniny
Źródło: fot. Marcel Huijser [94].

W latach 1960–1980 wybudowano w krajach zachodnich dla małych zwierząt wiele wąskich przejść [28] o podobnych parametrach, których kilka przykładów przedstawiono na ryc. 2.7–2.12. Na wąskich przejściach zespolonych łączy się zasadniczo dwie funkcje części zielonej przeznaczonej dla małych zwierząt (jeży,

zająców i lisów) i ścieżki dla pieszych, przy zakładanym ograniczonym ruchu pieszych i rowerzystów, gdyż tylko wówczas przejście będzie funkcjonalne. Ponadto w przypadku łączenia wąskich przejść zespolonych, ze ścieżkami rowerowymi czy pieszymi, z drogami leśnymi, o nieutwardzonej nawierzchni, przy projektowaniu należy brać pod uwagę to, by obiekty habitatowe nie stały się ulubionym miejscem spacerów mieszkańców z psami. Jeśli bowiem z danego przejścia będą korzystać psy, to stanie się ono mniej funkcjonalne dla dzikich zwierząt. Obiekty z wydzielonym pasem zieleni stosuje się również w ciągu drogowym na terenach górskich. Jednak zawsze są to rozwiązania stosowane w ciągu dróg lokalnych z nawierzchnią gruntową. Na obiektach tych mogą być dla zwierząt lądowych wprowadzone pasy wegetatywne lub, w szczególności dla zwierząt żyjących w środowisku wodnym, niewielkie kanały wodne. Jednak o funkcjonalności wąskiego przejścia zespolonego decydują przede wszystkim wymagania środowiskowe i natężenie ruchu na drodze lokalnej. Rozwiązania takie mogą spełniać swoją funkcję na drogach gruntowych i w podzielonych środowiskach, w których zwierzęta są przyzwyczajone do obecności człowieka. Jednak na powierzchni tych obiektów zawsze powinny być wydzielone dla zwierząt dziko żyjących pasy zieleni. Z badań przeprowadzonych przez Jean Carsignol [28] na istniejących przejściach we Francji wynika, że jeśli wybudowane przejście zespolone ma szerokość minimum 7,5 m i jeśli na jego powierzchni znajduje się droga gruntowa o szerokości do 3,5 m, to przy dobrym zagospodarowaniu pozostałej części przejścia zielenią z ułożonymi karpinami i głazami można zapewnić małym zwierzętom bezpieczną migrację. Jednak takie rozwiązanie wg wytycznych francuskich dotyczyć może tylko dróg o bardzo małym, sporadycznym, natężeniu ruchu ludzi [144]. W takim wypadku na drodze może być zastosowana wyłącznie nawierzchnia gruntowa, a część przejścia przeznaczona do komunikacji zwierząt powinna być bardzo dobrze zagospodarowana, z uwzględnieniem specyfiki poruszania się różnych gatunków zwierząt.

Jednym z takich rozwiązań, znanym w Polsce z publikacji Józefa Curzydły [46, 47], jest przejście wybudowane nad autostradą A4 i drogą lokalną Rue de la Forēt w kompleksie leśnym o powierzchni ok. 16 ha, w pobliżu wsi Marbehan i Habay-la-Neuve, na granicy Luksemburg−Belgia; obiekt ma 8 m szerokości (ryc. 2.13). Po obu stronach obiektu wybudowane są drewniane ekrany i posadzone gęsto drzewa, imitujące najścia na obiekt. Obiekt znajduje się na równym poziomie z okolicznym lasem, a autostrada w głębokim wykopie, przecinając siedlisko leśne na długości 3,2 km. Zagospodarowanie strefy migracji, dobrze odwzorowujące okolice kompleksu leśnego, sprawia (ryc. 2.14), że wąskie przejście jest często wykorzystywane przez dzikie zwierzęta, szczególnie sarny [47].

Ryc. 2.13. Przykład wąskiego przejścia, o szerokości 8 m, wybudowanego nad autostradą A4
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

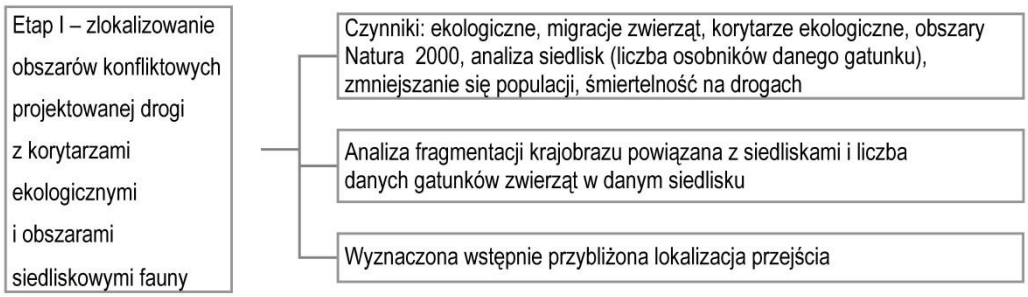
Ryc. 2.14. Bardzo dobre wkomponowanie obiektu w otaczający krajobraz i uzyskanie jednolitej struktury przeciętego siedliska
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

2.3. Dwuetapowa analiza doboru lokalizacji przejścia dla zwierząt

Zgodnie z wytycznymi polskimi i zagranicznymi ustalanie lokalizacji przejść dla zwierząt przebiega w dwóch etapach [84, 100, 148, 161, 222]:

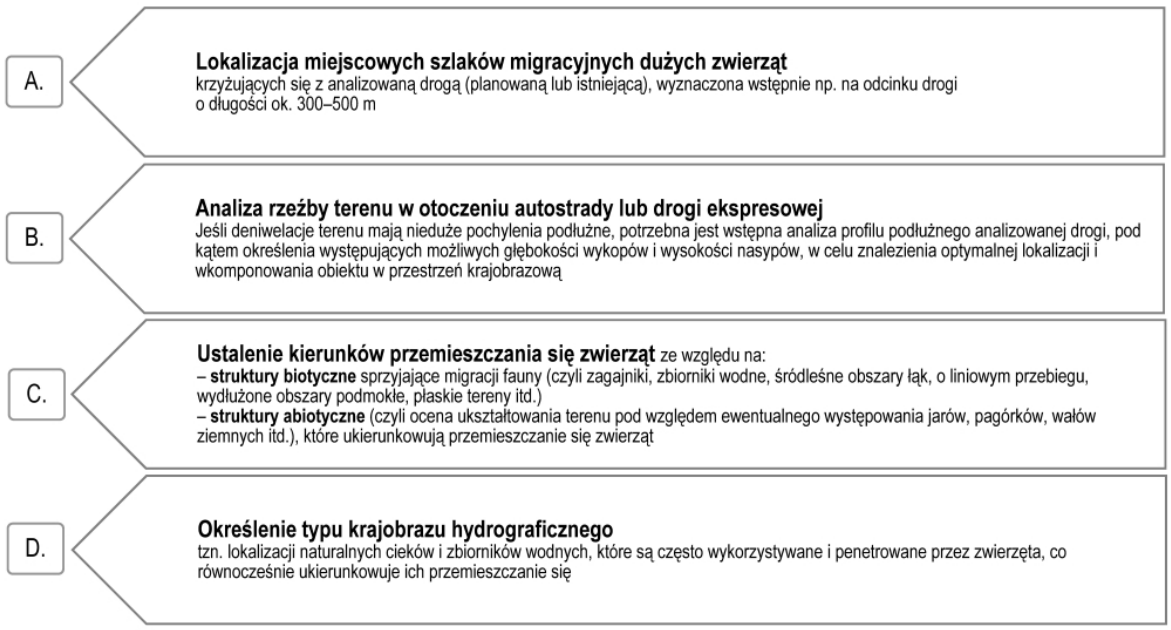
a) etap I – zlokalizowanie obszarów konfliktowych projektowanej drogi, z korytarzami ekologicznymi i obszarami siedliskowymi fauny (ryc. 2.15);
b) etap II – szczegółowe określenie lokalizacji projektowanych przejść, na podstawie wielokryterialnej waloryzacji krajobrazu, pod kątem możliwości przemieszczania się zwierząt (ryc. 2.16).

W etapie I, biorąc pod uwagę funkcjonowanie populacji zwierząt w krajobrazie, czyli bliższe lub dalsze ich przemieszczanie się, według ekologów [155] prace badawcze ukierunkowane są na wykorzystanie biotopu, zachowanie łączności pomiędzy częściami populacji, możliwości migracji i dyspersji. Wymienione czynności podejmowane w analizach środowiskowych mogą dotyczyć zarówno dróg dopiero planowanych, jak i dróg istniejących, na których wzrosło natężenie ruchu, co mogło być przyczyną powstania miejsc konfliktowych oraz oddziaływania barierowego.



Ryc. 2.15. Schemat czynności w etapie I, zalecany do wyznaczenia wstępnej lokalizacji przejścia

Analiza zaleceń odnośnie do wielokryterialnej waloryzacji krajobrazu [100, 133, 148, 161] stanowi etap II. Na ryc. 2.16 przedstawiono podstawowe czynniki potrzebne do wyznaczenia szczegółowej lokalizacji przejścia.



Ryc. 2.16. Schemat czynności w etapie II, zalecany do wyznaczania szczegółowej lokalizacji przejścia

Poniżej omówiono poszczególne czynności podane na ryc. 2.16 na podstawie kilku przykładów:

A. Przykładem zapewnienia ciągłości tras migracyjnych i planowania przemyślanych kompensacji przyrodniczych, w postaci połączonych lokalizacyjnie mostów zielonych, może być podwójne przejście nad torami kolejowymi, autostradą A1 i drogą krajową nr 1 w Szwajcarii koło wsi Kernenried (ryc. 2.17). Oba przejścia znajdują się w dużym kompleksie leśnym, w pobliżu niewielkich polan leśnych, w związku z czym ich zagospodarowanie dostosowano do okolicznych warunków.

B. Przykładem uwzględnienia analizy rzeźby terenu może być przejście górne wybudowane nad drogą krajową B96 w Niemczech, w pobliżu wsi Wilmshagen (ryc. 2.18).

C. Na ryc. 2.19 przedstawiono przejście zlokalizowane na szlaku migracyjnym w lasach wokół dopływu rzeki Alzette. Na przejściu zespolonym znajduje się również droga lokalna 306, dość dobrze odgrodzona od powierzchni przejścia przeznaczonego dla zwierząt. Otaczający to przejście obszar leśny można, pod względem warunków biotycznych i abiotycznych, ocenić jako bardzo dobry. Natomiast na ryc. 2.20 przedstawiono przejście Nagelhof, wybudowane nad drogą B31n w Niemczech. Teren wokół przejścia ma charakter rolniczy, w związku z czym pojedyncze budynki gospodarcze nie stanowią istotnej przeszkody w migracji zwierząt polnych żyjących na tym terenie. Nieliczne zagajniki, cieki wodne i lekkie pofałdowanie terenu tworzą w sumie dobre warunki biotyczne i abiotyczne.

D. Na ryc. 2.21 i 2.22 przedstawiono okolice dwóch przejść górnych i warunki pobliskiego krajobrazu hydrograficznego. W obu przypadkach zagospodarowanie strefy najścia na obiekt i strefy migracji, pomimo niewielkiej szerokości przejścia (do 30 m), pozwala pozytywnie ocenić przejście pod względem krajobrazu hydrograficznego.

Nie zawsze jednak, nawet uwzględniając większość czynników, uzyska się funkcjonalne przejście. Na przykład przejście, które uzyskało w przypadku wszystkich czynników analizy wielokryterialnej najwyższe oceny, przedstawione na ryc. 2.23, jest przejściem bardzo funkcjonalnym: ma doskonałe struktury biotyczne i abiotyczne (ryc. 2.24), a dwa oczka wodne, znajdujące się na końcach strefy dojścia do obiektu, spełniają warunki krajobrazu hydrograficznego. Przejście ma bardzo dobrze zagospodarowane strefy migracji i prawidłowe strefy najścia, które łącznie przyczyniają się do jego funkcjonalności.

Innym przykładem jest przejście górne, wybudowane nad autostradą A75 na Florydzie, przedstawione na ryc. 2.25. Jednak trzeba podkreślić, że w ocenie środowiskowej oba przejścia uzyskały podobne opinie. Okazuje się, że przejście Landbridge Greemvay jest funkcjonalne, choć nie ma tak dobrego krajobrazu hydrograficznego, ani struktury biotycznej i abiotycznej, jak przejście przedstawione na ryc. 2.23 i 2.24, natomiast ma doskonałe nakierowania na przejście [56, 239], co prawdopodobnie wpłynęło na jego pozytywną ocenę w analizie wielokryterialnej. Przejście ma szerokość 16 m, dopuszczalny jest na nim ruch pieszych, koni i oczywiście zwierząt dziko żyjących. Unikatowość konstrukcji obiektu tworzą elementy prefabrykowane przęsła w kształcie litery U. Podstawową jednak wadą przejścia, zdaniem autorki, jest gruntowa ścieżka leśna, do której prowadzą drogowskazy, ustawione na pobliskich polanach leśnych i parkingach, informujące o przeznaczeniu obiektu ekologicznego. Drugą istotną wadą są zastosowane „duże okna" w ekranie betonowym (ryc. 2.26), przez które widać autostradę [76, 78]. Są one bowiem wykorzystywane przez ludzi do robienia sobie pamiątkowych zdjęć na tle autostrady. Ponadto ww. okna stanowią istotną barierę, gdyż przyczyniają się do zwiększenia poziomu hałasu drogowego na terenie strefy migracji.

