Fragmentacja siedlisk dzikich zwierząt pod wpływem infrastruktury transportowej w przestrzeni zieleni metropolitalnej podlegającej ochronie: studium na przykładzie Barcelony

Seán Cahill[1], Anna Tenés[2], Francesc Llimona[3] & Lluís Cabañeros[4]

Estació Biològica de Can Balasc, Parc de Collserola, Ctra. de l'Església, 92; 08017 Barcelona, Spain;
scahill@parccollserola.net[1], atenes@parccollserola.net[2], fllimona@parccollserola.net[3],
lcabaneros@parccollserola.net[4]

Streszczenie. Park Collserola jest położony w obszarze metropolitalnym Barcelony, w pobliżu wybrzeża Morza Śródziemnego. Park zajmuje około 8500 ha lasów zbudowanych głównie sosny alepskiej (*Pinus halepensis*) i dębu ostrolistnego (*Quercus ilex*) i charakteryzuje się dużą różnorodnością siedlisk dzikich zwierząt. Zwierzęta te monitoruje się od ponad 15 lat i dzięki temu są dostępne szczegółowe dane o wymaganiach siedliskowych różnych gatunków ssaków, z grupy wymagającej dużych terytoriów, takich jak żeneta (*Genetta genetta*) i dzik (*Sus scrofa*).

W ostatnich latach nastąpił znaczny rozwój urbanizacji w obszarze metropolitalnym Barcelony. W wyniku tego, wiele siedlisk dzikich zwierząt w Parku Collserola jest obecnie skutecznie odizolowanych pierścieniem głównych szlaków transportowych i obszarów zabudowanych od innych pobliskich obszarów przyrodniczych. Ponadto, kilka dróg, w tym ogrodzona droga szybkiego ruchu i linia kolejowa, przecinają park w jego granicach, prowadząc do wewnętrznej fragmentacji siedlisk i ograniczenia migracji zwierząt. Niedawno wydana publikacja „*Transport Infrastructure Plan for Catalonia*" [Plan infrastruktury transportowej Katalonii] ukazuje rozwój głównych nowych dróg i linii kolejowych w obrębie i wokół Parku Collserola w nadchodzących latach (2006-2026).

Analiza dostępnych danych dotyczących wymagań dzikich zwierząt, w połączeniu ze szczegółowymi badaniami scenariusza przyszłej infrastruktury (z użyciem metod GIS), pozwala na interpretację prawdopodobnego wpływu fragmentacji siedlisk i innych oddziaływań na określone gatunki w Parku Collserola.

Procesy urbanizacji poza granicami administracyjnymi parku, wzmagane rozwojem infrastruktury, już teraz prowadzą do znacznych strat tego typu siedlisk i zmiany w pozostałych fragmentach metropolitalnej zieleni, co obniża poziomy progowe dla wrażliwych gatunków żyjących w parku. Uzyskane wyniki wskazują, że granice te zostaną osiągnięte lub przekroczone w Collserola w wyniku realizacji nowego planu infrastruktury. Okazuje się, że plan ten poważnie może narazić na niebezpieczeństwo długoterminową żywotność populacji dzikich zwierząt w Parku Collserola i zagrozić ich ogólnej integralności ekologicznej.

Słowa kluczowe: siedliska dzikich zwierząt, efekt fragmentacji, obszar metropolitalny, Barcelona, Collserola Park, analiza GIS

1. Wstęp

Obszar Metropolitalny Barcelony (Barcelona Metropolitan Area – BMA) obejmuje około 3200 km^2 (rys. 1) i zamieszkuje go około 4 miliony mieszkańców. W takich regionach, siedliska podmiejskie stają się coraz częściej środowiskiem (krajobrazem) dla dzikich zwierząt, a jednocześnie podlegają one istotnemu naciskowi antropogenicznemu i większym transformacjom terytorialnym, z powodu rozwoju infrastruktury i ekspansji procesu urbanistycznego. Obszary zabudowane i infra-

struktura zajmują prawie jedną piątą BMA, zaś stały rozrost zabudowy oznacza, że siedliska stają się coraz bardziej podzielone. W ostatnich 25 latach zabudowano tyle obszarów ile zajmowano poprzednio w całej historii regionu, przy czym towarzyszył temu tylko niewielki wzrost liczby ludności. W rezultacie, dwie trzecie obszaru BMA ma albo słabą łączność ekologiczną, albo jest jej całkowicie pozbawiona, i występuje na niej efekt bariery, spowodowany infrastrukturą transportową i sztucznie utwardzonym podłożem (Marull & Mallarach 2005).



Rys. 1. Obraz ortofotograficzny Obszaru Metropolitalnego Barcelony (ograniczony białą linią), obejmującego powierzchnię około 3200 km^2, z Parkiem Collserola zaznaczonym w centrum. Można zauważyć roślinność terenów górskich, pokrytych lasem i kontrastujących z szarymi zurbanizowanymi obszarami wzdłuż wybrzeża i wewnątrz lądu – na północ od Barcelony.

