

# PROJEKT OPTIMALIZACJI SIECI OBSZARÓW CHRONIONYCH W LASACH PAŃSTWOWYCH

**Marcin Zalewski, Ewa Referowska-Chodak, Dorota Dudek**

## Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycję badań mających dać odpowiedź na pytanie: czy można zoptymalizować rozległą sieć obszarów chronionych na terenie Lasów Państwowych tak, aby przy wyrażnie niższych kosztach uzyskać lepsze efekty ochronne? Analizy sieci obszarów chronionych wykonane na całym świecie pokazują, że tradycyjnie tworzone sieci nie zawsze są pod tym względem optymalnie skonstruowane. Tego typu wielkoprzestrzenne analizy i planowanie są możliwe przy zastosowaniu rozwijanych i stosowanych na świecie technik obejmujących m.in. budowę modeli siedliskowych występowania gatunków. Projekt jest propozycją racjonalnego i strategicznego spojrzenia na rozwiązywanie konfliktów, jakie rodzą się na styku ochrony przyrody i ekonomicznych potrzeb Lasów Państwowych.

**Słowa kluczowe:** obszary chronione, modele siedliskowe

## OPTIMISATION OF PROTECTED AREAS' NETWORK IN STATE FORESTS - RESEARCH PROPOSAL

### Abstract

Paper presents research proposal focused on the important question: can extensive network of protected areas in State Forests be significantly better planned? We plan to apply advances in systemized reserve planning to present positive proposition of network modification that would ensure both better biodiversity protection effect and smaller costs related to nature protection.

**Keywords:** protected areas, habitat models

### Wstęp

Sieć obszarów chronionych w Lasach Państwowych (LP) obejmuje ok. 14 tys. obiektów o różnym statusie i reżimie ochronnym: 1.211 rezerwatów przyrody, 120 parków krajobrazowych, 402 obszary chronionego krajobrazu, 9.038 użytków ekologicznych, 197 stanowisk dokumentacyjnych, 121 zespołów przyrodniczo-krajobrazowych oraz 2.774 stref ochronnych dla gatunków i 167 powierzchniowych pomników przyrody (Informacja... 2008). Stanowi to znakomitą większość wymienionych form ochrony przyrody, występujących w całej Polsce (Ochrona Środowiska 2008). Powstawały one na przestrzeni ostatnich 100 lat z pobudek naukowych, przyrodniczych, pamiątkowych, nieraz subiektywnych, wynikających np. z bliskości ośrodków naukowych. Taką pozytywną relację w przypadku rezerwatów przyrody można zauważyć w sąsiedztwie Warszawy, Łodzi, Krakowa, Bydgoszczy, Torunia, Gdańska i Białegostoku (Referowska-Chodak 2004). Dodatkowo na sieć wyżej wymienionych obiektów, jak również na pozostałe tereny Lasów Państwowych nakłada się Europejska Sieć Ekologiczna Natura 2000, która w obecnym kształcie obejmuje około 35% powierzchni administrowanej przez LP (M. Pigan, DGLP – inf. ustna).

W takiej sytuacji zasadnym jest pytanie, czy tak rozbudowana sieć obszarów chronionych dobrze służy ochronie przyrody? Analizy pozwalające odpowiedzieć na tak istotne pytanie nie były dotąd w Polsce kompleksowo prowadzone ani w odniesieniu do terenu LP, ani pozostałej części kraju. Od-

nosiły się one jedynie do wybranych pojedynczych form ochrony przyrody (np. rezerwatów przyrody – m.in. Czubiński 1951, Denisiuk red. 1990, Karpierz 1998, Referowska-Chodak 2004) albo do grupy czterech form określonej mianem Krajowego Systemu Obszarów Chronionych (Tworek i in. 2002), bez uwzględnienia np. użytków ekologicznych czy nie wyznaczonej jeszcze wówczas sieci Natura 2000. Autorzy tego opracowania wyodrębnili trzy warunki, które powinien spełniać racjonalny system obszarów chronionych: odpowiednia liczba obiektów, odpowiednia ich powierzchnia oraz takie rozmieszczenie obiektów o podobnym celu ochrony, aby zapewniło odpowiednie zagęszczenie poszczególnych elementów systemu. Jak jednak interpretować określenie „odpowiedni”?