Na ryc. 2.27 i 2.28 przedstawiono dwa obiekty, które również uzyskały dobre wyniki w analizie wielokryterialnej − mimo kontrowersyjnych opinii ekologów. Pierwsze przejście to przejście zespolone nad autostradą A2 w Szwajcarii, w pobliżu wsi Anzonico (ryc. 2.27). Analiza struktur biotycznych i abiotycznych wykazała korzystną lokalizację przejścia [17]. Bardzo korzystny jest także krajobraz hydrograficzny [17]. Na powierzchni obiektu poprowadzono dwie drogi gruntowe poprzeczne i krzywoliniowy łącznik pomiędzy nimi. Mimo tych wad przejście jest bardzo funkcjonalne.

Ryc. 2.17. Przykład zachowania ciągłości tras migracji na podwójnym przejściu wybudowanym w Szwajcarii nad linią kolejową, autostradą A1 i drogą krajową nr 1
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163]

Ryc. 2.18. Przykład dobrej lokalizacji przejścia, z uwzględnieniem istniejącej rzeźby terenu i usytuowaniem drogi w wykopie

Ryc. 2.19. Przykład połączenia warunków biotycznych i abiotycznych na przejściu górnym zespolonym (Luxemburg nad autostradą A1, w pobliżu wsi Pettingen)
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.20. Przykład uwzględnienia równocześnie warunków biotycznych i abiotycznych na przejściu górnym wybudowanym na terenie rolniczym (Niemcy, droga B31n, w pobliżu wsi Bonndorf)
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.21. Przykład uwzględnienia warunków krajobrazu hydrograficznego na przejściu wybudowanym we Francji nad autostradą A89, w pobliżu wsi Augère
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.22. Przykład uwzględnienia warunków krajobrazu hydrograficznego na przejściu wybudowanym w Holandii nad autostradą A73, w pobliżu wsi Waterloo Beesel
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.23. Przykład przejścia z bardzo wysoką oceną funkcjonalności oraz z wzorcowym połączeniem warunków biotycznych i krajobrazu hydrograficznego
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.24. Przykład bardzo dobrego zagospodarowania przejścia i jego zgodności z otaczającym krajobrazem
Źródło: fot. Street View [164].

Ryc. 2.25. Przykład przejścia z zapewnionymi warunkami biotycznymi i abiotycznymi oraz z dobrą oceną w analizie wielokryterialnej
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.26. Widok podstawowej wady obiektu, czyli zastosowania w ekranie betonowym „dużego okna”
Źródło: fot. Street View [164].

Przykład z ryc. 2.28 przedstawia nietypowe przejście zespolone Dolge dole, wybudowane w Słowenii nad autostradą A2, koło wsi Dolenje Kamenje. Należy podkreślić, że czasami rozwiązania oraz lokalizacje przejść zaskakują pod względem logicznym i habitatowym. Analiza warunków środowiskowych wykazała w danym przypadku potrzebę budowy dużego przejścia dla dużych zwierząt. Jednak wybudowano przejście dla zwierząt równolegle do czynnej drogi regionalnej z nawierzchnią asfaltową. Droga znajduje się pośrodku obiektu i chociaż jego szerokość wynosi 44 m, to jednak dla zwierząt pozostaje niewiele miejsca. Na północy, na skraju obiektu, znajduje się skrzyżowanie z drogą krajową nr 448, o asfaltowej nawierzchni, i skrzyżowanie skanalizowane (ryc. 2.28). Prawdopodobnie na decyzji o tej lokalizacji obiektu zaważyła presja okolicznych mieszkańców, a także konieczność budowy przejścia, jak również bardzo dobre struktury biotyczne i abiotyczne. Jednak z powodu dużych wad, tj. obecności drogi regionalnej na środku obiektu i bliskości skrzyżowania skanalizowanego z drogą krajową, funkcjonalność przejścia jest wątpliwa.

Przedstawione powyżej przykłady dość dobrze charakteryzują złożoność analizy czynników ekologicznych dotyczących warunków biotycznych, abiotycznych i krajobrazu hydrograficznego. Kolejnym krokiem analiz ekologicznych, wykonywanych **w ramach zrównoważonego projektowania i zasady efektywnej izolacji**, jest rozmieszczenie przejść habitatowych w korytarzach migracyjnych.

Ryc. 2.27. Przejście z bardzo wysoką oceną wielokryterialną i bardzo funkcjonalne pomimo lokalizacji na jego powierzchni trzech dróg i dwóch skrzyżowań
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

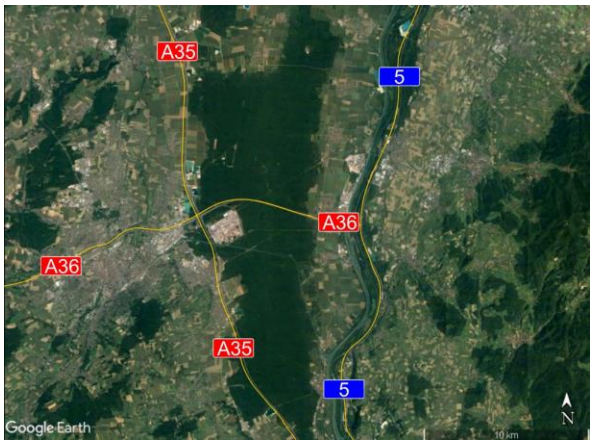
Ryc. 2.28. Przejście z dobrą oceną wielokryterialną, ale wzbudzające wiele wątpliwości co do jego funkcjonalności z powodu bliskiej lokalizacji skrzyżowania skanalizowanego
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

2.4. Analiza gęstości i rozmieszczenia przejść w przeciętych siedliskach

Duże koszty budowy przejść górnych uzasadniają, po pierwsze, konieczność prowadzenia skutecznych wielokryterialnych analiz środowiskowych połączonych ze sobą wzajemnie (ryc. 1.8 i 1.10). Po drugie, po określeniu korzystnej lokalizacji przejścia górnego, wymaga się w odniesieniu do nich kolejnych analiz dotyczących doboru konstrukcji, połączonych z określeniem warunków budowlanych. Trzeba pamiętać, że przejście górne mające najlepsze parametry budowlane, nawet przy bardzo bogatym zagospodarowaniu środowiskowym, przy złej lokalizacji obiektu, niepowiązanej z rzeczywistymi trasami migracyjnymi, może okazać się w konsekwencji niefunkcjonalne.

Czy są jednakowe wytyczne odnośnie do projektowania gęstości przejść i ich wielkości? Otóż nie, gdyż problem lokalizacji przejść dla zwierząt jest zależny od „[…] znaczenia przecinanego korytarza ekologicznego i istniejących uwarunkowań przyrodniczych i technicznych […]" [121, s. 21]. Zagęszczenie i liczba przejść górnych jest ściśle uzależniona od ich znaczenia ekologicznego, a przede wszystkim od gatunku zwierząt z nich korzystających. Na przykład w jednolitym kompleksie leśnym przeciętym drogą, przy możliwości dotychczasowego przekraczania drogi przez zwierzęta tzw. szerokim frontem, zdaniem ekologów powinno się budować „[…] kilka szerokich przejść, by zapewnić przynajmniej częściowe zachowanie ciągłości rozległego biotopu […]" [155, s. 5]. Jeśli obiekty mają się znajdować na trasie masowych migracji, to ich gęstość powinna być istotnie większa, ale to wszystko jest współzależne z kategorią obszaru chronionego, korytarzami migracyjnymi i gatunkami zwierząt korzystających z danych obiektów. Czyli jeszcze raz potwierdza się to, że chcąc uzyskać funkcjonalne przejścia dla zwierząt dziko żyjących, należy postępować zgodnie ze schematem przedstawionym na ryc. 1.8 i 1.13. Zgodnie z krajowymi wytycznymi [121] na wyznaczonych obszarach chronionych obiekty mogą być rozmieszone na odcinku drogi od 0,5 do 2 km, w zależności od wspomnianych wyżej czynników.

Na przykład we Francji na autostradzie A36 w lasach przy granicy Francji i Niemiec, w pobliżu miejscowości Ottmarsheim, zaistniała potrzeba lokalizacji czterech mostów zielonych, zlokalizowanych w odstępach co 500 m, na długości przecinanego lasu wynoszącej ok. 2,2 km (ryc. 2.29 i 2.30). Natomiast nad autostradą A75 podłużnie przecinającą Francję na długości całej drogi, wynoszącej ok. 260 km, wybudowano także cztery mosty zielone w bardzo dużych odległościach od siebie. Z powyższych danych wynika, że konieczne jest przeprowadzenie rzetelnych analiz (zarówno ekologicznych, dotyczących głównych korytarzy migracyjnych, jak i środowiskowych, dotyczących danego siedliska) i dokładne wyznaczenie lokalizacji obiektu na trasie potwierdzone, monitoringiem ścieżek migracyjnych.



Ryc. 2.29. Przykład lokalizacji autostrady A36 w krajobrazie leśnym na trasie korytarzy migracyjnych
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.30. Przykład szczegółowej lokalizacji czterech zespolonych mostów zielonych nad autostradą A36
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Wspomniane mosty zielone we Francji należą do pierwszych górnych przejść dla zwierząt wybudowanych w Europie [28, 29, 195]. Warte podkreślenia jest to, że równolegle do autostrady zlokalizowany jest jeszcze kanał wodny. W sumie w analizowanym kompleksie leśnym wybudowano, na łącznej długości ok. 3 km, licząc od zachodu: most z kanałem rzecznym na górnym poziomie, wiadukt drogowy i przejście zespolone nad kanałem wodnym, wiadukt kolejowy i przejście nad kanałem wodnym (ryc. 2.31), a także cztery mosty zielone nad autostradą A36 i cztery mosty nad kanałem (ryc. 2.32–2.35).

Na ryc. 2.31 zwraca szczególną uwagę sposób zagospodarowania skarp przyczółków obiektów nad autostradą A36, doprowadzenie nasadzeń zieleni aż do krawędzi obu obiektów oraz zastosowanie bardzo szerokich przejść zespolonych nad kanałem (ryc. 2.31d, e). W tym przypadku bardzo istotne okazało się profesjonalne zagospodarowanie terenu i zastosowanie charakterystycznych nasadzeń pomiędzy autostradą A36 a kanałem wodnym, odgradzających teren migracji zwierząt od autostrady, a także nakierowujących je na wybudowane przejścia.

Wszystkie wybudowane nad autostradą A36 mosty zielone są konstrukcjami parabolicznymi. Są to najbardziej charakterystyczne i wzorcowe mosty zielone, najczęściej przytaczane w literaturze inżynierii ekologicznej. Wart podkreślenia jest fakt, że na żadnym przejściu, przedstawionym na ryc. 2.32–2.35, nie zastosowano popularnej w Polsce wycinki drzew na znacznym obszarze w strefie najścia i dojścia (zob. ryc. 3.4a, 3.35, 3.47a, 3.69). W celu zilustrowania zagospodarowania najbliższego otoczenia przejść i strefy migracji, przy wyjątkowo wąskich przejściach, na ryc. 2.32–2.35 przedstawiono zdjęcia satelitarne Google Earth analizowanego obszaru w dwóch różnych porach roku – zdjęcia po lewej stronie, wykonane późną jesienią, umożliwiają dostrzeżenie detali konstrukcji obiektu, fragmentów przyczółków, wzmocnienia skarp przyczółków, a także konstrukcji ekranów drewnianych wskazujących na kształt linii naprowadzenia.

Na zdjęciach satelitarnych przedstawiono również szerokość obiektu w najwęższym miejscu. Po prawej stronie zamieszczono zdjęcia satelitarne obiektów zrobione latem, w porze największego rozkwitu zieleni. Obiekty umieszczono w kolejności od obiektu zachodniego (ryc. 2.32) do obiektu wschodniego (ryc. 2.35).

Zwraca szczególną uwagę szerokość obiektów w najwęższym miejscu. Najwęższe przejście zespolone ma szerokość 7,5 m i obejmuje również drogę o nawierzchni asfaltowej (ryc. 2.32). Dobrze dobrane nasadzenia w strefach najścia i migracji spowodowały (mimo że wybudowane obiekty są wąskie i mają ażurowe ekrany drewniane), że zwierzęta zaakceptowały wybudowane przejścia; wyniki monitoringu potwierdziły funkcjonalność wszystkich mostów [28, 29].

a) trzy obiekty nad autostradą A36 i dwa w ciągu dróg leśnych nad kanałem wodnym równoległym do autostrady

b) przejście górne wodne nad autostradą A36

c) zagospodarowanie skarp odgradzających autostradę A36 od kanału wodnego

d) zagospodarowanie skarp przy pierwszym moście zespolonym nad kanałem

e) zagospodarowanie skarp przy drugim moście zespolonym nad kanałem

Ryc. 2.31. Przykład rozmieszczenia w bliskiej odległości pięciu obiektów inżynierskich oraz zagospodarowania skarp i terenu w otoczeniu najść na poszczególne obiekty (niebieska strzałka – kanał wodny, pomarańczowa strzałka – lokalizacja obiektu, zielona strzałka – zagospodarowanie skarp przy przyczółkach)
Źródło: zdjęcia satelitarne z Google Earth [163] oraz fot. Street View [164].