Park Collserola, z 8500 ha przede wszystkim lasu i zarośli śródziemnomorskich, jest położony w samym sercu obszaru BMA, w którym bieżące ramy planowania terytorialnego („Ogólny Plan dla Metropolii" PGM z roku 1976, oraz ostatnio zaktualizowany „Plan infrastruktury transportowej dla Katalonii 2006-2026" PITC) zwracają uwagę na intensywną fragmentację i utratę siedlisk na tym ważnym dla dzikich zwierząt obszarze, ostatnio ujętym w propozycji Katalonii do sieci Natura 2000.

Występujące w Collserola zależności pomiędzy różnymi gatunkami i główne problemy, które dotykają tego typu terytorium są badane już od piętnastu lat (Llimona i in. 2005). Niniejsze opracowanie przedstawia te problemy oraz pewne oddziaływania na dzikie zwierzęta. Opisano je na przykładzie kilku studiów przypadku przeprowadzonych w Parku w odniesieniu do ssaków o dużych i średnich wymaganiach terytorialnych, takich jak żeneta *(Genetta genetta*), dzik (*Sus scrofa)* i lis *(Vulpes vulpes)*. Badania wykonano korzystając z technologii lokalizacji radiowej (Camps & Llimona 2004; Cahill i in. 2003a). Informacje te pozwoliły na zbadanie problemów, które przyśpieszają transformację terytorium na podmiejskich obszarach przyrodniczych (patrz Llimona i in. 2005, Llimona i in., w przyg.).

2. Metody

Badanie terytoriów i wędrówek zwierząt w ich relacji do infrastruktury transportowej umożliwia interpretację przewidywanych efektów bariery i problemów izolacji. Obserwowane przemieszczenia pomiędzy znanymi stanowiskami radiolokacyjnymi zwierząt w Parku Collserola zostały po-

równane z przemieszczeniami symulowanymi, uzyskanymi poprzez randomizację kierunków wędrówek, przy zachowaniu tego samego punktu wyjścia i długości przemieszczenia. Randomizację przeprowadzono dla lisa i dzika przy użyciu ArcView 3.2 oraz jego rozszerzenia – Alternate Animal Movement Routes *[Alternatywne Szlaki Przemieszczania się Zwierząt]* (wersja 2.1, Jenness 2005).

W analizie rdzennego obszaru (obejmującego wewnętrzne, niezmienione przez efekty brzegowe, powierzchnie siedlisk) jako jednego z parametrów fragmentacji siedlisk, dokonano porównania bieżącego układu infrastruktury transportowej w Parku Collserola z układem przedstawionym w ramach planowania dla obszaru BMA. Analiza ta została podjęta dla żenet za pomocą Fragstats 3.3 (McGarigal & Marks 1995; zobacz też wyjaśnienia dotyczące korzystania z niego w Collserola – Cahill i in. 2003b), a także rozszerzenia ArcView 3.2 Spatial Analyst z wykorzystaniem siatek 4m x 4m generowanych z map siedliskowych dla tego gatunku w Collserola na podstawie poprzednich badań radiolokacyjnych (Camps & Llimona 2004).

Koncepcja obszaru rdzennego nabiera szczególnego znaczenia w badaniu wpływu fragmentacji siedlisk. Bufory efektu brzegowego oszacowano pomiędzy różnymi klasami siedlisk i typami infrastruktury na podstawie danych dostępnych dla żenet z Collserola (Camps & Llimona 2004), jak również z literatury dostępnej na ten temat (zobacz na przykład Forman i in. 2003).