### **Jakość sieci obszarów chronionych na świecie**

Na podstawie analiz wykonanych na świecie (m.in. Araújo 1999 – Portugalia, Gaston et al. 2006 – Wielka Brytania, Hannah et al. 2007 – Meksyk, Afryka Południowa, Europa Zachodnia) wiadomo, że tradycyjne sieci obszarów chronionych są zwykle dalekie od optymalnych. W efekcie wyraźnie mniejsze powierzchniowo, lecz lepiej dobrane obszary mogłyby lepiej chronić bioróżnorodność (Margules i Pressey 2000). Również badania optymalności sieci Natura 2000 na Krecie (Dimitrakopoulos et al. 2004) i we Włoszech (Maiorano et al. 2007) wskazują, że pomimo iż wyznaczane są one w sposób bardziej systematyczny, również słabo służą ochronie przyrody.

W swej globalnej analizie Rodrigues i inni (2004) pokazują, że 20% zagrożonych gatunków nie jest objętych przez istniejące sieci obszarów chronionych. Podobna analiza wykonana w Finlandii, kraju o wysokiej randze i poziomie ochrony przyrody, wykazała taką tendencję w przypadku ptaków (M. Cabeza, Uniwersytet Helsiński – inf. ustna). Cechą wspólną tych tradycyjnych sieci obszarów chronionych jest to, że część gatunków jest chroniona niewspółmiernie do skali ich zagrożenia, zaś inne – często bardziej zagrożone – są chronione w minimalnym stopniu (Gaston et al. 2006, Hannah et al. 2007). Przyczyną tej sytuacji jest tradycyjny sposób wyznaczania obszarów chronionych, czyli skupianie się na charyzmatycznych gatunkach i biotopach, lokowanie rezerwatów w słabo rozwiniętych ekonomicznie rejonach, a przede wszystkim brak strategicznego spojrzenia na całą sieć (Gaston et al. 2006).

Istnieje jeszcze jeden problem natury globalnej – zmieniające się warunki klimatyczne. Prowadzony przez ostatnie 20 lat ich rozległy monitoring i modelowanie dają poważny zestaw dowodów, że zmiany klimatyczne oddziałują na gatunki prowadząc do zmian/wahań ich liczebności, w tym ekstynkcji (Pounds et al. 2006) oraz zmian zasięgów ich występowania. Zaobserwowano to między innymi u roślin górskich (Grabherr et al., 1994), motyli (Parmesan et al. 1999), ptaków (Thomas i Lennon 1999), morskich bezkręgowców (Barry et al. 1995) i komarów roznoszących choroby (Epstein et al. 1998). Parmesan i inni (1999) ocenili, że spośród gatunków, które zmieniły swe zasięgi 63%, przesunęło je na północ o 35-240 km, zaś tylko 3% przesunęło je na południe. W przypadku północnych obszarów czy wysp nawet 85% gatunków przesuwających swe zasięgi na północ może nie znaleźć już siedlisk nadających się do zasiedlenia (Hill et al. 2002). W globalnej metaanalizie oszacowano, że aż 41% dziko występujących gatunków zmieniło swą fenologię i/lub zasięg pod wpływem zmian klimatycznych, które dokonały się na przestrzeni ostatnich 20-140 lat (Parmesan i Yohe 2003). Tymczasem obszary chronione, będące podstawową formą ochrony przyrody (Rodrigues et al. 2004), mają ustalone granice i w przypadku ich izolacji mogą słabo bufferingować następujące stopniowo zmiany zasięgów gatunków (Peters i Myers 1991-1992).

Na tle przedstawionych informacji – w odniesieniu do sieci chronionych obszarów na terenie LP – można zadać co najmniej kilka pytań: w jakim stopniu obszary chronione służą zachowaniu przyrody? Które gatunki bądź siedliska są niedostatecznie zabezpieczone i w związku z tym wymagają

szczególnej troski? Które regiony LP wymagają zwiększenia gęstości korytarzy ekologicznych? Na ile istniejąca sieć obszarów chronionych jest adekwatna w kontekście oczekiwanych zmian klimatycznych? Czy lepsze lub zbliżone efekty można uzyskać przy niższych kosztach? Nowoczesne metody systemowego planowania ochrony przyrody posługują się narzędziami, które pomogą poznać odpowiedzi na przedstawione pytania.