Ryc. 2.32. Pierwsze od zachodu przejście zespolone, z drogą o nawierzchni asfaltowej, wybudowane we Francji nad autostradą A36 (stan jesienią i latem)
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

a) stan zagospodarowania strefy najścia i migracji jesienią

b) stan zagospodarowania strefy najścia i migracji latem

Ryc. 2.33. Drugie od zachodu przejście górne, z drogą leśną o nawierzchni gruntowej (stan jesienią i latem), wybudowane we Francji nad autostradą A36
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

a) stan zagospodarowania strefy najścia i migracji jesienią

b) stan zagospodarowania strefy najścia i migracji latem

Ryc. 2.34. Trzecie od zachodu przejście górne, z drogą leśną o nawierzchni gruntowej (stan jesienią i latem), wybudowane we Francji nad autostradą A36
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

a) stan zagospodarowania strefy najścia i migracji jesienią

b) stan zagospodarowania strefy najścia i migracji latem

Ryc. 2.35. Czwarte od zachodu przejście górne, z drogą leśną o nawierzchni gruntowej (stan jesienią i latem), wybudowane we Francji nad autostradą A36
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Na wszystkich przejściach zastosowano nasadzenia na skarpach wykopu i pozostawiono lub uzupełniono nasadzenia w strefach najścia, odgradzając szczelnie ewentualny obszar migracji wzdłuż istniejącego kanału wodnego. Przedstawione różne rodzaje zagospodarowania we wszystkich trzech strefach (ryc. 2.32–2.35), pomimo różnicy szerokości obiektów, przyczyniają się istotnie do dobrej funkcjonalności wszystkich mostów.

Inny wart przywołania przypadek gęstego rozmieszczenia przejść górnych nad autostradą dotyczy Austrii. W odróżnieniu od kompleksu leśnego i gęstego rozmieszczenia obiektów nad autostradą A36 we Francji jest to teren otwarty rolniczy. Niemniej jest to na tyle ważny szlak migracyjny, że na długości ok. 5 km nad autostradą A4 rozmieszczono w sumie sześć mostów krajobrazowych zespolonych i jedno przejście dolne, również zespolone (ryc. 2.36). Średni rozstaw pomiędzy osiami przejść wynosi ok. 800 m.

Ryc. 2.36. Przykład rozmieszczenia na terenach rolniczych sześciu przejść górnych zespolonych wybudowanych nad autostradą A4 w Austrii, w pobliżu wsi Friedrichshof
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

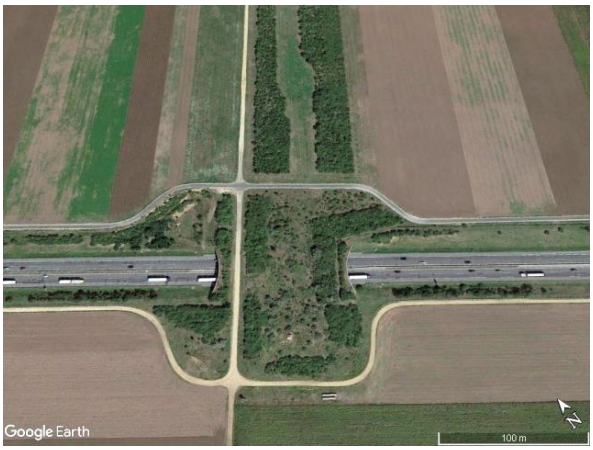
Prawdopodobnie duża liczba obiektów i gęstość ich rozmieszczenia jest wynikiem analiz ekologicznych głównego szlaku migracji i analiz środowiskowych najbliższego terenu. Mosty krajobrazowe zrealizowano w tym samym czasie; wszystkie mają taką samą konstrukcję i bardzo podobny układ drogowy, co jest także

wynikiem analiz ekonomicznych. Szerokość wszystkich przejść jest równa 80 m. Tylko na jednym przejściu nawierzchnia drogi jest asfaltowa, a na pozostałych mostach drogi mają nawierzchnie gruntowe.

W cytowanym przykładzie gęstego rozmieszczenia mostów krajobrazowych zwraca szczególną uwagę zagospodarowanie terenu najścia i strefy migracji, skarp nasypu w strefie dojścia, skarp w okolicy przyczółków, zagospodarowanie najść wzdłuż naprowadzania, a także zastosowanie charakterystycznych nasadzeń na wałach ziemnych, przy krawędzi obiektu i w strefie migracji. Ponieważ przy budowie wykorzystano do zagospodarowania sadzonki nasadzeń, zamiast kilkuletnich krzewów i drzew, na ryc. 2.37 przedstawiono stan w dwóch okresach − zaraz po wybudowaniu i po 14 latach eksploatacji mostów.

a) stan zagospodarowania terenu zielenią w 2000 r.

b) stan zagospodarowania terenu zielenią w 2014 r.



Ryc. 2.37. Zmiany zagospodarowania strefy najścia i migracji w ciągu 14 lat na jednym z mostów wybudowanych nad autostradą A4 w Austrii
Źródło**:** zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Natomiast na ryc. 2.38 przedstawiono zdjęcia satelitarne wszystkich sześciu obiektów. Na wszystkich zespolonych przejściach droga została poprowadzona po stronie zachodniej i jest oddzielona wałem ziemnym od strefy migracji, o szerokości ok. 70 m, zagospodarowanej zielenią. Szerokość strefy migracji wyznaczono pomiędzy wałem ziemnym znajdującym się przy drodze a ogrodzeniem siatkowym po wschodniej stronie obiektu. Rzadkie przejazdy maszyn rolniczych mogą odbywać się po wyznaczonych drogach gruntowych i nie kolidują z przemieszczaniem się zwierząt. Na uwagę zasługuje różne zagospodarowanie powierzchni strefy migracji dostosowane do okolicy w strefach dojścia.

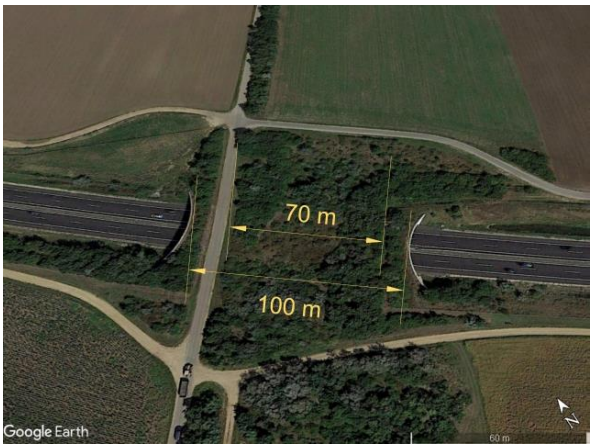
Analiza przytoczonych przykładów wskazuje, że o rozmieszczeniu i gęstości przejść decydują głównie znaczenie szlaku migracyjnego, dążenie do chociaż częściowego zachowania ciągłości biotopu, szczegółowa analiza ścieżek migracyjnych i wykazane w analizach środowiskowych zapotrzebowanie na budowę przejść habitatowych. W obu powyższych przypadkach, ani we Francji, ani w Austrii, w bliższej i dalszej odległości nie ma innych przejść dla zwierząt. Przedstawione na ryc. 2.30 i 2.36 rozmieszczenie obiektów habitatowych wskazuje, jak ważna była wstępna analiza ekologiczna głównych korytarzy migracyjnych na obu analizowanych obszarach.

Przedstawione powyżej przykłady nie są odosobnionymi przypadkami, np. w środowiskowej analizie szlaku migracyjnego o dużym znaczeniu regionalnym, przedstawionej przez ekolog Lindę Smitskamp [201], wykazano potrzebę dodatkowych kompensacji oraz budowy jeszcze dwóch przejść w prowincji Utrecht w Holandii, na wschodnich leśnych terenach podmiejskich. Z przeprowadzonych analiz wynika [201], że kilkanaście przejść górnych jest już wybudowanych w głównym korytarzu ekologicznym. Ponadto wybudowanych jest kilkanaście zaadaptowanych przejść wjazdowych do lasu. I mimo wszystko zachodzi potrzeba budowy jeszcze dwóch przejść górnych pomiędzy autostradą A28 a drogą N227 (ryc. 2.39). Na ryc. 2.40 przedstawiono zachodni most zielony wybudowany w niewielkim kompleksie leśnym. Należy

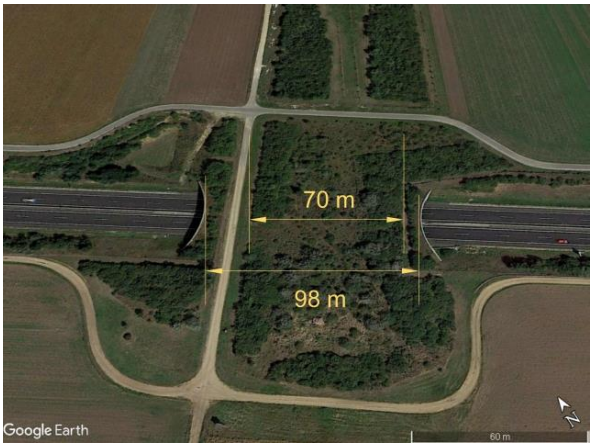
podkreślić, że wg najnowszych tendencji projektowych w Holandii nie stosuje się szerokiego wyrębu lasu w strefie najść; charakterystyczne jest również stosowanie wałów ziemnych i stawianie na samoistny rozwój roślinności w zagospodarowywaniu terenu (ryc. 2.41). Jednocześnie jednak w Holandii wykazuje się wyjątkową dbałość o budowę przejść nad drogą zlokalizowaną w wykopie i bardzo bogate zagospodarowanie skarp przyczółków w celu uzyskania na przejściach naturalnego klimatu siedliska.

a) pierwszy most krajobrazowy

b) drugi most krajobrazowy

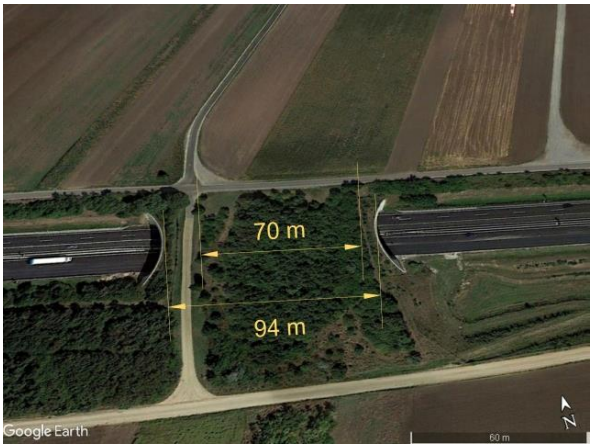


c) trzeci most krajobrazowy

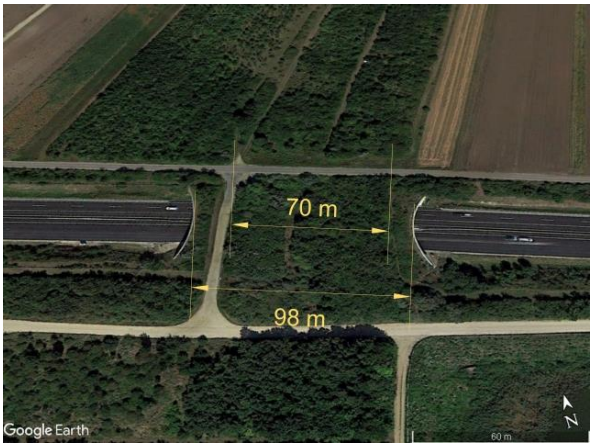


d) czwarty most krajobrazowy

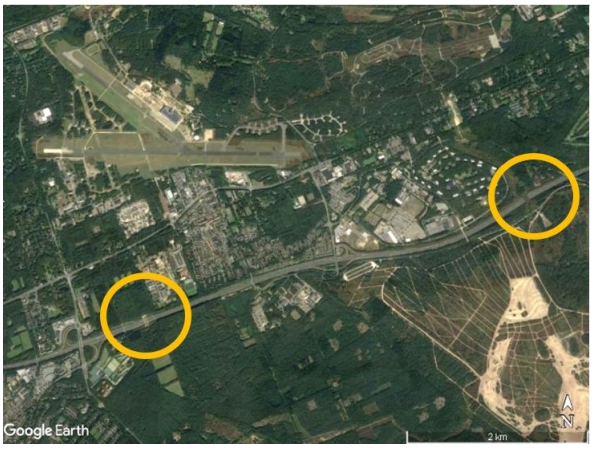
e) piąty most krajobrazowy



f) szósty most krajobrazowy



Ryc. 2.38. Zagospodarowanie strefy najścia i migracji na sześciu zespolonych mostach krajobrazowych, wybudowanych nad autostradą A4 na długości ok. 5 km, o jednakowej szerokości i konstrukcji, z bardzo podobnym układem dróg lokalnych i różnym zagospodarowaniem powierzchni mostów
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].



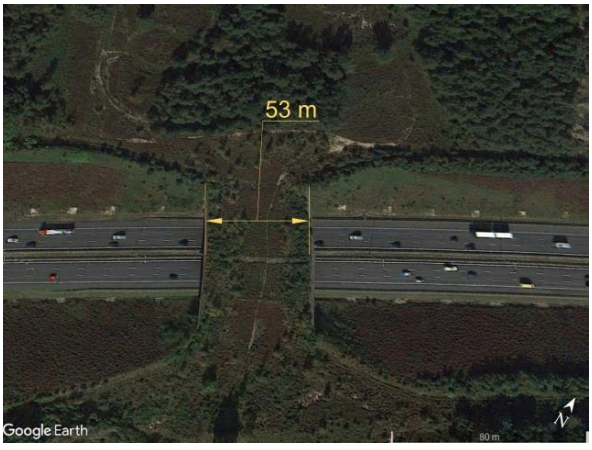
Ryc. 2.39. Lokalizacja dodatkowych dwóch obiektów w lasach podmiejskich Utrechtu, stanowiących jeden z większych szlaków migracyjnych
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.40. Zagospodarowanie terenu zachodniego mostu zielonego wybudowanego w małym kompleksie leśnym przeciętym autostradą A28
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

a) stan w 2006 r.

b) stan w 2009 r.

c) stan w 2016 r.