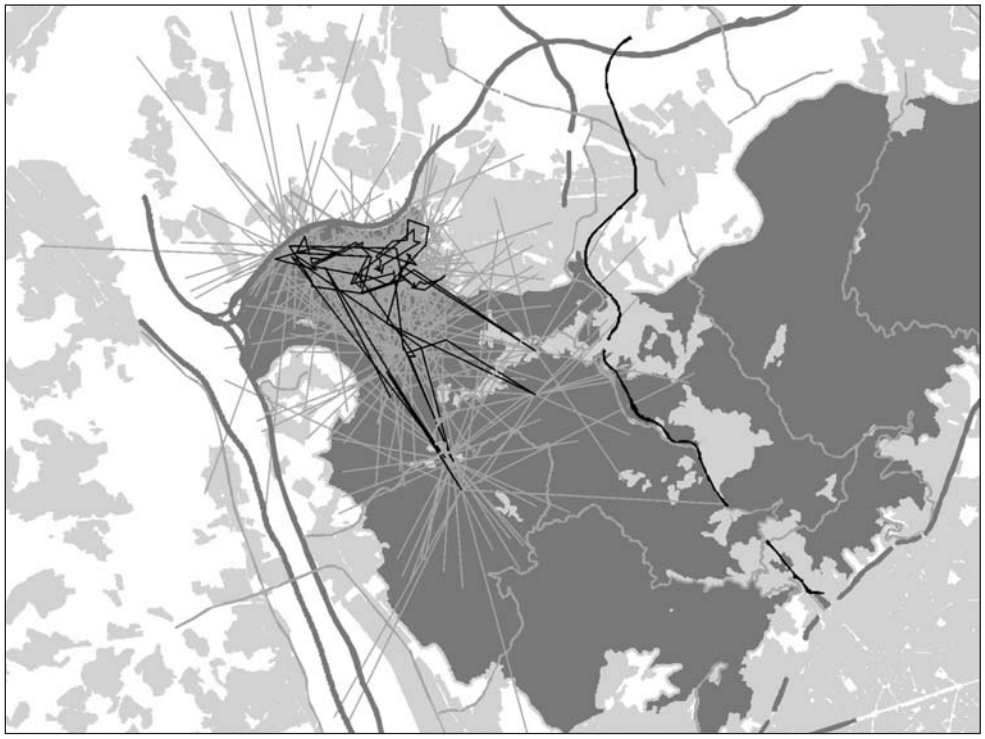
3. Wyniki

3.1. Efekt izolacji i bariery: studia przypadków dwóch gatunków pospolitych w Parku Collserola – lisa i dzika

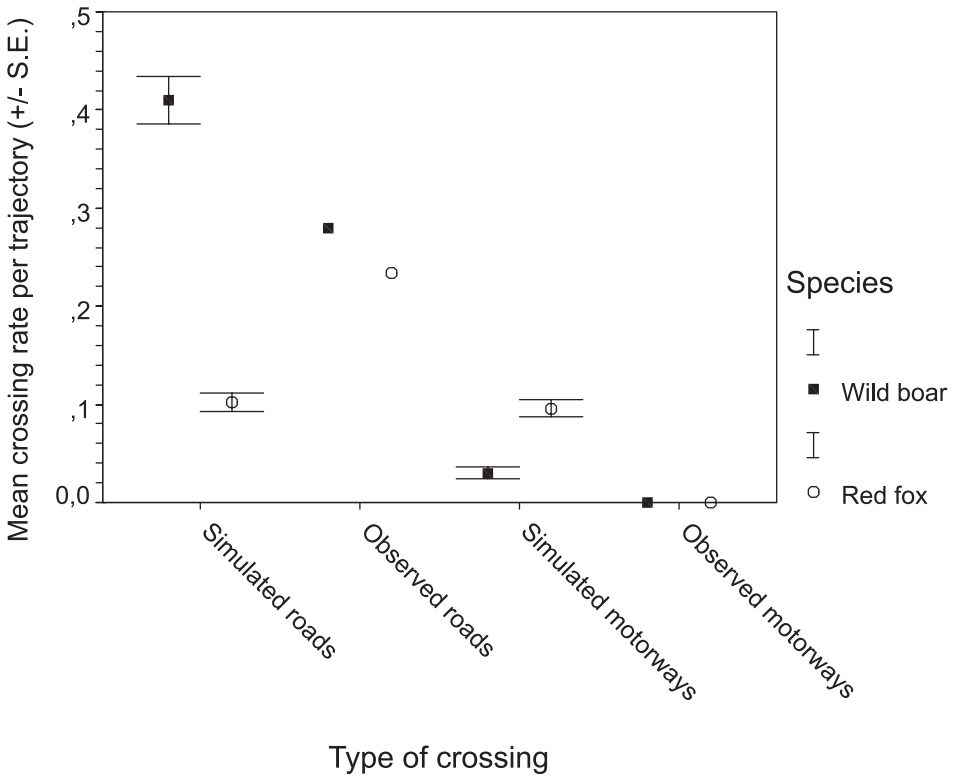
Stanowiska radiolokacyjne, zasięgu występowania (minimum 95% wieloboku wypukłego) i zasięgu lęgowego (minimum 50% wieloboku wypukłego) dla samca lisa i samicy dzika, śledzone były w ciągu odpowiednio ośmiu i jedenastu miesięcy w zachodnim sektorze Parku Collserola (rys. 2). Stwierdzono, szczególnie w kontekście Collserola, że obydwa gatunki mają stosunkowo duże wymagania terytorialne, a ich areały żerowania w konkretnych przypadkach wynoszą 880 ha i 417 ha. Areały te wyraźnie pokazują, że część ich zakresu ograniczona jest obecnością autostrad, na peryferiach parku obecnością autostrady A-7 w przypadku lisa i wewnętrznie autostradą E-9 w przypadku dzika. Symulacja trajektorii pomiędzy kolejnymi stanowiskami zwierząt w porównaniu z trajektoriami obserwowanymi pokazuje (rys. 3 i 4), że mimo iż oczekiwano pewnych przekroczeń autostrad zarówno lisa jak i dzika, to w rzeczywistości ani jedno przekroczenie tej infrastruktury nie zostało odnotowane w trakcie radiolokacji tych dwóch gatunków. Z drugiej strony, drogi konwencjonalne o niskim natężeniu ruchu w obrębie parku były przekraczane w różnym stopniu przez te osobniki, częściej niż oczekiwano w przypadku lisa i rzadziej w przypadku dzika (rys. 4).