### **Nowoczesne metody systemowego planowania ochrony przyrody**

Tworzenie sieci obszarów chronionych musi uwzględniać rachunek kosztów ekonomicznych takich przedsięwzięć. Skoro bowiem zasoby przyrody są ograniczone, stąd ich wykorzystanie powinno być starannie planowane. To stwierdzenie spowodowało rozwój metod systemowego planowania ochrony przyrody (Margules i Pressey 2000, Cabeza i Moilanen 2001). Pomimo, że rozwój tych metod był bardzo szybki, to czynnikiem ograniczającym ich stosowanie jest kwestia dostępności danych o bioróżnorodności (Prendergast et al. 1999). Rozmieszczenie gatunków pozostaje w znacznej mierze nieznanne, co dotyczy nie tylko krajów trzeciego świata, ale także wysokorozwiniętych (Brown i Lomolino 1998). Praktycznym rozwiązaniem tego problemu jest rozwijana na Uniwersytecie w Helsinkach (przez zespół Metapopulation Research Group) teoria modeli siedliskowych, której zastosowanie ułatwiają opracowane w tym celu narzędzia i oprogramowanie (między innymi ZONATION: [www.helsinki.fi/bioscience/consplan/](http://www.helsinki.fi/bioscience/consplan/)). Przy ich opracowaniu wykorzystano wiedzę biologiczną (ekologia krajobrazu, modelowanie siedliskowe, w tym modelowanie koperty klimatycznej) i matematyczną (optymalizacja, teoria decyzji, analiza niepewności) oraz najnowsze techniki informatyczne.

Celem optymalizacji opartej na tej teorii jest maksymalizacja efektu ochrony przy redukcji kosztów ochrony. Zadaniem tak konstruowanej sieci obszarów chronionych nie jest ochrona wszędzie, bowiem nie sposób znaleźć społecznego przyzwolenia na taką propozycję. Celem zaś jest poszukiwanie takiej kombinacji obszarów, w której najpełniej chroniona jest bioróżnorodność, obszary chroniące unikalne gatunki mają wyższą wartość, uwzględnia się znaczenie wielkości i izolacji obszarów oraz redukuje się powierzchnie obszarów o niskiej wartości. Tak zaplanowana sieć może dać lepsze efekty na wyraźnie mniejszym obszarze (Cabeza i Moilanen 2001).

Podstawą do modelowania są tzw. modele siedliskowe występowania gatunków wskazujące prawdopodobieństwo wystąpienia gatunku w danym miejscu. Faktyczny stan wiedzy o większości gatunków jest w dużym stopniu niekompletny. Rzadko dostępne są dane opisujące występowanie gatunku w każdym punkcie krajobrazu. Dlatego modele, odnoszące występowanie gatunku do zmiennych środowiskowych, służą do interpolacji lub ekstrapolacji poza stanowiska, w których znane jest występowanie danego gatunku. Modele zbudowane są na drodze poszukiwania złożonych relacji pomiędzy występowaniem gatunków oraz danych o siedlisku, w którym występują. Możliwe jest przewidywanie występowania gatunku, z określonym prawdopodobieństwem, do skali konkretnych danych siedliskowych, czyli potencjalnie bardzo dokładne.

Trafność wskazań modeli siedliskowych jest testowana standardowymi metodami stosowanymi w optymalizacji. Szacowanie jakości modelu jest skomplikowanym analitycznie procesem uwzględniającym: jakość alternatywnych modeli, iteracyjne procedury doskonalenia modelu oraz testowanie modelu zbudowanego z wykorzystaniem jedynie części bazy danych. Druga część bazy danych jest zachowywana i wykorzystywana do testowania takiego modelu. Dzięki tym procedurom możliwe jest wskazanie najlepszego modelu oraz operowanie wartością prawdopodobieństwa wystąpienia danego gatunku. Gatunki, dla których modele nie budzą zaufania, nie są uwzględniane w dalszych analizach. Wyniki tego etapu prac umożliwiają także wskazanie obszarów i gatunków wymagających lepszej inwentaryzacji (Guisan et al. 2006). Na podstawie wyłącznie wiarygodnych

modeli dokonuje się wyboru optymalnej sieci obszarów chronionych, która spełnia przedstawione wcześniej postulaty, na przykład w stosunku do różnego stopnia zagrożenia badanych gatunków.

Opisany tok postępowania zastosowano w stosunku do konkretnych krajobrazów, nieraz w dużej skali (np. Finlandia, Nowa Zelandia, Australia, Madagaskar – [www.helsinki.fi/bioscience/consplan/research/index.html](http://www.helsinki.fi/bioscience/consplan/research/index.html)).