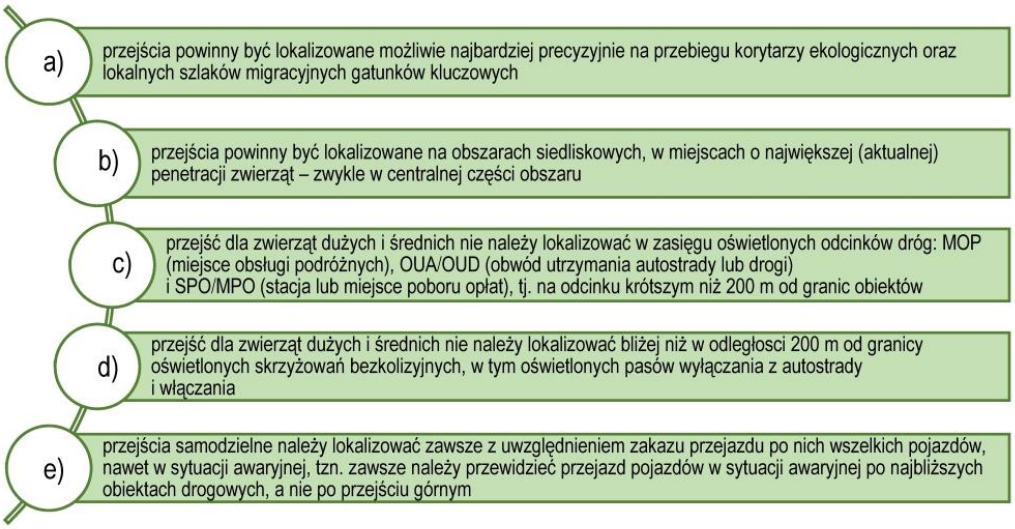


Ryc. 2.41. Przykład samoistnego rozwoju roślinności i zachodzących zmian zagospodarowania wschodniego mostu zielonego w latach: 2006, 2009 i 2016, wybudowanego nad autostradą A28 na głównym wschodnim szlaku migracyjnym w okolicy prowincji Utrecht
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.42. Przykład wybudowania 20 obiektów inżynierskich na szlaku migracyjnym, o długości 16 km, w Szwajcarii w okolicy jeziora Neuchâtel (strzałkami czerwonymi oznaczono położenie czterech tuneli, strzałkami pomarańczowymi − lokalizację dwóch mostów krajobrazowych, o szerokości 110 i 200 m, strzałkami zielonymi − lokalizację pięciu estakad, krzyżykiem różowym − położenie dziewięciu przejść dolnych zespolonych)
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

2.5. Przegląd podstawowych wytycznych dotyczących szczegółowej lokalizacji przejść dla zwierząt

Zgodnie z przedstawionymi w rozdz. 2.1 etapami ustalania lokalizacji przejść dla zwierząt przy ich wyborze powinno się uwzględniać ogólne wytyczne wymienione na ryc. 2.43.



Ryc. 2.43. Ogólne wytyczne dotyczące wyboru szczegółowej lokalizacji przejść dla zwierząt
Źródło: opracowanie graficzne na podstawie zaleceń sformułowanych w pracach [121, 148].

Komentując powyższe zalecenia, należy przeanalizować już zrealizowane rozwiązania i zapoznać się z ich funkcjonalnością. Przykład lokalizacji górnego przejścia zespolonego, zlokalizowanego w odległości ok. 250 m od MOP w Austrii (ryc. 2.44) lub w odległości ok. 200 m od MOP w Niemczech (ryc. 2.45), wskazuje, że oświetlenie odcinka drogi zastosowane przed MOP nie wpływa negatywnie na funkcjonalność przejścia. Polskie zalecenia dotyczące oświetlenia drogi znajdują potwierdzenie w zagranicznych zaleceniach zawartych w COST 341 [42]. Jednak analiza lokalizacji i funkcjonalności przejść już zrealizowanych w innych krajach wskazuje, że na ten wymóg zawraca się mniejszą uwagę, dążąc, poprzez odpowiednie zagospodarowanie strefy najścia i migracji, do minimalizacji negatywnego wpływu oświetlenia na funkcjonalność danego przejścia.

Ryc. 2.44. Przykład lokalizacji przejścia zespolonego w odległości ok. 250 m od MOP w Austrii
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163]

Ryc. 2.45. Przykład lokalizacji przejścia samodzielnego w odległości ok. 200 m od MOP w Niemczech
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Kolejnym punktem w wytycznych [121, 148] jest planowanie lokalizacji przejść w zasięgu oświetlonego odcinka drogi (ryc. 2.43 – pkt c). Warto wspomnieć o drogach w Belgii, na których system oświetlenia drogowego jest powszechnie stosowany na całej długości autostrad i dróg ekspresowych. Istniejące w Belgii przejścia znajdują się na oświetlonych fragmentach dróg i mimo tego są funkcjonalne. Przykładem funkcjonalnego przejścia, mimo oświetlenia drogi, może być jedno z wzorcowych rozwiązań habitatowych z 2005 r. nad drogą E314 w Nationaal Park Hoge Kempen (Ecoduct Kikbeek w pobliżu Maasmechelen). Zasięg rozproszonego oświetlenia obejmuje, oprócz drogi, także powierzchnię przejścia, choć samo przejście nie jest oświetlone, a zastosowane na krawędzi obiektu gęste nasadzenia krzewów i niewysokich drzew skutecznie chronią zwierzęta przed światłem drogowym. Oceny funkcjonalności przejścia są bardzo pozytywne [36, 72]; z przejścia korzystają głównie ssaki, tj. dziki, sarny, jelenie, lisy, zające, kuny i tchórze, ale także płazy i gady (żaby, jeżowce i węże). Również wiele innych belgijskich obiektów, zlokalizowanych na oświetlonych drogach, jest zaliczanych do wzorcowych rozwiązań habitatowych [4].

W wielu krajach stosuje się doświetlane obiekty, uwzględniające również komunikację zwierząt. Przykładem mogą być przejścia górne wybudowane w Słowenii i Chorwacji. Na ryc. 2.46 i 2.47 przedstawiono widok oświetlonego obiektu i oświetlenia drogowego zastosowanego we wnętrzu przejścia, zgodnie z odpowiednimi wytycznymi drogowymi. Natomiast na ryc. 2.48 przedstawiono dwa przejścia wybudowane nad autostradą A2 – jedno o szerokości 44 m, drugie o szerokości 62 m. Obydwa przejścia nie są oświetlane we wnętrzu, ale brak na górnym poziomie jakiejkolwiek osłony przeciwolśnieniowej prawdopodobnie naraża zwierzęta na oślepianie światłami reflektorów i przyczynia się do słabej funkcjonalności przejścia górnego.

Ryc. 2.46. Doświetlanie wnętrza pod przejściem górnym

Ryc. 2.47. System oświetlenia drogi pod jednym z przejść górnych

Ryc. 2.48. Przykłady dwóch wąskich mostów zielonych niedoświetlanych od spodu konstrukcji i bardzo słabo zagospodarowanych w strefie najścia i migracji

Ryc. 2.49. Trzy kolejne przejścia – od lewej: Modvedjek I (szerokość 98 m), Modvedjek (szerokość 159 m) i Dolge dole (szerokość 44 m), wybudowane w Słowenii nad autostradą A2 na długości 1,8 km
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Przedstawione powyżej przypadki przejść górnych zespolonych wskazują, że nie tylko system oświetlenia dróg w pobliżu przejść nie zawsze jest optymalny. Odnotowane są też przypadki, gdy na powierzchni przejścia lub obok niego znajdują się skrzyżowania dróg nie tylko gruntowych, ale i dróg gruntowych z drogami asfaltowymi (ryc. 2.49), co nie tylko może wpływać na bardzo niską funkcjonalność przejścia, ale jest sprzeczne z podstawowymi zasadami projektowania, tym bardziej że nawet przy dużej szerokości obiektu dla zwierząt nie pozostaje zbyt wiele miejsca.

Prawdopodobnie w danym przypadku zaważyła na wskazanej lokalizacji presja okolicznych społeczności, dotycząca konieczności budowy przejścia, wiaduktu i bezpośredniego połączenia kilku zabudowań ze sobą. Na powierzchni pierwszych dwóch przejść (licząc od strony zachodniej) wybudowana jest po przekątnej obiektu droga krajowa nr 648, z nawierzchnią asfaltową, i skrzyżowanie z drogą gruntową (ryc. 2.49 – oznaczenia 1, 2), a na trzecim przejściu – droga krajowa nr 648, o nawierzchni asfaltowej, w najściu na przejście górne, gdzie krzyżuje się z drogą gruntową przechodzącą przez wąski obiekt zespolony (ryc. 2.49 – oznaczenie 3). Nawet przy założeniu, że dobowe natężenie ruchu na drodze gruntowej na obiekcie jest małe (≤150 P/24h) [116, 133, 144], obecność dróg o nawierzchni asfaltowej na terenie wszystkich obiektów może wpływać na niską funkcjonalność wszystkich trzech przejść górnych. W tym miejscu warto przytoczyć zalecenia sformułowane w publikacji [133]: „[…] droga zlokalizowana na powierzchni przejścia zespolonego musi posiadać minimalne dobowe natężenie ruchu i służyć co najwyżej do obsługi dojazdów do pojedynczych zabudowań […]" [133, cz. II, s. 4].

Bardzo ważnym zagadnieniem jest w zrównoważonym procesie projektowania przejść przyjaznych zwierzętom planowanie w ich pobliżu innych obiektów przeznaczonych do komunikacji mieszkańców z pobliskich okolic (ryc. 2.43 – pkt e). W tym wypadku chodzi o bezkolizyjność interesów społeczności lokalnych, rozdzielonych autostradą lub drogą ekspresową, z potrzebami zachowania ciągłości ekologicznej ekosystemów. Obiekt zespolony, przeznaczony do komunikacji drogowej i zwierząt, można budować jako wspólny tylko w przypadku dobowego natężenia ruchu mniejszego niż 150 P/24h; wówczas pełni funkcję obiektu zespolonego.

Jeśli jednak obiekt habitatowy ma zapewniać ruch mieszkańcom i zwierzętom, tak jak w przypadku trzech obiektów zespolonych przedstawionych na ryc. 2.49, to jego funkcjonalność środowiskowa w aspekcie przyjaznego przejścia dla zwierząt może być znacznie ograniczona lub po prostu zniweczona. Zgodnie z wytycznymi przedstawionymi na ryc. 2.43 najlepiej jest ze względów środowiskowych budować przejścia samodzielne, z uwzględnieniem zakazu przejazdu po nich wszelkich pojazdów, nawet w sytuacji awaryjnej. W zrównoważonym procesie planistycznym danej drogi czy autostrady projektanci zawsze powinni rozważać sytuację awaryjną w danym regionie, tzn. pożar budynków lub lasów, klęskę żywiołową, katastrofę budowlaną czy komunikacyjną itp., przewidując przejazd pojazdów uczestniczących w akcji ratunkowej po najbliższych obiektach drogowych, a nie po samodzielnym przejściu górnym, przeznaczonym tylko dla zwierząt.

Pod tym względem prawidłowo zaprojektowano przejścia górne wybudowane nad autostradą A20 w Niemczech. Jednym z najlepszych przykładów obiektów habitatowych, zapewniających przejazdy komunikacyjne i awaryjne w ww. sytuacjach kryzysowych, są przejścia Barnekow (ryc. 2.50) i Köchelsdorf (ryc. 2.51), gdyż w ich pobliżu z jednej i z drugiej strony znajdują się wiadukty drogowe, po których w normalnych warunkach odbywa się komunikacja drogowa i które w sytuacji awaryjnej stanowić mają możliwe trasy niesienia pomocy lub trasy ewakuacji. Drogi lokalne, przeznaczone do komunikacji w pobliżu przejścia habitatowego, w obu ww. przypadkach zapewniają bezpieczne poruszanie się zwierząt w każdej sytuacji, a przejazd samochodu w sytuacji awaryjnej nie stwarza potrzeby korzystania z przejścia habitatowego. Struktury biotyczne i abiotyczne oraz krajobrazy hydrograficzne są w powyższych przykładach uwzględnione (ryc. 2.50 i 2.51). Oba przejścia spełniają zatem wszelkie warunki bardzo dobrej funkcjonalności.

Odległość krawędzi obiektu od miejsca wyjazdu z terenu MOP w przypadku przejścia Barnekow nie może być uznana za jakąkolwiek wadę obiektu (ryc. 2.45 i 2.50), gdyż na obiekcie za ekranem betonowym (o wysokości 3 m) znajdują się wały ziemne (o wysokości 1,5−2 m), na których gęsto rosną rozłożyste krzewy, szczelnie odgradzając zwierzęta od światła i hałasu drogowego. Oba przejścia stanowią wzorcowe i bardzo dobrze oceniane, pod względem funkcjonalności, rozwiązania przytaczane w światowej literaturze dotyczącej inżynierii ekologicznej.

Podobnie jest z mostami krajobrazowymi wybudowanym w Niemczech (ryc. 2.52) oraz w Szwajcarii (ryc. 2.53). W obu przypadkach drogi obsługujące poprzeczny ruch drogowy znajdują się w niedalekiej odległości od mostów krajobrazowych, w związku z czym samochody nie muszą po nich właśnie przejeżdżać. Także ww. obiekty są przytaczane w literaturze zajmującej się zagadnieniami ekologicznymi oraz są uważane za wzorcowe i funkcjonalne.