Rys. 2. Stanowiska radiolokacyjne, zasięgu występowania (minimum 95% wieloboku) i obszaru lęgowego (minimum 50% wieloboku) dla samca lisa i samicy dzika w Parku Collserola. Kolorem jasnoszarym zaznaczono obszary zurbanizowane, zaś ciemnoszarymi liniami główne drogi. Centrum Barcelony znajduje się po prawej stronie u dołu obrazu



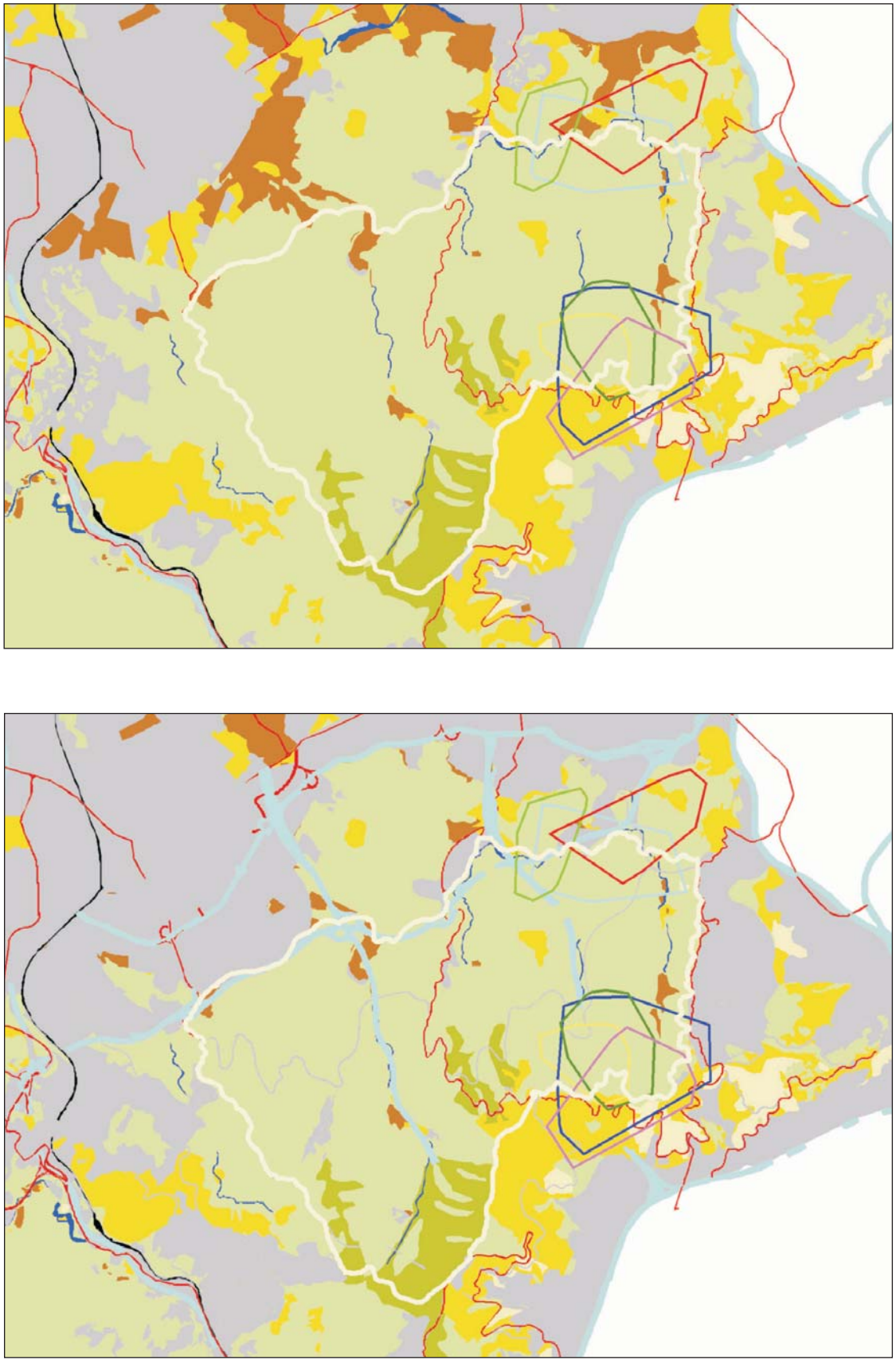
Rys. 3. Symulowane (proste szare linie z dziesięciu dowolnie wybranych powtórzeń) i obserwowane przekroczenia (proste czarne linie) dróg i autostrad przez oznaczonego radiowo samca lisa w Parku Collserola. Dane z 94 liniowych szlaków przemieszczania się, na podstawie kolejnych lokalizacji. Jasnoszare obszary to teren zurbanizowany, a centrum Barcelony leży po prawej stronie u dołu obrazu