Wspomniano wcześniej o problemie zmian klimatu i wynikających z tego faktu konsekwencji, a są one znaczne. Tylko w XX w. klimat w Europie uległ ociepleniu o 0,8°C, co odpowiada przesunięciu dotychczasowych, wieloletnich izoterm o ok. 120 km (Beniston et al. 1998).

Przewidywanie współczesnych i przyszłych zasięgów gatunków jest złożonym wieloetapowym procesem. Tradycyjnie ekolodzy stosowali do tego celu jeden z wielu możliwych modeli, np. GLM (Hill et al. 1999), GAM (Frescino et al. 2001) czy bardziej zaawansowane jak CART (Thuiller et al. 2003) lub wykorzystując sztuczne sieci neuronowe – ANN (Pearson et al. 2002). Ponieważ różne modele okazują się być właściwe dla różnych gatunków, przełomem okazała się być propozycja BIOMOD (Thuiller 2003). Jest to pakiet statystyczny umożliwiający budowę modeli siedliskowych, w tym w szczególności koperty klimatycznej. Uwzględniając różnorodne modele statystyczne (GLM, GAM, CART, ANN) maksymalizuje on dokładność modelu dla każdego z gatunków. Ten typ modelu umożliwia predykcję rozmieszczenia gatunków w przyszłości zgodnie z założonym scenariuszem zmian klimatu – do tego celu jest obecnie stosowany, jako niemal standardowa procedura.

Araújo i inni (2005) wykorzystując bardzo dokładne dane o zmianach obszaru występowania 116 gatunków ptaków na Wyspach Brytyjskich wykazali, że modele te umożliwiają przewidywanie z wysokim prawdopodobieństwem zmian granic występowania gatunków. To osiągnięcie techniki wykorzystano na razie w niewielu projektach optymalizacji sieci obszarów chronionych (Araújo et al. 2004, Williams et al. 2005, Hannah et al. 2007).

Zainteresowanie zagadnieniem zmian klimatu przyniosło również znaczący postęp w zakresie tzw. regionalnych modeli klimatycznych umożliwiając osiągnięcie znacznie wyższej dokładności informacji niż dotychczas (Déqué et al. 2007). Rozdzielczość takich modeli wynosi ok. 10x10 km.

### **Założenia projektu optymalizacji sieci obszarów chronionych w LP**

Pełna sieć wszystkich obszarów chronionych w LP nie podlegała dotąd badaniom pod kątem jej kompletności i efektywności, a tym bardziej pod kątem adekwatności do postępujących zmian klimatycznych.

Prezentowany projekt jest aplikacją sprawdzonych w świecie rozwiązań. Jego podstawowym celem jest budowa informatycznego narzędzia GIS, które da odpowiedź na następujące podstawowe pytania: czy na mniejszej powierzchni obszarów chronionych można uzyskać większy efekt ochrony przyrody? Gdzie znajdują się najcenniejsze przyrodniczo obszary, które nie są objęte ochroną, a z drugiej strony – które obszary chronione nie są optymalnie zlokalizowane? Jak zmienią się zasięgi występowania gatunków w latach 2020, 2050 i 2080 (zgodnie z czterema scenariuszami zmian klimatycznych: SRES A1, A2, B1 i B2, IPCC 2008) i w funkcji tego – jak powinna wyglądać sieć obszarów chronionych (i korytarzy ekologicznych) minimalizująca straty dla przyrody wynikające ze zmian klimatycznych?

#### **Zespół badawczy**

Podstawowymi wykonawcami projektu będą polscy naukowcy oraz ekspercki zespół, kierowany przez Mar Cabeza z Metapopulation Research Group (Uniwersytet Helsiński). Jak już

wspomniano, zespół Mar Cabezy dokonał znacznego postępu w wykorzystaniu nowoczesnych koncepcji i stworzeniu technicznych narzędzi służących rozwiązaniu problemów selekcji obszarów chronionych (np. Cabeza 2003, Moilanen i Cabeza 2005, Cabeza i Moilanen 2006), a niektóre publikacje zespołu należą do najczęściej cytowanych w tej dziedzinie (np. Cabeza i Moilanen 2001). Członkowie zespołu uczestniczą także w projektach dotyczących przewidywań skutków zmian klimatycznych (m.in. Araújo et al. 2004, Thuiller et al. 2008). Mar Cabeza jest współautorką najnowszego przeglądu wiedzy (Thuiller et al. 2008) w dziedzinie, której dotyczy opisywany projekt.