Ta prosta zasada projektowania w pobliżu przejścia habitatowego obiektu przeznaczonego dla ludzi jest bardzo istotna. Jest bardzo wiele przykładów, krajowych i zagranicznych, złych rozwiązań projektowych, na podstawie których wybudowano dla zwierząt samodzielne obiekty górne czy dolne i niestety wykorzystano je przez mieszkańców okolicznych wsi. Przyczyną był brak dróg lokalnych przeznaczonych do ruchu drogowego dla miejscowych rolników [208]. Okoliczni mieszkańcy, torując sobie drogę przez przejście habitatowe, poodsuwali duże głazy stanowiące zabezpieczenie przejścia; nie były to, niestety, odosobnione przypadki. Biorąc powyższe pod uwagę, należy zawsze planować zrównoważone warunki, czyli chronić środowisko naturalne i projektować mosty dla zwierząt, zapewniając równocześnie bezpieczną komunikację okolicznym mieszkańcom.

Ryc. 2.50. Przykład dobrego planowania lokalizacji mostu zielonego na terenie rolniczym, zapewniającego komunikację po pobliskich wiaduktach drogowych
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.51. Przykład dobrej lokalizacji mostu zielonego w kompleksie leśnym, zapewniającego komunikację po pobliskich wiaduktach drogowych
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.52. Przykład dobrego planowania lokalizacji mostu krajobrazowego na terenie rolniczym, zapewniającego komunikację drogową po pobliskiej drodze
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.53. Przykład dobrej lokalizacji mostu krajobrazowego w kompleksie leśnym, zapewniającego poprzeczną komunikację drogową po wiadukcie i pod estakadą w ciągu trzech dróg lokalnych
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

2.6. Podstawowe czynniki ekologiczne doboru parametrów przejść dla zwierząt

Drugim po lokalizacji najważniejszym czynnikiem ekologicznym są parametry danego przejścia. Głównie chodzi o szerokość przejścia (w) i jego długość (l), a w przypadku przejścia dolnego – dodatkowo o wysokość przejścia pod obiektem (h). Zagadnieniem określenia minimalnych parametrów przejścia zajmowało się wielu specjalistów związanych z ochroną środowiska – zarówno krajowych, jak i zagranicznych, o czym świadczą dane przedstawione w następujących pozycjach [28, 29, 32, 42, 43, 44, 52, 74, 75, 77, 102, 111, 121, 132, 148, 152, 234, 238, 239]. Są różne możliwości rozwiązania przejścia dolnego dla małych zwierząt. Jest wiele rozwiązań poprawnych, mimo że może nie są one aż tak korzystne jak w przypadku przejścia górnego. Natomiast w korytarzach migracyjnych zwierząt średnich i dużych kluczową barierą są budowane autostrady i ciągi drogowe, które dzielą istniejące siedliska na oddzielne części (fragmentacja krajobrazu). Drogi przyjazne dla środowiska, czyli przede wszystkim przyjazne dla zwierząt, to w pierwszym rzędzie przejścia habitatowe (w ramach kompensacji przyrodniczych i procesu defragmentacji krajobrazu). Ponieważ wiele gatunków zwierząt jest pod względem akceptacji „sztucznych obiektów" bardzo zróżnicowanych, ekolodzy, mając na względzie zrównoważone projektowanie przejść

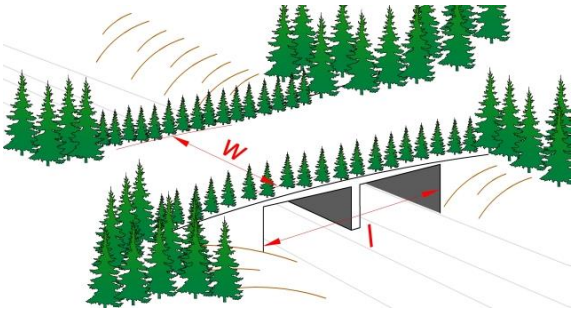
habitatowych, wprowadzili tzw. współczynnik bezwzględnej ciasnoty, mający odzwierciedlać minimalne i zalecane wymiary budowanych obiektów.

Współczynnik względnej ciasnoty w przypadku przejść górnych stanowi iloraz szerokości przejścia do jego długości (w/l), przy czym szerokość przejścia *w* jest mierzona wzdłuż drogi, a długość przejścia l jest równoznaczna z odcinkiem drogi, jaką musi pokonać dane zwierzę, przechodząc przez dany obiekt (ryc. 2.54a). Jednak szerokość przejścia w nie jest równa szerokości obiektu, mierzonej pomiędzy jego krawędziami, a odnosi się do faktycznej szerokości przejścia mierzonej pomiędzy ekranami, nasadzeniami lub wałami ziemnymi w najwęższym miejscu tego przejścia. Jest to tzw. szerokość faktyczna przejścia, rozumiana jako szerokość rzeczywiście dostępna dla zwierząt. W przypadku przejść dolnych uwzględnia się jeszcze wysokość przejścia h, która nie zawsze jest równa wysokości światła obiektu (ryc. 2.54b, c, d). Przy przejściach dolnych współczynnik względnej ciasnoty oblicza się jako iloraz ww. parametrów ($w\ h$)/l.

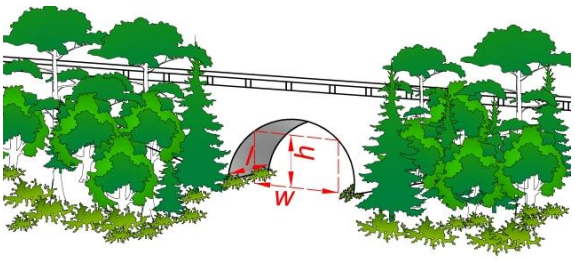
Chociaż niniejsza monografia dotyczy zrównoważonego projektowania przejść górnych, to jednak przy omawianiu czynnika ekologicznego, jakim jest współczynnik względnej ciasnoty, należy wspomnieć o parametrach przejść dolnych, gdyż w analizie wielokryterialnej rozważa się zawsze, w zależności od okoliczności, oba rodzaje przejść.

W przypadku przejść dolnych również ich szerokość mierzy się w najwęższym miejscu. Na ryc. 2.54 przedstawiono różne przypadki konstrukcji obiektu przejścia dolnego i symbolicznie przedstawiono poszczególne wymiary brane pod uwagę przy ocenie współczynnika względnej ciasnoty. Długość l przejścia dolnego jest równoznaczna z długością odcinka drogi, jaką musi pokonać zwierzę, przechodząc przez dany obiekt. W przypadku obiektu wykonanego z blach falistych, z ukośnym zakończeniem czoła obiektu, należy uwzględnić długość faktycznego przejścia (tj. długość mierzoną wzdłuż pełnych przekrojów blach falistych), a nie górnego naziomu, lub długość mierzoną poza przejściem, np. na dole obiektu wzdłuż fundamentu i ukośnych części blach falistych. Zgodnie z polskimi wytycznymi [111, 121] przy przejściach dolnych wartość minimalna współczynnika względnej ciasnoty dla dużych lub wrażliwych zwierząt wynosi ≥ 1,5 [121, s. 29], a dla średnich i małych zwierząt ≥ 0,7 [121, s. 29].

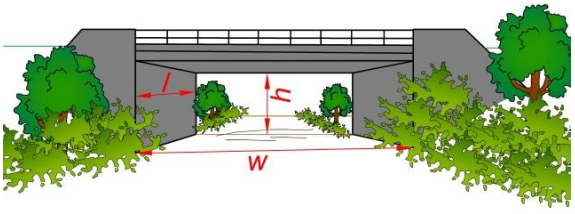
a) przejście górne o konstrukcji płytowej



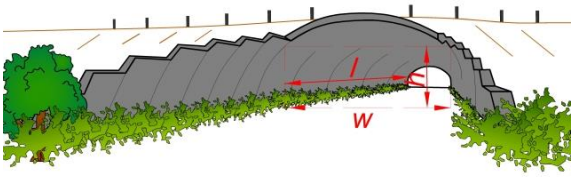
b) przejście dolne pod obiektem łukowym



c) przejście dolne o konstrukcji płytowej



d) przejście dolne wykonane z blach falistych



Ryc. 2.54. Główne parametry przejść górnych i dolnych, brane pod uwagę przy obliczaniu współczynnika względnej ciasnoty
Źródło: opracowanie graficzne ryc. c) i d) Dominik Kacprzak.

Na podstawie wyników badań, zawartych w pozycjach [36, 52, 77, 103, 121 i 239], w tab. 2.1 przedstawiono zalecane i minimalne wymiary przejść górnych. W komentarzu do tab. 2.1 warto wspomnieć o wytycznych

holenderskich [234], ponieważ w Holandii wybudowano i nadal buduje się bardzo dużo przejść dla zwierząt, a także prowadzi się liczne badania eksperymentalne w tym zakresie. Przy czym trzeba podkreślić, że wybudowane przejścia są bardzo funkcjonalne [24, 82, 230]. W wytycznych holenderskich nie ma ścisłego zalecenia odnośnie do wymiarów przejść górnych. Uwzględniając minimalne wymiary przejścia górnego, określone dla jelenia na podstawie badań amerykańskich [239], zaleca się, by miały one szerokość 40–60 m, gdyż ta szerokość umożliwia przemieszczanie się większości zwierząt. Analiza danych przedstawionych w tab. 2.1 wskazuje na różnorodność zaleceń obowiązujących w różnych krajach. Zalecane wymiary również ulegają korekcie w miarę upływu lat, wynikającej z rezultatów prowadzonych badań i obserwacji. Przykłady obliczeń wskaźnika względnej ciasnoty wskazują raczej na coś odwrotnego: jeżeli długość przejścia górnego dla dużych zwierząt wynosi np. 40 m, to jego szerokość powinna być nie mniejsza niż 32 m, a jeżeli jest to przejście dolne dla dużych zwierząt, to jego szerokość powinna być 1,5 razy większa, czyli powinna mieć minimum 60 m. Wydaje się więc słuszna teza, sformułowana w podstawowych wytycznych COST 341 [42], że „[…] wymagana szerokość przejścia zwiększa się wraz z planowaną jego długością, tj. przejście nad sześciopasową autostradą powinno być szersze niż przejście nad dwutorową linią kolejową […]" [42, s. 14].

Tabela 2.1. Wymiary górnych przejść dla zwierząt

Typ przejścia	Użytkownik	Docelowe grupy fauny	Wielkości obiektu	
			minimalne	zalecane
Mosty krajobrazowe	dzikie zwierzęta	wszystkie zwierzęta (z wyjątkiem płazów i fauny wodnej [a, b]): łoś, żubr, jeleń, dzik, sarna, wilk, ryś, niedźwiedź [g]	w – 80 m [a] w – 70 m [b] w > 80 m [c] w ≥ 50 m [g] w/l > 0,8 [c, f]	— [a] w > 100 m [b] w ≥ 60 m [f]
Mosty zielone	dzikie zwierzęta	duże zwierzęta [a, b]: jeleń, dzik, sarna [d, f]	w – 20 m [a] w – 40–50 m [b] w – 40–50 m [c] w – 12 m – jeleń [d] w – 10 m – sarna [d] w – 7 m – dzik [d] w – 10 m [e] w ≥ 35 m [f] w/l > 0,8 [a, c, f]	w – 40–50 m [a] w – 50–70 m [b] w – 40–50 m [c] w ≥ 50 m [f] w/l > 0,8 [c, f]
		średnie zwierzęta	w – 40–50 m [c], z dopuszczeniem, >20 m w ≥ 30 m [f]	w ≥ 40 m [f]
Przejścia zespolone	dzikie zwierzęta + zwierzęta gospodarskie	duże zwierzęta	w – 10 m [a, b] w ≥ 35 m [h] w/l > 0,8 [a]	w – 20–50 m [a] w – 15–40 m [b] w ≥ 50 m [h]
		średnie zwierzęta	w ≥ 30 m [h]	w ≥ 40 m [h]
Przejścia dla zwierząt nadrzewnych	dzikie zwierzęta	zwierzęta nadrzewne żyjące w Polsce: wiewiórki, kuny, tchórze, żbiki, popielice	—	—

[a] [52, tab. 3.3, s. 28]; [b] [239, rozdz. 7, pkt 7.2.1, s. 14]; [d] [111, dział 5, s. 190, 221 i 225]; [e] [179, § 58]; [f] [121, s. 23, 27–28]; [g] [121, s. 39]; [h] [121, s. 32].
Źródło: [42, 52, 103, 111, 121, 179, 239].

Holendrzy w wytycznych [234] powołują się na rezultaty badań amerykańskiego ekologa Antony Clevengera [32, 33], z których wynika, że szerokość przejścia górnego wynosząca ok. 15 m będzie zniechęcać większe zwierzęta do skorzystania z niego. Na przykład dla jelenia czy łosia ta szerokość przejścia jest niewystarczająca. Ponadto szerokość przejścia górnego ma zapewnić połączenie docelowe podzielonych siedlisk i krajobrazów. To oznacza, że szerokość przejścia musi umożliwiać samoistny rozwój roślinności i jednocześnie spełniać wymagania przejścia dla gatunku docelowego. Jeśli na powierzchni obiektu

zastosuje się nasadzenia traw, ziół i innych roślin, typu turzyce czy wrzosy, to samo przejście musi zapewnić im rozwój oraz migrację zarówno dużych, jak i małych zwierząt.

Analiza wymiarów przejść górnych podanych w tab. 2.1 wskazuje, że jeśli współczynnik względnej ciasnoty przejścia górnego jest większy niż 0,8, to przejście będzie akceptowane przez większość ssaków. Odnosząc się do ww. danych, trzeba przeanalizować kilka obiektów o innych, mniejszych, wartościach współczynnika względnej ciasnoty, np. przejście górne zespolone wybudowane w pobliżu wsi Uddevalla, nad drogą E6 w Szwecji (ryc. 2.55, 2.56).