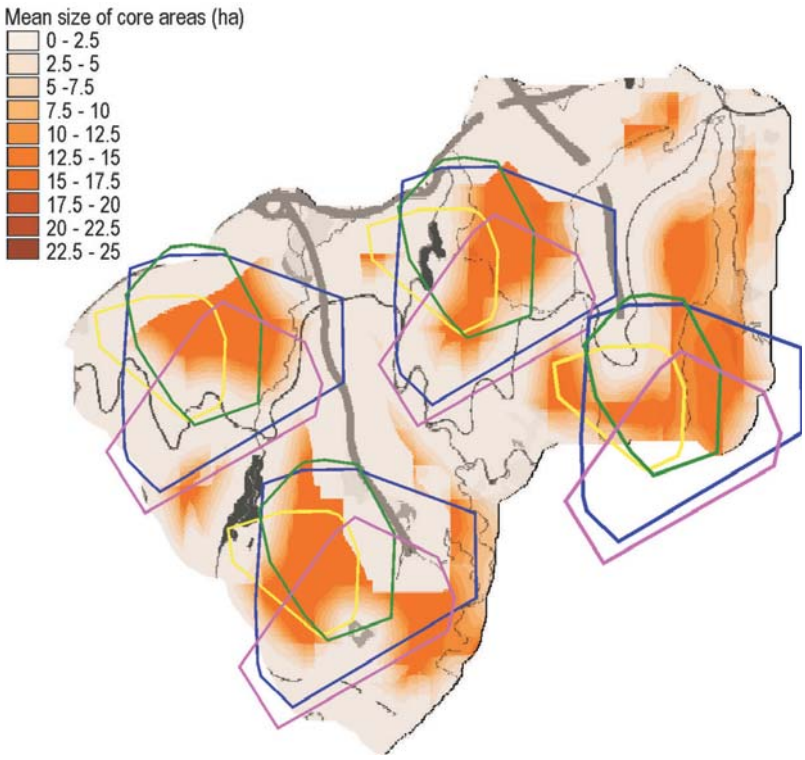
Rys. 4. Symulowane (z dziesięciu dowolnie wybranych powtórzeń) i obserwowane przekroczenia dróg [roads] i autostrad [motorways] przez oznaczonego radiowo samca lisa [red fox] i samicę dzika [wild boar] w Parku Collserola. Dane z odpowiednio 94 i 86 liniowych szlaków przemieszczania się, na podstawie kolejnych radiolokalizacji. Na osi odciętych zaznaczono typ przekroczenia [type off crossing], na osi rzędnych podano średnie wartości przekroczeń na trajektorię [Mean crossing rate per trajectory]

3.2. Efekt brzegowy i utrata siedliska w obrębie obszaru rdzennego jako skutek fragmentacji spowodowanej infrastrukturą transportową

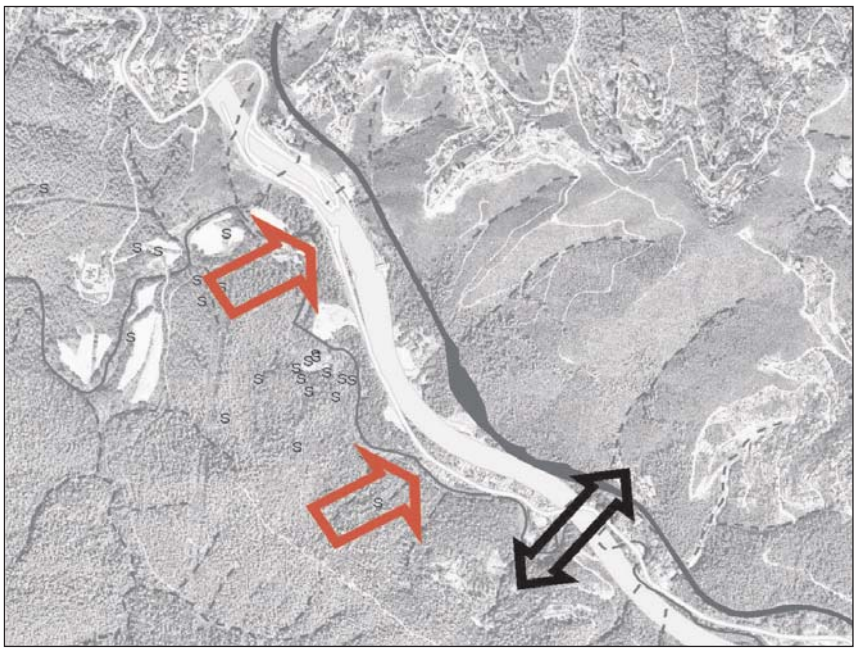
Ocena zasięgu efektu brzegowego powodowanego infrastrukturą liniową jest sprawą złożoną, a na skalę lokalną jest trudem iście benedyktyńskim. Jednak, ogólnie rzecz biorąc uznaje się, że średni wpływ sięga 300 m od poboczy, a oddziaływanie na wrażliwe gatunki leśne osiąga od około 300 do 800 metrów (Forman & Deblinger 2000). Z punktu widzenia żerowania, optymalny kształt terytorium jest zbliżony do koła, z centralnie usytuowanym elementem kluczowym, z którego zwierzę żeruje (ostoja, matecznik, lęgowisko, itd.). W tym rozumieniu, nawet jeśli siedlisko może być wykorzystywane aż do samego brzegu ogrodzonej drogi lub linii kolejowej, to wywoływany przez nie efekt bariery, mógłby utrudniać lokalizację centrum idealnego kolistego terytorium, w odległości równej co najmniej promieniowi koła od infrastruktury. W takim przypadku kluczowe elementy w tych granicach mają nieoptymalny status. Średni rozmiar areału występowania samców żenety w Collserola wynosi 113 ha (Camps & Llimona 2004). Koło o takiej powierzchni ma promień 600 m, i taką odległość brano tu pod uwagę, obliczając maksymalny zasięg efektu brzegowego, przylegania siedliska żenet do ogrodzonej infrastruktury autostrad i linii kolejowych. Dla nieogrodzonych dróg konwencjonalnych, jako średnią odległość dla tego efektu przyjęto połowę promienia, czyli 300 metrów. Takie liczby są zgodne ze średnimi odległościami efektu wskazanymi wcześniej przez Formana i Deblingera (2000), i chociaż zostały zastosowane tu specjalnie dla żenety, można je prawdopodobnie zastosować dla przeciętnych efektów w systemach leśnych w Collserola.