Polskimi wykonawcami będą Marcin Zalewski (Centrum Badań Ekologicznych PAN – kierownik projektu), Ewa Referowska-Chodak (Wydział Leśny SGGW) i Dorota Dudek (Centrum Badań Ekologicznych PAN). W projekt zaangażowana będzie także grupa naukowców z Uniwersytetu Warszawskiego oraz Muzeum i Instytutu Zoologii PAN.

#### Modelowanie rozmieszczenia gatunków (modele siedliskowe i koperta klimatyczna)

Podstawą analiz są różnorodne dane o rozmieszczeniu gatunków, siedlisk i warunków klimatycznych usytuowane w środowisku GIS. Przy realizacji projektu będą wykorzystane poniższe opracowania (w wersji elektronicznej).

##### a. Dane o rozmieszczeniu gatunków

Ptaki (234 gat.): Sikora et al. (red.) 2007; Chylarecki i Jawińska (2007 i następne).

Motyle (137 gat.): Buszko J. 1997.

Rośliny (2.400 gat.): Zając A., Zając M. (red.) 2001.

Wybrane gatunki Natura 2000: baza danych opracowana na podstawie powszechnej inwentaryzacji przeprowadzonej w latach 2006-2007 w LP (po uzyskaniu zgody DGLP).

##### b. Dane o klimacie

Dane o współczesnym klimacie: [www.cru.uea.ac.uk/](http://www.cru.uea.ac.uk/).

Dane o przewidywanych zmianach klimatu:

[www.grida.no/publications/other/ipcc\\_sr/?src=/climate/ipcc/emission/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/).

W modelach będzie uwzględniona średnia roczna, zimowa i letnia wartość opadu atmosferycznego, średnia roczna temperatura, minimalna temperatura najchłodniejszego z miesięcy, suma aktywnych temperatur w sezonie wegetacyjnym GDD (>5°C) i współczynnik wilgotności (średnia relacja rzeczywistej do potencjalnej ewapotranspiracji).

##### c. Dane o siedliskach

Dane programu Corine Land Cover (ogólnodostępne, płyta CD).

Mokradła: System Informacji Przestrzennej o Mokradłach Polski ([www.gis-mokradla.info](http://www.gis-mokradla.info)), zawierający m.in. granice obszarów chronionych, informacje o rodzaju mokradła, typie roślinności (baza danych dostępna dla instytucji publicznych).

Siedliska Natura 2000: baza informacji o sieci Natura 2000 ([www.mos.gov.pl](http://www.mos.gov.pl)).

Wybrane siedliska Natura 2000: baza danych opracowana na podstawie powszechnej inwentaryzacji przeprowadzonej w latach 2006-2007 w LP (po uzyskaniu zgody DGLP).

Dane o typach siedlisk leśnych oraz składzie i wieku drzewostanów: baza danych SILP (po uzyskaniu zgody Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych).

Gleby: mapy glebowe w skali 1:100.000 (dane dostępne odpłatnie).

Zróźnicowanie krajobrazu: mapy geologiczne w skali 1:500.000 (informacje dostępne po uzyskaniu zgody Ministra Środowiska).

Topografia terenu: mapy topograficzne w skali 1:25.000 (dane dostępne dla instytucji publicznych).

Rozmieszczenie obszarów chronionych: baza danych WCMC-UNEP World Database of Protected Areas ([www.wdpa.org/WDPAMapFlex.aspx](http://www.wdpa.org/WDPAMapFlex.aspx)). Potencjalnie dane o formach ochrony przyrody z zasobów informacji LP (za zgodą DGLP).

Obecnie ma miejsce burzliwy rozwój baz danych o środowisku i można oczekiwać zakończenia prac nad szeregiem innych potencjalnie cennych baz danych jeszcze w trakcie trwania projektu.

Na bazie przedstawionych informacji (wykorzystując oprogramowanie ZONATION i BIOMOD) można będzie wykonać modelowanie rozmieszczenia gatunków obecnie i w przyszłości, obliczyć poziomy niepewności (ang. uncertainty layers) dla gatunków słabo zbadanych, zaplanować strategię zbierania danych dla gatunków, które wymagają dodatkowych danych do modelowania, stworzyć modele koperty klimatycznej (część modeli stworzona już dla 445 gatunków europejskich ptaków i 2.362 gatunków roślin będzie kalibrowana do warunków polskich).