Ryc. 2.55. Zdjęcie satelitarne krajobrazu środowiskowego wokół autostrady E6, w pobliżu mostu zielonego
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.56. Podstawowe wymiary mostu zielonego i współczynnik ciasnoty względnej
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Jak już wyżej wspomniano, nie są odosobnione przypadki adaptacji na potrzeby środowiskowe wcześniej zaprojektowanych obiektów przy budowie nowych dróg. Na przykład w Szwecji nad autostradą E6 był planowany obiekt, który miał umożliwiać dojazd do pojedynczych gospodarstw (ryc. 2.55 i 2.56). Jednak analiza środowiskowa przeprowadzona przy budowie drogi wykazała, że w najbliższej okolicy potrzebne było przejście dla dzikich zwierząt. Uwzględniając powyższe, zmieniono projekt obiektu, który początkowo miał mieć 5 m szerokości, i dostosowano go do parametrów środowiskowych (ryc. 2.57). Przejście zespolone jest dość wąskie – ma długość 50 m, szerokość w najwęższym miejscu równą 16 m, a przy przyczółkach – tylko 21 m. A jednak z monitoringu, przeprowadzonego w ramach badań środowiskowych przez Mattiasa Olssona [39, 154], wynika, że z przejścia korzystają nawet łosie (ryc. 2.58), dla których zaleca się znacznie szersze obiekty (współczynnik względnej ciasnoty analizowanego przejścia górnego wynosi w/l = 16/50 = 0,34). Jak wynika z opisu Mattiasa Olssona, łoś nie był spłoszony, tylko powoli przechodził przez przejście.

Ryc. 2.57. Pierwszy wiadukt drogowy w Szwecji dostosowany do potrzeb łosia
Źródło: fot. Mattias Olsson [39, rys. 7.2, s. 108].

Ryc. 2.58. Zdjęcie z monitoringu łosia powoli przechodzącego przez obiekt w maju 2003 roku
Źródło: fot. Mattias Olsson [39, rys. 7.3, s. 108].

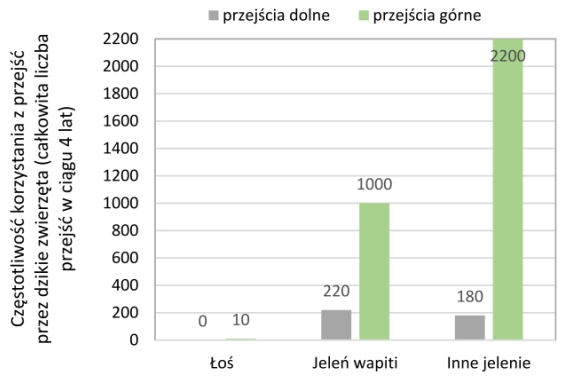
Aby ułatwić przejście zwierzętom, część przeznaczoną dla nich wykonano, pozostawiając powierzchnię gruntową, przy czym sama droga dojazdowa do posesji ma nawierzchnię asfaltową [152, 154]. Po obu stronach obiektu zastosowano nieprzezroczyste szare ekrany (o wysokości 2 m), które zmniejszają hałas drogowy i chronią zwierzęta przed światłami drogowymi. Z obu stron przejścia zastosowano naprowadzenia z nasadzeń okolicznej roślinności, doprowadzając je do krawędzi obiektu.

Istotne znaczenie ekologiczne mają też preferencje zwierząt, jeśli chodzi o wybór przejścia dolnego lub górnego. Bardzo istotne pod tym względem badania przeprowadzili ekolodzy na autostradzie transatlantyckiej w Kanadzie [74]. Badania monitoringowe prowadzono przez cztery kolejne lata; objęto nimi dwa przejścia górne (o szerokości po 52 m) i niedaleko nich (w odległości 200 m) znajdujące się jedno przejście dolne (o szerokości 7 m i wysokości 3 m). Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono na ryc. 2.59. Chociaż na ryc. 2.59 przedstawiono także dane w odniesieniu do gatunków zwierząt nieżyjących w Polsce, to jednak dane dotyczące łosia, jelenia, niedźwiedzia i wilka mogą być pomocne w analizie wielokryterialnej przy podejmowaniu decyzji inwestorskich o wyborze rodzaju przejścia. Analiza przedstawionych na ryc. 2.59 wyników badań ekologów kanadyjskich wskazuje, że ww. zwierzęta preferują przejścia górne. Z komentarzy sformułowanych w odniesieniu do badań zawartych w opracowaniu [75] wynika, że „[…] zwierzęta potrzebują czasu, aby nauczyć się dopasowywać własne zachowania do istnienia przejść drogowych […]" [75, s. 111]. Czasami na wybór i akceptację przez zwierzęta danego przejścia mają wpływ nie tylko walory krajobrazowe, wymiary przejścia, najważniejsza może okazać się aktywność ludzi w najbliższym otoczeniu oddziałująca negatywnie, nawet przy bardzo dobrze dobranej lokalizacji przejścia, pokrywającej się z korytarzami migracyjnymi, oraz przy bardzo dobrym jego zagospodarowaniu. Analiza rezultatów badań amerykańskiego ekologa Antony Clevengera [32, 33] wykazuje, że niedźwiedzie, wilki i rysie są wrażliwe na obecność człowieka w pobliżu ich ścieżek migracyjnych, w związku z czym należy w tym wypadku wyjątkowo zadbać o budowę przejścia samodzielnego i o zabezpieczenie go przed obecnością ludzi. Podobne wnioski wynikają z badań przeprowadzonych na przejściach w Holandii – im bliższe są siedziby ludzi lub drogi rolnicze, z których korzystają rolnicy, tym większy negatywny wpływ ma to na funkcjonalność przejścia [234].

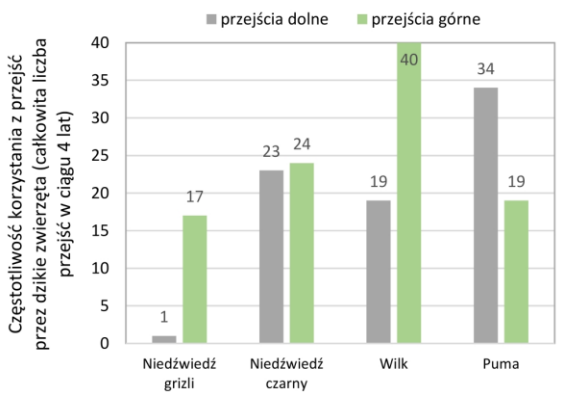
Biorąc pod uwagę dane z ryc. 2.59, można stwierdzić, że jelenie zdecydowanie częściej wybierają przejścia górne. Jednak nie zawsze są one możliwe do zbudowania w danych warunkach. Wobec czego, odnosząc się do współczynnika bezwzględnej ciasnoty, należy również przeanalizować minimalne i zalecane wymiary przejść dolnych, które zestawiono w tab. 2.2.

W holenderskich wytycznych [234] również w odniesieniu do wymiarów przejścia dolnego są podane bardzo liberalne wytyczne, gdyż zaproponowano w nich, by zastosować przy gatunku docelowym dotyczącym jelenia współczynnik względnej ciasnoty > 2, czyli np. projektując przejście dolne o szerokości 15 m i wysokości 4 m, trzeba wziąć pod uwagę to, że maksymalna długość przejścia powinna wynosić 30 m ewentualnie do 40 m.

a) zwierzęta roślinożerne



b) drapieżniki



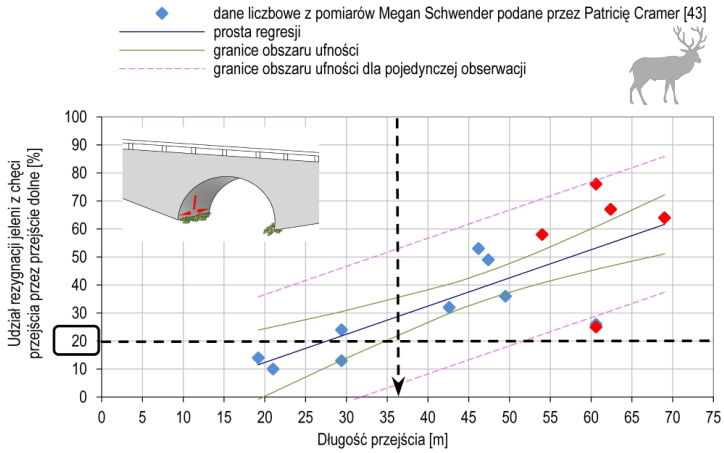
Ryc. 2.59. Porównanie częstotliwości wykorzystania przejść dolnych i górnych przez dzikie zwierzęta
Źródło: opracowanie graficzne na podstawie danych liczbowych przedstawionych w publikacjach [32, 75].

Dość istotne ze względów budowlanych i ekologicznych przy planowaniu przejścia dolnego jest przyjęcie jego podstawowych wymiarów. W większości przypadków parametry przejść dla dużych zwierząt odnosi się w literaturze światowej do przejść, z których korzystają jelenie. Biorąc powyższe pod uwagę, warto zapoznać się z wynikami badań amerykańskiej ekolog Patricii Cramer [43, 45, 186]. W raporcie z przeprowadzonych badań funkcjonalności przejść dolnych, znajdujących się w Utah, autorka ta [43] przedstawiła dane dotyczące zależności udziału procentowego rezygnacji jelenia z przejścia przez dane przejście dolne (tj. odrzucenia danego przejścia przez zwierzęta) od:
– długości danego przejścia dolnego (ryc. 2.60),
– wysokości danego przejścia dolnego (ryc. 2.61),
– szerokości danego przejścia dolnego (ryc. 2.62).

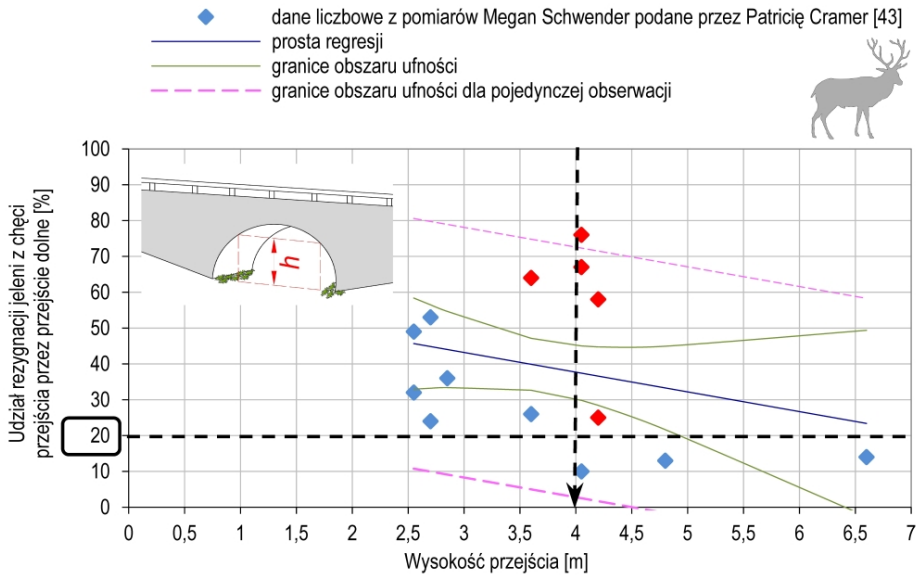
Tabela 2.2. Wymiary dolnych przejść dla zwierząt

Typ przejścia	Użytkownik	Docelowe grupy fauny	Wielkości obiektu	
			minimalne $(w\ h)\ /\ l$	zalecane $(w\ h)\ /\ l$
Przejścia zespolone	zwierzęta dzikie	wszystkie zwierzęta	—	—
Duże przejścia dolne pojedyncze	zwierzęta dzikie	duże ssaki	– dzik + sarna: 7 m × 3,5 m [a] $(w\ h)\ /\ l > 0{,}75$ – jelenie: 12 m × 3,5 m $(w\ h)\ /\ l = 0{,}75$ [a] – przejścia duże: 15 m × 3,5 m $(w\ h)\ /\ l = 1{,}5$ – przejścia średnie: 6 m × 2,5 m $(w\ h)\ /\ l \geq 0{,}7$ – przejścia małe: 1,5 m × 1,0 m $(w\ h)\ /\ l \geq 0{,}7$ – dzik + sarna: 5 m × 4 m [c] – jelenie i daniele: 6 m × 3 m przy $l = 30$ m [c] 8 m × 4 m przy $l = 40$ m [c] 10 m × 5 m przy $l = 50$ m [c] – sarna i dzik: 2,5 m × 2,5 m [c, d]	15 m × 3,5 m [a] 15 m × 5 m [b] 10 m × 3,5 m [b] 2,5 m × 1,5 m [b]
Wielokrotne przejścia dolne	zwierzęta dzikie + zwierzęta gospodarskie	duże ssaki	– dzik + sarna: 7 m × 3,5 m $(w\ h)\ /\ l > 0{,}75$ – jelenie: 12 m × 3,5 m $(w\ h)\ /\ l = 0{,}75$	15 m × 3,5 m

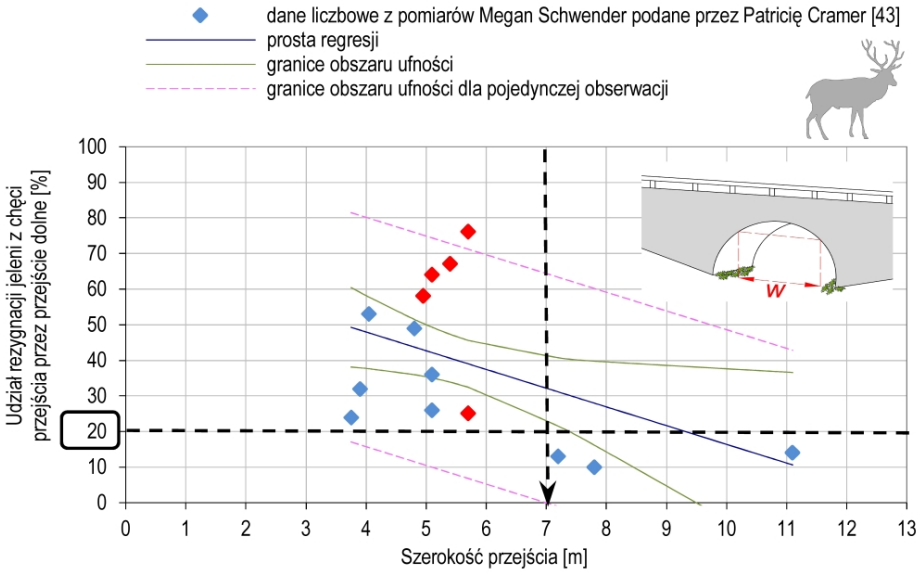
[a] [52, tab. 3.4, s. 29]; [b] [121, s. 29, 30]; [c] [234, s. 93]; [d] „[…] nie oznacza to, że dany gatunek zwierząt nie skorzysta z istniejącego przejścia dolnego o wysokości 2 m, ale to mało prawdopodobne, więc jeśli jest istniejące przejście gospodarcze lub przejście dla rowerzystów, to warto go dostosować i zagospodarować odpowiednio do możliwej migracji danego gatunku zwierząt […]" [234, s. 9].
Źródło: [52, 121, 234].