Rys. 5. Lokalizacja sześciu terytoriów żenet (wg Camps 2002) we wschodnim sektorze parku Collserola w relacji do obecnej sieci transportowej (powyżej) i według prawdopodobnego scenariusza na przyszłość (poniżej) określonego w planach terytorialnych (PGM 1976 i PITC 2006-2026). Zwróć uwagę na niebieskie linie planowanych dróg



Rys. 6. Mapa prognozowanego centrum obszaru siedliskowego żenety pospolitej, utrzymującego się przy ewentualnym przyszłym scenariuszu w Collserola, w relacji do rozmiarów i lokalizacji funkcjonalnych grup terytorialnych (samiec, największy wielobok i trzy samice). Grupa funkcjonalna zaznaczona u dołu po stronie prawej obejmuje znane terytoria, podczas gdy pozostałe trzy stanowią możliwe, hipotetyczne lokalizacje dla terytoriów w przyszłych scenariuszach



Rys. 7. Wewnętrzna bariera w Parku Collserola spowodowana współistnieniem trzech równoległych infrastruktur: ogrodzonej drogi szybkiego ruchu E-9 (szeroka szara), drogi BV-1462 (wąska szara) oraz ogrodzonej linii kolejowej FGC (czarna). Szare kropki to stanowiska radiolokacyjne dzika – wszystkie znajdują się na zachód od osi transportowej. Strzałka z podwójnym grotem wskazuje miejsce proponowanej budowy przejścia dla dzikich zwierząt przez linię kolejową FGC, pokrywającego się z istniejącym wiaduktem na drodze szybkiego ruchu i strumieniem Vallvidrera

Rysunek 5 ilustruje obecną i możliwą w przyszłości sieć infrastruktury transportowej w zalesionym wschodnim sektorze Parku Collserola, przedstawioną w obecnych i przyszłych ramach planowania dla regionu Barcelony, przewidywaną w Ogólnym Planie Metropolitalnym z roku 1976 (PGM), i ostatnio zaktualizowaną prognozach Planu Infrastruktury Transportowej Katalonii na lata 2006-2026, które są w dużym stopniu zbieżne z prognozami oryginalnego planu PGM z roku 1976. Istnieją zasadniczo cztery główne komponenty tych planów w odniesieniu do Parku Collserola: *(i)* dwie nowe ogrodzone infrastruktury przecinające Park mniej więcej z północy na południe, jako autostrada lub linia kolejowa (jeszcze nie zdefiniowano wyraźnie), z tunelami przez góry w pobliżu miasta Barcelony; *(ii*) obwodnica przebiegająca na północ od Parku, pomiędzy miastami Sant Cugat i Cerdanyola; *(iii)* droga po przekątnej o dużej przepustowości, biegnąca mniej więcej z zachodu na wschód przez wnętrze Parku (rys. 5). Zbieżność i krzyżowanie się tych infrastruktur miałoby szczególnie niekorzystny wpływ na fragmentację siedlisk przyrodniczych we wschodnim sektorze Parku Collserola. W tym sektorze, wymagania terytorialne żenety zostały przestudiowane szczegółowo (Camps & Llimona 2004), co pozwoliło na ważne interpretacje wpływu prawdopodobnej fragmentacji w tym obszarze.

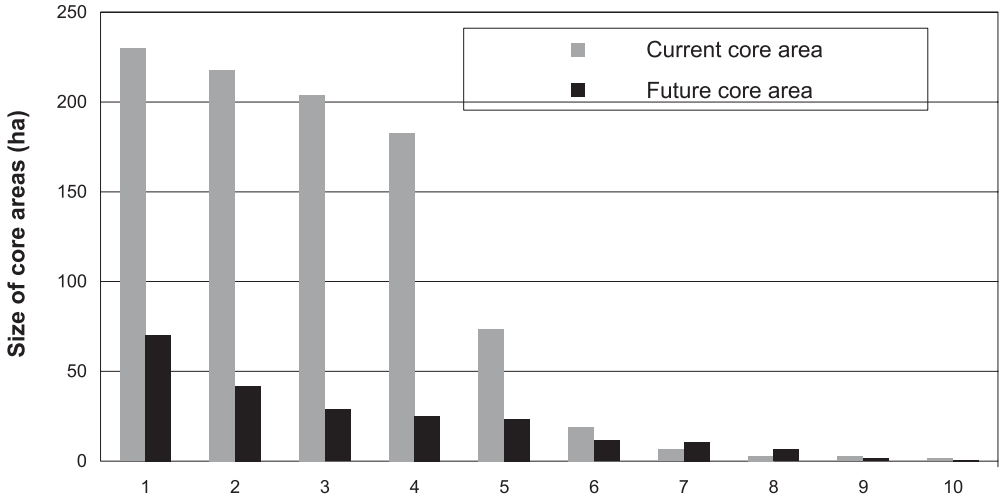
Rycina 6 przedstawia mapę centrum obszaru siedliskowego żenety, który mógłby się utrzymać po zrealizowaniu wszystkich przewidywanych infrastruktur, z nałożonymi rocznymi areałami domowymi czterech dorosłych osobników. W przypadku żenet w Parku Collserola, funkcjonalne jednostki terytorialne, składające się z jednego terytorium samca nakładającego się na dwa lub trzy terytoria samic, zajmują obszar średnio 220 ha (Llimona i in., w przyg.). Jak można zauważyć, chociaż takie jednostki mniej więcej pasowałyby do fragmentów siedlisk pozostających w przyszłej sieci infrastruktury, to jednak tylko częściowo obejmowałyby powierzchnie obejmujące centrum obszaru siedliskowego (rys. 6).