Jak wcześniej wspomniano, podstawowa dokładność modelowania to kwadraty 10x10km, lecz możliwe jest przewidywanie występowania gatunku w skali danych siedliskowych (np. z Systemu Informatycznego Lasów Państwowych czy Corine Land Cover).

#### Nadanie gatunkom różnej wagi w modelach (kategoryzacja)

Celem kategoryzacji jest nadanie w planowaniu sieci obszarów chronionych większej wagi gatunkom szczególnie zagrożonym. Na przykład gatunki ptaków, których liczebności uległy w ostatnich latach drastycznym spadkom mają większą wagę w analizach niżli gatunki, których liczebności mają tendencje wzrostowe. W zależności od dostępności danych mogą być wprowadzone kategorie oparte na informacjach o częstości występowania i wieloletnich trendach liczebności populacji w Polsce i Europie, o gatunkach priorytetowych Natura 2000, o gatunkach z czerwonej listy IUCN czy też danych dotyczących historii życia gatunków.

#### Ocena adekwatności istniejącej sieci obszarów chronionych do przewidywanych zmian klimatu

Wykorzystując wyniki modelowania rozmieszczenia gatunków w przyszłości (oprogramowanie BIOMOD) i dane o współczesnej sieci obszarów chronionych można będzie określić stopień dostosowania sieci do przewidywanych zmian w bioróżnorodności. Szczegółowe analizy wskażą gatunki i siedliska, których zmiany dotyczyć będą w największym stopniu. Uwzględnią one gatunki zagrożone, a także istotne ze względu na ich znaczenie gospodarcze i biocenotyczne.

#### Wskazanie obszarów do objęcia ochroną

Najważniejszym celem projektu będzie wypracowanie propozycji mającej maksymalizować efekty ochrony przy redukcji powierzchni obszarów chronionych. ZONATION jest właśnie taką podstawą wyboru obiektów, która pozwala identyfikować obszary ważne dla zachowania jakości i łączności środowiska (korytarze ekologiczne) dla wielu gatunków w wielkoskalowym krajobrazie. W skład oprogramowania wchodzi kilka alternatywnych wariantów, które pozwolą wskazać optymalne zmiany w kształcie sieci obszarów chronionych. Zostaną ocenione najbardziej optymalne uzupełnienia do aktualnej sieci obszarów chronionych w odniesieniu do przewidywanych zmian zasięgów gatunków, a także przy uwzględnieniu różnych priorytetów (m.in. ochrony gatunków jeszcze niezagrażonych, ale wrażliwych na zmiany środowiskowe).



## Podsumowanie

Realizacja opisanego projektu pozwoli zgromadzić w jednolitej i kompleksowej bazie GIS najpełniejsze dane o bioróżnorodności Polski. Umożliwi to badania, które do tej pory nie były możliwe. Ich atutem (jednym z wielu) jest przyjęte założenie o potrzebie pogodzenia realizacji ochrony przyrody z rozwojem kraju, również poprzez proponowanie „oszczędnej” sieci, zabezpieczającej na stosunkowo małej powierzchni maksymalnie dużą różnorodność biologiczną. Jest to szczególnie cenne w przypadku licznych obiektów usytuowanych na terenach administrowanych przez LP, które sprawują nad nimi opiekę pokrywając jej koszty przede wszystkim z własnych środków (np. Referowska-Chodak 2004). Warto przy tym pamiętać, że nie są to jedyne wydatki związane z szeroko pojętą ochroną przyrody, do której należy także zaliczyć koszty ekologizacji gospodarki leśnej (np. Piekutin i Superson 2008). Możliwość modyfikacji (uzupełniania) skonstruowanej bazy danych gwarantuje w przyszłości stałą sposobność weryfikowania tak ustalonej sieci, np. poprzez zmianę priorytetów. Proponowana analiza może być także istotnym argumentem w debacie w przypadku kolejnych propozycji rozszerzania lub przesuwania sieci obszarów chronionych w LP.