Ryc. 2.60. Analiza regresji liniowej zależności udziału procentowego rezygnacji jeleni z przejścia od długości danego przejścia dolnego (R = 0,75); czerwonym rombem dodatkowo oznakowano przejścia, na których nie zastosowano ogrodzeń naprowadzających



Ryc. 2.61. Analiza regresji liniowej zależności udziału procentowego rezygnacji jeleni z przejścia od wysokości danego przejścia dolnego (R = –0,28); czerwonym rombem dodatkowo oznakowano przejścia, na których nie zastosowano ogrodzeń naprowadzających



Ryc. 2.62. Analiza regresji liniowej zależności udziału procentowego rezygnacji jeleni z przejścia od szerokości danego przejścia dolnego (R = –0,46); czerwonym rombem dodatkowo oznakowano przejścia, na których nie zastosowano ogrodzeń naprowadzających

W publikacji [43] Patricia Cramer przedstawiła dane liczbowe z kilkuletnich badań przeprowadzonych przez Megan Schwender na wybranych 14 przejściach dolnych, charakteryzujących się różnymi parametrami geometrycznymi. Analiza wyników badań dała autorkom podstawę do wyboru kilku determinant, a mianowicie wzięto pod uwagę udział procentowy rezygnacji jelenia z przejścia i trzy główne parametry geometryczne przejścia dolnego (długość, wysokość i szerokość). Jednak autorki, podsumowując swoje badania, piszą w publikacji [43], że nie powinno się rozpatrywać wykazanych zależności udziału procentowego rezygnacji jelenia z przejścia od jednego parametru geometrycznego danego przejścia dolnego (tak jak to przedstawiono na ryc. 2.60, 2.61 i 2.62), gdyż wszystkie ww. parametry geometryczne

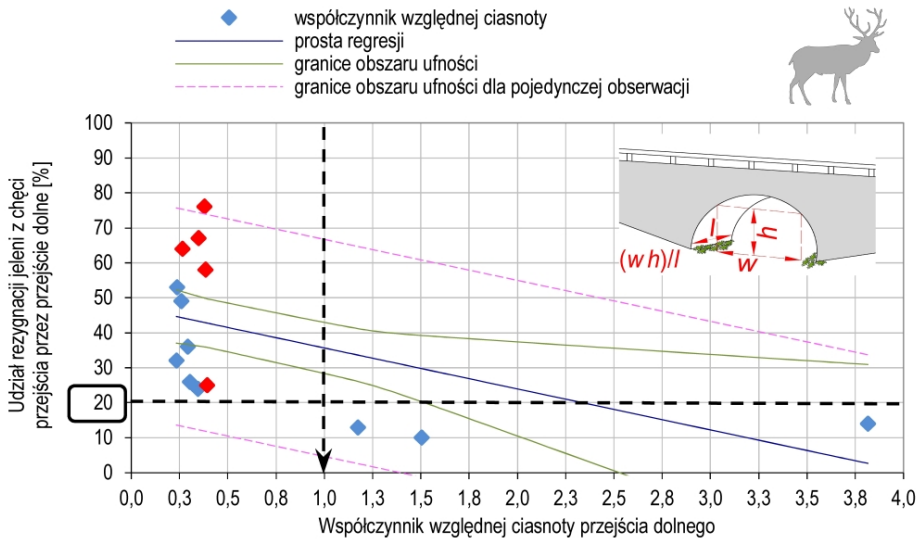
określają razem tzw. otwartość przejścia, która bezpośrednio oddziałuje na psychikę zwierząt i zachęca je, szczególnie jelenie, do skorzystania z tego przejścia. Na rezygnację jelenia z danego przejścia nie wpływa jakiś jeden szczególny parametr, bowiem do jego decyzji o rezygnacji prawdopodobnie przyczynia się otwartość danego przejścia.

Na podstawie danych liczbowych [24], zamieszczonych w raporcie [43], autorka niniejszej monografii przeprowadziła standardowe analizy statystyczne i przedstawiła graficznie na ryc. 2.60, 2.61 i 2.62 rezultaty analiz regresji udziałów procentowych rezygnacji jelenia z chęci przejścia przez dane przejście w odniesieniu do długości tego przejścia, jego wysokości i szerokości. Na wykresach analizy regresji, za pomocą czerwonych rombów, przedstawiono dodatkowo dane liczbowe dotyczące przejść dolnych, na których nie zastosowano ogrodzeń naprowadzających. To wyróżnienie może przyczynić się do lepszej interpretacji poszczególnych zasad projektowania podanych w licznych wytycznych – zarówno polskich, jak i zagranicznych.

W danym przypadku wyniki analiz statystycznych są mniej ważne; okazało się na podstawie tych kilkuletnich badań, że najważniejszym czynnikiem są wartości udziału procentowego rezygnacji jelenia z chęci przejścia przez przejście zaznaczone na osi pionowej. To parametr, który obrazuje w dużym stopniu funkcjonowanie populacji zwierząt w krajobrazie przeciętym drogą. Należy podkreślić, że uwzględnienie w analizach, dotyczących parametrów budowlanych, tylko liczebności przejść przez dane przejście znacznie uprościłoby badania, ale nie dałoby wiarygodnej informacji o oddziaływaniu barierowym na populację jelenia. Pozyskanie wiarygodnych wyników kilkuletnich badań rezygnacji z przejścia było bardzo pracochłonne i żmudne, obejmowało bowiem wielogodzinny monitoring z kilku kamer ustawionych po obu stronach tego przejścia. Z wielogodzinnych zapisów filmowych należało wyłonić tylko przypadki odrzucenia przez jelenie chęci przejścia przez dany obiekt, dlatego uwzględniając poniesiony trud obserwacji, przeprowadzonych przez Megan Schwender i Patricię Cramer, należy stwierdzić, że wyniki ich badań są niezwykle cenne. Biorąc powyższe rezultaty pod uwagę, autorki ww. oszacowały udział procentowy odrzucenia przez jelenie chęci przejścia przez dany obiekt, charakteryzując w sposób pośredni biotop, czyli przestrzeń życiową organizmów żywych. Zdaniem autorki niniejszej monografii m.in. te czynniki pozwalają na lepszą interpretację analiz i dlatego istotne było przytoczenie w niej wyników badań Patricii Cramer i Megan Schwender.

Analiza szczegółowych danych, przedstawionych na ryc. 2.60, 2.61 i 2.62, wykazała, że jelenie rezygnują z danego przejścia w mniej niż 20% przypadków, gdy jego długość jest mniejsza niż 36 m, wysokość jest większa niż 4,0 m, a szerokość – większa niż 7 m. Te wartości na odpowiednich rycinach zaznaczono czarnymi liniami jako najbardziej optymalne parametry funkcjonalnego przejścia dolnego. Jeśli chodzi o inne analizowane parametry geometryczne, jelenie rezygnowały z danego przejścia znacznie częściej, tj. w ponad 20% przypadków, gdy było ono dłuższe niż 36 m, niższe niż 4,0 m i węższe niż 7,0 m, co może świadczyć o dużym oddziaływaniu barierowym i bardzo zróżnicowanych wartościach udziału procentowego rezygnacji jeleni z takiego przejścia. Biorąc powyższe pod uwagę, autorka monografii zauważa, że dopuszczenie w analizach 20% przypadków rezygnacji jeleni z przejścia oznacza uwzględnienie w dużym stopniu negatywnego odziaływania drogi na ich środowisko i może wskazać miarodajne wartości parametrów przejść dolnych.

Jak wynika z analizy uzyskanych wartości współczynników korelacji R, determinującym parametrem funkcjonalności i akceptacji przez zwierzęta danego przejścia dolnego jest jego długość (ryc. 2.60), gdyż współczynnik korelacji jest w danym przypadku najwyższy (R = 0,75), ale – jak już wyżej wspomniano – przy doborze parametrów przejścia dolnego trzeba brać pod uwagę wszystkie parametry przejścia, a nie tylko jeden z parametrów geometrycznych. Między innymi to spowodowało, że – zgodnie z wcześniejszymi komentarzami Megan Schwender i Patricii Cramer [43] – autorka niniejszej monografii wykonała jeszcze jedną analizę regresji, tym razem w odniesieniu do zależności udziału procentowego rezygnacji jeleni z przejścia od współczynnika względnej ciasnoty $(w\ h)/l$ wyznaczonego dla wszystkich analizowanych obiektów (ryc. 2.63).



Ryc. 2.63. Analiza regresji liniowej zależności udziału procentowego rezygnacji jeleni z przejścia od współczynnika względnej ciasnoty $(w\ h)\ /\ l$ danego przejścia dolnego (R = –0,52); czerwonym rombem dodatkowo oznakowano przejścia, na których nie zastosowano ogrodzeń naprowadzających

O problemie klaustrofobii, czyli o za wąskich i za długich przejściach, pisze również polski ekolog Jan Konopka [117]. Wyniki zależności udziału procentowego rezygnacji jeleni z przejścia od poszczególnych parametrów geometrycznych danego przejścia, przedstawione na ryc. 2.60, 2.61 i 2.62, także potwierdzają cytowane wyżej spostrzeżenie Jana Konopki. W analizach zależnościowych równie ważny jest rozrzut danych w badanym zakresie. Wyniki przedstawione na powyższych wykresach wskazują, że mała część danych znajduje się w obszarze ufności, ale prawie wszystkie wyniki mieszczą się w obszarze ufności dla pojedynczej obserwacji. Tylko trzy przejścia znalazły się w przyjętym optymalnym zakresie, co stanowi poniżej 20% przypadków rezygnacji jeleni z przejścia. Biorąc pod uwagę przyjęty przez Megan Schwender i Patricię Cramer optymalny udział procentowy rezygnacji jeleni z przejścia (mniejszy niż 20%) i rozrzut punktów na wykresach, można stwierdzić, że wyniki analizy regresji mogą być niemiarodajne. W związku z tym, w celu uzyskania potwierdzenia statystycznego optymalnych wymiarów przejścia dolnego, należałoby jeszcze przeprowadzić badania dodatkowe w odniesieniu do co najmniej kilku przejść dolnych o współczynniku względnej ciasnoty większym niż 1.

Podsumowując powyższe i mając na względzie przede wszystkim dobrą funkcjonalność przejść dolnych, Megan Schwender i Patricia Cramer [44, 186] jako ostateczny rezultat przeprowadzonych badań zalecają, by długość przejścia dolnego nie była większa niż 36 m. Jeśli jest więcej pasów ruchu do przekroczenia, to powinno się stosować przęsła rozsunięte, przy czym „[…] każde z rozsuniętych przejść nie powinno być dłuższe niż 36 m […]" [43, s. 37].

Przy rozważaniu wartości parametrów przejścia habitatowego warto również przytoczyć wyniki badań zespołu szwedzkich ekologów Matiasa Olssona i Andreasa Seilera, przedstawione na konferencji IENE w 2012 roku [153]. Autorzy ci rozważali w opisywanych badaniach inny parametr, a mianowicie wskaźnik wykorzystania przejścia przez dany gatunek zwierząt, czyli stosunek liczby stwierdzonych śladów łosia i jelenia do wszystkich śladów odnotowanych na pasie migracji zastosowanym na przejściu. Z badań funkcjonalności 92 przejść górnych i dolnych wynika, że minimalna szerokość funkcjonalna przejść dla łosi i jeleni powinna wynosić 20–24 m. Z analizy danych przedstawionych na posterze [153] wynika, że z węższych przejść zwierzęta korzystają jedynie sporadycznie. Autorzy referatu we wnioskach końcowych zalecają stosowanie szerszych przejść i poddają pod dyskusję kolejny problem przy podejmowaniu decyzji – „[…] czy funkcjonalniejsze będzie zbudowanie kilku wąskich przejść czy jednego szerszego […]" [153, poster].