4. Dyskusja

Opisane tutaj przypadki, przedstawiają efekt bariery powstający w Parku Collserola dla lisa i dzika, a więc dla gatunków o stosunkowo dużym areale występowania. Efekt ten polega na wewnętrznej fragmentacji i izolacji siedlisk tych gatunków od innych obszarów środowiska naturalnego w regionie metropolitalnym. Co prawda, dzik i inne zwierzęta kopytne są znane z rzadszego korzystania z obiektów służących do przekraczania autostrad niż robią to inne kręgowce, jednak lisy wykorzystują je regularnie (Mata i in. 2005). W tym sensie należy podkreślić, że postępująca degradacja naturalnych siedlisk poza granicami Parku, na pewnych obszarach wokół Collserola może również powstrzymywać zwierzęta przed przekraczaniem struktur drogowych.

Paradoksalnie, formalne ustanowienie sieci Natura 2000 może w znacznym stopniu utrudnić ochronę siedlisk znajdujących się poza wyraźnie nakreślonymi granicami obszarów tworzących sieć, i niestety pewne obszary o sprawdzonej wartości, takie jak korytarze ekologiczne w regionie metropolitalnym Barcelony, a także te zidentyfikowane niedawno przez Formana (2004) nadal nie podlegają realnej ochronie, ani nie zostały włączone do rzeczywistej sieci ekologicznej. W związku z tym, w przypadku parku Collserola należy przede wszystkim zapobiec nowej fragmentacji wewnętrznej, a także zwrócić szczególną uwagę na *defragmentację* w stopniu, w jakim jest widoczna. Na przykład rys. 7 przedstawia efekt bariery spowodowany czynnikami wewnętrznymi w Parku Collserola poprzez współistnienie trzech równoległych infrastruktur: (*i*) ogrodzona autostrada E-9, (*ii*) nieogrodzona droga o wysokim natężeniu ruchu (BV-1462) oraz (*iii*) ogrodzona linia kolejowa FGC. W ramach badania problemu wypadków kolejowych z udziałem dzików na tej linii (Cahill i in. 2005), zgłoszono wniosek budowy dużego przejścia dolnego dla dzikich zwierząt na linii FGC, w miejscu, w którym zbiega się ona z wiaduktem autostrady E-9 (rys. 7) i gdzie Vallvidrera krzyżuje się z drogą BV-1462. Jest to jedyna wykonalna opcja umożliwiająca przywrócenie łączności tych trzech infrastruktur w centrum Parku Collserola. Ten konkretny przypadek pokazuje wyraźnie, jak

ważne jest zapobieganie fragmentacji, w sytuacji kiedy wiadomo, jak trudne i złożone jest zajmowanie się defragmentacją już po fakcie.



Rys. 8. Rozmiar dziesięciu największych obszarów wysokiej jakości centrum siedliskowego żenety pospolitej we wschodnim sektorze Parku Collserola według obecnych [Current core area] i zakładanych w przyszłości [Future core area] scenariuszy infrastruktury (wg Llimona i in. w przygotowaniu). Na osi rzędnych podano wielkość powierzchni obszarów rdzennych.