## Literatura

- Araújo M. B. 1999. Distribution Patterns of Biodiversity and the Design of a Representative Reserve Network in Portugal. *Diversity and Distributions* 5: 151-163.
- Araújo M. B., Cabeza M., Thuiller W., Hannah L., Williams P. H. 2004. Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve – selection methods. *Global Change Biology* 10 (9): 1618-1626.
- Araújo M. B.; Pearson R. G., Thuiller W., Erhard M. 2005. Validation of species - climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11: 1504-1513.
- Barry J., Baxter C., Sagarin R., Gilman S. 1995. Climate related, long-term faunal changes in a Californian rocky intertidal community. *Science* 267: 672-675.
- Beniston M., Tol R. S. J. 1998. Europe. In *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*. Cambridge University Press (Eds RT Watson, MC Zinyowera, RH Moss), Cambridge, UK, 149-185.
- Brown J. H., Lomolino M. V. 1998. *Biogeography* (2nd edition). Sinauer, Sunderland, MA.
- Buszko J. 1997. *Atlas rozmieszczenia motyli dziennych w Polsce, 1986-1995*. Wyd. Turpress, Toruń.
- Cabeza M. 2003. Habitat loss and connectivity of reserve networks in probability approaches to reserve design. *Ecology Letters* 6: 665-672.
- Cabeza M., Moilanen A. 2001. Design of reserve networks and the persistence of biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 242-247.
- Cabeza M., Moilanen A. 2006. Replacement cost: A practical measure of site value for cost-effective reserve planning. *Biological Conservation* 132: 336-342.
- Chylarecki P., Jawińska D. 2007. *Monitoring pospolitych ptaków lęgowych – raport z lat 2005-2006*. OTOP, Warszawa.
- Czubiński Z. 1951. O racjonalną sieć rezerwatów przyrody Pomorza. *Chrońmy Przyr. ojcz.* 7: 13-40.
- Denisiuk Z. (red.) 1990. *Ochrona rezerwatowa w Polsce. Stan aktualny i kierunki rozwoju*. Studia Naturae, Seria A, nr 35.
- Déqué M., Rowell D. P., Lüthi D., Giorgi F., Christensen J. H., Rockel B., Jacob D., Kjellström E., de Castro M., van den Hurk B. 2007. An intercomparison of regional climate simulations for Europe: assessing uncertainties in model projections. *Climatic Change* 81: 53-70.

- Dimitrakopoulos P. G., Memtsas D., Troumbis A. Y. 2004. Questioning the effectiveness of the Natura 2000 Special Areas of Conservation strategy: the case of Crete. *Global Ecology and Biogeography* 13:199-207.
- Epstein P. R., Diaz H. F., Elias S. et al. 1998. Biological and physical signs of climate change: Focus on mosquito-borne diseases. *Bulletin of the American Meteorological Society* 79: 409-417.
- Frescino T. S., Edwards Jr T. C., Moisen G. G. 2001. Modeling spatially explicit forest structural attributes using Generalised Additive Models. *Journal of Vegetation Science* 12: 15-26.
- Gaston K. J., Charman K., Jackson S. F., Armsworth P. R., Bonn A., Briers R. A., Callaghan C. S. Q., Catchpole R., Hopkins J., Kunin W. E., Latham J., Opdam P., Stoneman R., Stroud D. A., Tratt R. 2006. The ecological effectiveness of protected areas: the United Kingdom. *Biological Conservation* 132: 76-87.
- Grabherr G., Gottfried M., Pauli H. 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
- Guisan A., Lehmann A., Ferrier S., Austin M., Overton J., Aspinall R., Hastie T. 2006. Making better biogeographical predictions of species' distributions. *Journal of Applied Ecology* 43: 385-385.
- Hannah L., Midgley G., Andelman S., Araújo M., Martinez-Meyer E., Pearson R., Williams P. 2007. Protected Area Needs in a Changing Climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 131-138.
- Hill J. K., Thomas C.D., Fox R., Telfer M. G., Willis S. G., Asher J., Huntley B. 2002. Responses of butterflies to 20th century climate warming: implications for future ranges. *Proc. R. Soc. B.* 269: 2163-2171.
- Hill J. K., Thomas C. D., Huntley B. 1999. Climate and habitat availability determine 20th century changes in butterfly's range margin. *Proc. R. Soc. B.* 266: 1197-1206.
- Informacja o PGL Lasy Państwowe 2007. 2008. Wyd. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 42-43.
- IPCC 2008. Climate Change and Biodiversity. Intergovernmental Panel on Climate Change Technical Papers (<http://www.ipcc.ch/>)
- Karpierz J. 1998. Projekt docelowej sieci rezerwatów przyrody na gruntach będących w zarządzie Lasów Państwowych. *Las Polski* 4: 14-16 i 5: 14-15.
- Maiorano L, Falcucci A, Garton EO, Boitani L. 2007 Contribution of the Natura 2000 network to biodiversity conservation in Italy *Conservation Biology* 21:1433-44.
- Margules C. R., Pressey R. L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Moilanen A., Cabeza M. 2005. Variance and uncertainty in the expected number of occurrences in reserve selection. *Conservation Biology* 19: 1663-1667.
- Ochrona Środowiska 2008. Wyd. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Parmesan C., Ryrholm N., Stefanescu C., Hill J. K., Thomas C. D., Descimon H., Huntley B., Kaila L., Kullberg J., Tammaru T., Tennent W. J., Thomas J. A., Warren M. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583.
- Parmesan C., Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Pearson R. G., Dawson T. P., Berry P. M. et al. 2002. SPECIES: a spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling* 154: 289-300.
- Peters R. L., Myers J. P. 1991-1992. Preserving biodiversity in a changing climate. *Issues in Science and Technology*, 66-72.
- Piekutin J., Superson M. 2008. Ekonomiczne aspekty ekologizacji gospodarki leśnej na przykładzie zwalczania gradacji kornika drukarza w Nadleśnictwie Białowieża. [W:] K. Kannenberg i H. Szramka (red.) Zarządzanie ochroną przyrody w lasach, t.2. Wyd. Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem w Tucholi, Tuchola, 165-182.