Wyznaczeniem minimalnej faktycznej szerokości przejścia górnego zajmowali się także francuscy ekolodzy. Na przykład Jean Carsignol [28] w rezultatach swoich badań podał, że na terenach rolniczych dla małych zwierząt, typu jeże i zające, minimalna faktyczna szerokość przejścia górnego może wynosić 7,5 m. Ale przejście powinno być właściwie zagospodarowane, mieć naturalne osłony przeciwhałasowe i przeciwolśnieniowe, naturalne naprowadzania, a powierzchnia w strefie migracji powinna być dostosowana do migracji małych zwierząt [28, 29]. Natomiast, jeśli z przejścia na terenach rolniczych mają korzystać również sarny i daniele, to minimalna faktyczna szerokość takiego przejścia powinna być większa niż 12 m. W danym przypadku także powinno się szczególnie zadbać o zagospodarowanie zarówno strefy migracji, jak i strefy naprowadzająco-osłonowej.

W konkluzji można stwierdzić, że problem wyznaczenia minimalnej szerokości przejścia nadal nie jest rozwiązany ostatecznie; należy jeszcze prowadzić badania, uwzględniając wiele parametrów dotyczących funkcjonalności i różnych okresów migracji. Ważne bowiem są także długość okresu monitoringu (rocznego czy kilkuletniego) oraz uwzględnienie oddziaływań barierowych, jak również czasowa i przestrzenna dynamika danego gatunku zwierząt w otaczającym środowisku.

Na koniec rozważań na temat parametrów geometrycznych przejść habitatowych przyjaznych zwierzętom warto wspomnieć o dwóch specyficznych obiektach, wybudowanych niedaleko miasta Clairoo w Holandii, charakteryzujących się innymi parametrami geometrycznymi niż zalecane (ryc. 2.53). A mianowicie o najdłuższym przejściu górnym w Europie Natuurbrug Zanderij Crailoo (o długości 800 m i szerokości 50 m) i drugim najdłuższym w Europie Ecoduct Laarderhoogt (o długości 680 m i szerokości 30–40 m).

Najdłuższe przejście górne w Europie wybudowano w 2006 r. niedaleko miasta Clairoo w Holandii. Jest to również jedno z najdłuższych przejść na świecie. Przejście górne Natuurbrug Zanderij Crailoo krzyżuje się z dwupasową drogą N524 (Naarderweg), z obustronnymi ścieżkami rowerowymi oraz linią kolejową relacji Amsterdam–Amersfoort, a także z terenem stacji postojowej i drogą lokalną Sportpark–Crailoo (ryc. 2.64 i ryc. 2.65).

Ryc. 2.64. Dwa najdłuższe przejścia w Europie, o długości 800 m i 680 m, w pobliżu Crailoo
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.65. Najdłuższe przejście górne w Europie, o długości 800 m – Natuurbrug Zanderij Crailoo
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

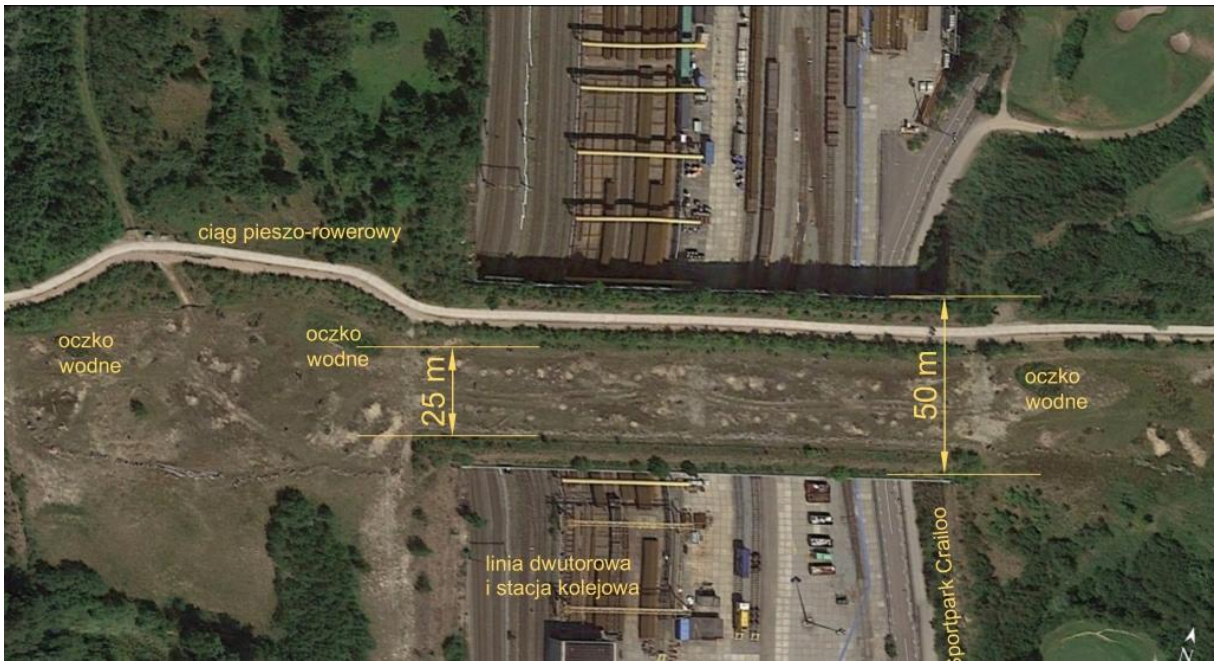
Przejście znajduje się w pobliżu terenów pola golfowego i łączy obie części korytarza ekologicznego Rezerwatu Przyrody Goois [122, 139, 244]. Obiekt jest wybudowany na terenach po byłym wyeksploatowanym już kamieniołomie, który przerwał naturalne ścieżki migracyjne zwierząt żyjących w rezerwacie. Z przejścia mogą w pierwszej kolejności korzystać zwierzęta, ale wybudowana ścieżka umożliwia dostęp do przejścia również spacerowiczom i rowerzystom [122]. Jest ona dla Holendrów, miłośników ekologii, także miejscem obserwacji życia dzikich zwierząt i zajęć terenowych związanych z ekologią dla dzieci. Obszar na przejściu jest ściśle rozdzielony – dla ludzi jest pozostawiona wąska ścieżka gruntowa, oddzielona od obszaru zielonego kłodami drewnianymi i niewysokim wałem ziemnym oraz ogrodzeniem siatkowym (ryc. 2.66).

Ryc. 2.66. Najdłuższe przejście – część zachodnia nad drogą N524 (stan roślinności osiem lat po wybudowaniu)
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Na wale ziemnym posadzone są różnorodne niewysokie krzewy, które mają niewielkie wymagania. Przejście nad drogą N524 i nad stacją kolejową jest zawężone. Szerokość całkowita mierzona pomiędzy krawędziami obiektu wynosi 50 m, a przestrzeń przeznaczona tylko dla zwierząt, tj. pomiędzy ścieżką a skrajnymi wałami

ziemnymi z nasadzeniami, ma szerokość 25 m (ryc. 2.66, 2.67). Pomiędzy obiektami i w najściach przestrzeń dla zwierząt jest znacznie szersza (ryc. 2.65, 2.66, 2.68).

Na krawędzi obiektu wybudowana jest tylko metalowa bariera ochronna, typowa dla obiektów inżynierskich, a zaraz za nią uformowane są wysokie wały ziemne. Przyczółek i ściany skrzydłowe obiektu wykonane są z gabionów wypełnionych grysem kamiennym o dużej frakcji. Ściany skrzydłowe już są porośnięte roślinnością, gdyż wystawione są na promieniowanie słoneczne. Pod obiektem, w zaciemnionym miejscu, gabiony nie są porośnięte roślinnością.

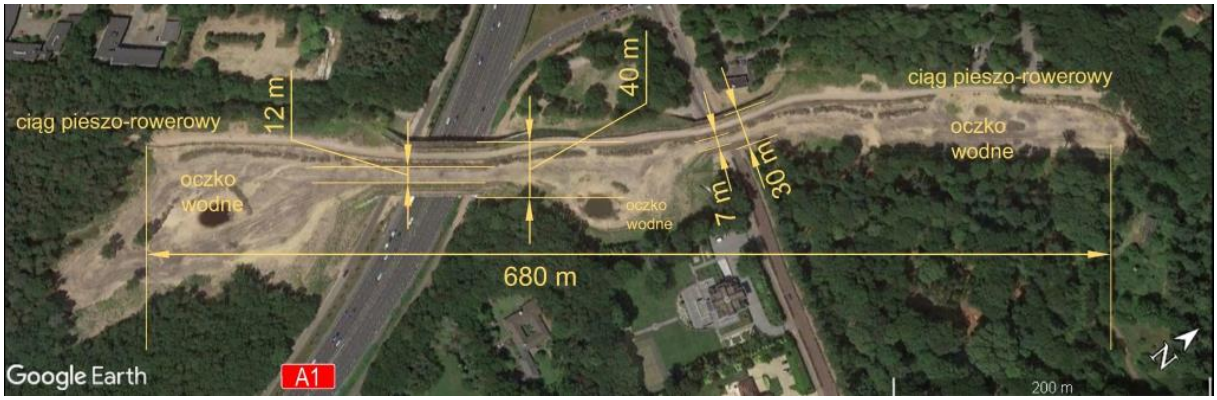


Ryc. 2.67. Najdłuższe przejście – część środkowa nad stacją postojową i drogą lokalną Sportpark–Crailoo (stan roślinności osiem lat po wybudowaniu)
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Ryc. 2.68. Najdłuższe przejście – część wschodnia i najście na obiekt z terenu starych nieczynnych kamieniołomów (stan roślinności osiem lat po wybudowaniu)
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Wzdłuż przejścia, na terenie przeznaczonym do migracji zwierząt, są rozłożone karpiny i uformowane niewielkie nieregularne wały ziemne. Tak ubogie zagospodarowanie wynika z faktu budowy przejścia na terenie byłego kamieniołomu, którego obecna powierzchnia jest uboga w zieleń (ryc. 2.64 i 2.68). Ponadto na obszarze zielonym, na obiekcie przeznaczonym dla zwierząt, miejscami poprzecznie ułożono kłody drewniane, by zabezpieczyć przejście przed pojazdami mechanicznymi. Nad drogą N524 i stacją kolejową nie zastosowano żadnych ekranów, za ogrodzeniem z siatki są usypane wysokie wały ziemne, na których gęsto posadzono niewysokie krzewy. Na długości przejścia, ale poza obiektami, znajduje się kilka oczek wodnych [82, 122, 139, 140, 244].

W pobliżu Crailoo w 2014 r. wybudowano kolejne długie przejście górne, drugie z najdłuższych w Europie. Jest to przejście Ecoduct Laarderhoogt, wybudowane również w okolicy starego nieczynnego już kamieniołomu (z północnej jego strony), nad nowo wybudowaną autostradą A1 i ulicą Naarderstraat (ryc. 2.64 – po prawej stronie fotografii satelitarnej i ryc. 2.69).



Ryc. 2.69. Drugie długie przejście (680 m) – stan roślinności rok po wybudowaniu Ecoduct Laarderhoogt
Źródło: zdjęcie satelitarne z Google Earth [163].

Przejście ma długość 680 m i znajduje się na wschodniej granicy byłych kamieniołomów [171, 231]. Oba przejścia nad autostradą A1 i ulicą Naarderstraat, stanowiące łącznie Ecoduct Laarderhoogt (ryc. 2.69), są zbudowane podobnie jak obiekty wzdłuż przejścia Natuurbrug Zanderij Crailoo, przedstawionego na ryc. 2.65. Jednak są znacznie węższe – przejście nad autostradą ma szerokość całkowitą równą 40 m, przy czym szerokość faktyczna przejścia jest równa 12 m. Drugie przejście nad ulicą Naarderstraat jest węższe − szerokość całkowita obiektu jest równa 30 m, a szerokość faktyczna przejścia wynosi 7 m. Przedstawiony na ryc. 2.69 Ecoduct Laarderhoogt ma zagospodarowanie terenu mało zróżnicowane, zgodnie z zasadą stosowaną obecnie w Holandii (zob. rozdz. 3, 4). Ścieżka rekreacyjna przeznaczona dla ludzi jest wąska (ma szerokość ok. 3 m) i jest odgrodzona od terenu przeznaczonego dla zwierząt ogrodzeniem siatkowym, niewielkim wałem ziemnym i ułożonymi karpinami.

Porównując to zagospodarowanie z przedstawionym zagospodarowaniem najdłuższego przejścia w Europie (zob. ryc. 2.65), można po kilku latach potwierdzić ekspansywny rozwój roślinności na wale ziemnym i karpinach. Jednak trzeba podkreślić, że miąższość warstwy gruntu na mostach zielonych w Holandii wynosi minimum 1,5 m (zob. rozdz. 4.1) [82, 140].

W Holandii w ostatnich latach przy budowie mostów zielonych łączy się przejścia dla zwierząt z wydzieloną na obiekcie ścieżką przeznaczoną dla pieszych lub dla jeźdźców konnych; bardzo często na moście zielonym dopuszcza się także ruch rowerowy. Podobne rozdzielenie funkcji zaproponowano na przejściu Ecoduct Laarderhoogt. Początkowo w projekcie nie rozważano przystosowania ścieżki do ruchu rowerowego, jednak już w trakcie budowy firma Design & Construct, opracowująca projekt i odpowiedzialna za jego wykonanie, naniosła odpowiednie korekty i dopuściła ruch rowerowy na obiekcie, ale tylko od świtu do zmierzchu [231]. Z tego powodu rekreacyjna ścieżka rowerowa nie łączy się z ciągami ścieżek rowerowych wybudowanych na ulicy Naarderstraat; dlatego nie ma na niej oświetlenia.