Oczywiste jest, że jednym z celów zrównoważonego planowania przestrzeni musi być unikanie przekraczania krytycznych progów w zakresie funkcjonowania ekosystemu. Nadal jednak mało jest dostępnych informacji na temat tego, jakie są granice w ekosystemach śródziemnomorskich, choć oczywiście często będą one zależeć od gatunków. Średnie i duże zwierzęta mogą być przydatne jako gatunki osłonowe [umbrella species], których wymagania konserwatorskie obejmują potrzeby większości gatunków zamieszkujących to samo siedlisko. Jongman (1995) wymienia szereg minimalnych wymiarów obszaru siedliska, które mają być połączone w zdolną do życia sieć ekologiczną. Mimo, że informacje te oparte są na dość zróżnicowanych siedliskach z różnych krajów i regionów, to jednak większość rozmiarów minimalnych wynosi od kilkudziesięciu do paruset hektarów (wahają się od 10 do 250 hektarów). Według Marull i Mallarach (2005), rozmiary minimalne dla „obszarów ekologicznie funkcjonalnych" w obszarze metropolitalnym Barcelony (BMA) powinny wynosić od 50 i 200 ha w zależności od typów siedlisk. W tym kontekście, przeciętne rozmiary „funkcjonalnych jednostek terytorialnych" dla żenet w Collseroli, szacowane na 220 hektarów dla jednostek z jednym dorosłym samcem i dwiema lub trzema samicami, zgadzają się z koncepcją obszaru ekologicznie funkcjonalnego, i w związku z tym mogą być przyjmowane jako progowe minimalne rozmiary dla niepodzielonych obszarów leśnych. Istotnie, minimalny rozmiar ustalony przez Marull i Mallaracha (2005) ogólnie dla suchych terenów leśnych, przypominających te zajmowane przez żenety w Parku Collserola, wynosił 200 hektarów. Obecnie we wschodnim sektorze parku nadal istnieją trzy fragmenty centrum obszaru siedliskowego dla żenet zajmujące ponad 200 hektarów, przy czym w najbliższej przyszłości możliwy jest scenariusz przedstawiony w ramach planowania tego terenu, polegający na tym, że żaden z nich nie zachowa obecnego rozmiaru i że największy fragment centrum obszaru siedliskowego będzie miał zaledwie 70 hektarów (rys. 8), co odpowiada terytorium jednej samicy żenety (Camps & Llimona 2004).

Podsumowując, nasze wyniki jasno wskazują na to, że prognozy dotyczące infrastruktury transportowej zawarte w aktualnych planach zagospodarowania terenu w Obszarze Metropolitalnym Barcelony przekroczyłyby takie progi związane z centrum obszaru siedliskowego dla dzikiej przyrody w Parku Collserola.

Literatura

Cahill S., Llimona F. & Gràcia J. (2003a). Spacing and nocturnal activity of wild boar *Sus scrofa* in a Mediterranean metropolitan park. Wildlife Biology 9 (Suppl. 1): 3-13.

Cahill S., Tenés A., Llimona F., Reventós R., Cabañeros L & Bonet-Arbolí V. (2003b). Predicting fragmentation effects of future planned infrastructure on wildlife habitats in protected metropolitan greenspace. The case of Collserola Park in Barcelona. In: Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure, Infra Eco Network Europe (IENE), Brussels, 13-15th November 2003.

Cahill S., Tenés A., Llimona F. & Cabañeros L. (2005). Incidències relacionades amb senglars (*Sus scrofa*) a la línia dels Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya al seu pas pel Parc de Collserola. Caracterització i propostes de solucions i de permeabilització ecològica de la via. (Incidents relating to the presence of wild boar (*Sus scrofa*) on the FGC railway line in Collserola Park. Characterisation and proposals for solutions and ecological permeabilisation of the line). Unpublished report. Pp. 71. (In Catalan).

Camps D. & Llimona F. (2004). Space use of common genets *Genetta genetta* in a Mediterranean habitat of northeastern Spain: differences between sexes and seasons. Acta Theriologica 49 (4): 491-502.

Forman R. (2004). Mosaico territorial para la región metropolitana de Barcelona. (Land mosaic for the greater Barcelona Region: planning a future). Gustavo Gili, S.A., Barcelona. Pp. 149. (In Spanish).

Forman R. & Deblinger R. (2000). The ecological road-effect zone of a Massachusetts (U.S.A.) suburban highway. Conservation Biology 14: 36-46.

Forman R., Sperling D., Bissonette J., Clevenger A., Cutshall C., Dale V., Fahrig L., France R., Goldman C., Heanue K., Jones J., Swanson F., Turrentine T. & Winter T. (2003). Road Ecology: science and solutions. Island Press, Washington. Pp. 481.

Jenness J. (2005). Alternate animal movement routes (altroutes.avx) extension for ArcView 3.x, v. 2.1. Jenness Enterprises, Flagstaff Arizona.

Jongmann R. (1995). Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. Landscape and Urban Planning 32: 169-183.

Llimona F., Cahill S., Tenés A. & Cabañeros L. (2005). Relationships between wildlife and periurban mediterranean areas in the Barcelona metropolitan region (Spain). En: K. Pohlmeyer (Ed.): Extended Abstracts of the XXVIIth Congress of the International Union of game Biologists, Hannover 2005. DSV- Verlag Hamburg. Pp.143-145.

Llimona F., Cahill S., Tenés A., Camps D., Bonet-Arbolí V. & Cabañeros L. (in prep.). El estudio de los mamíferos en relación a la gestión de áreas periurbanas. El caso de la Región Metropolitana de Barcelona. (The study of mammals in relation to the management of periurban areas. The case of the Barcelona Metropolitan Region). Galemys. (In Spanish with English summary).

Marull J. & Mallarach J. M. (2005). A GIS methodology for assessing ecological connectivity: Application to the Barcelona Metropolitan Area. Landscape and Urban Planning 71 (2–4): 243–262.

Mata C., Hervás I., Herranz J., Suárez F. & Malo J. (2005). Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway. Biological Conservation 124: 397-405.