- Pounds J. A., Bustamante M., Coloma L., Consuegra J., Fogden M., Foster P. et al. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161-167.
- Prendergast J. R., Quinn R. M., Lawton J. H. 1999. The gaps between theory and practice in selecting nature reserves. *Conservation Biology* 13: 484-492.
- Referowska-Chodak E. 2004. Metody i kryteria doskonalenia sieci rezerwatów przyrody na terenie Lasów Państwowych. Maszynopis rozprawy doktorskiej dostępny w Katedrze Ochrony Lasu i Ekologii SGGW w Warszawie.
- Rodrigues A. S. L., Akçakaya H. R., Andelman S. J., Bakarr M. I., Boitani L. 2004. Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioScience* 54 (12): 1092-1100.
- Sikora A., Rohde Z., Gromadzki M., Neubauer G., Chylarecki P. (red.) 2007. Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Wyd. Nauk. Bogucki, Poznań.
- Thomas C. D., Lennon J. J. 1999. Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213.
- Thuiller W. 2003. BIOMOD - optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology* 9: 1353-1362.
- Thuiller W., Albert C., Araújo M. B., Berry P. M., Cabeza M., Guisan A., Hickler T., Midgley G. F., Paterson J., Schurr F. M., Sykes M. T., Zimmermann N. E. 2008. Predicting global change impacts on plant species distributions: future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9: 137-152.
- Thuiller W., Vaydera J., Pino J. et al. 2003 Large-scale environmental correlates of forest tree distributions in Catalonia (NE Spain). *Global Ecology and Biogeography* 12: 313-325.
- Tworek S., Cierlik G., Kurzyński J., Mielnicka B., Makomaska-Juchiewicz M., Mróz W., Perzanowska J., Zając K. 2002. Docelowa sieć Krajowego Systemu Obszarów Chronionych (KSOCh) z uwzględnieniem łączących je korytarzy ekologicznych. Raport końcowy. IOP PAN–NFOŚ, Kraków–Warszawa (materiały udostępnione w Ministerstwie Środowiska).
- Wiliams P., Hannah L., Andelman S. 2005. Planning for climate change: identifying minimum dispersal corridors for the Cape Proteaceae. *Conserv. Biol.* 19: 1063-1074.
- Zając A., Zając M. (red.) 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Nakładem Pracowni Chorologii Komputerowej Inst. Botaniki UJ, Kraków, 1-716.
- [www.cru.uea.ac.uk/](http://www.cru.uea.ac.uk/)  
[www.gis-mokradla.info](http://www.gis-mokradla.info)  
[www.grida.no/publications/other/ipcc\\_sr/?src=/climate/ipcc/emission/](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/)  
[www.helsinki.fi/bioscience/consplan/](http://www.helsinki.fi/bioscience/consplan/)  
[www.mos.gov.pl](http://www.mos.gov.pl)  
[www.wdpa.org/WDPAMapFlex.aspx](http://www.wdpa.org/WDPAMapFlex.aspx)

**Marcin Zalewski**

Centrum Badań Ekologicznych Polskiej Akademii Nauk  
 m.zalewski@cbe-pan.pl

**Ewa Referowska-Chodak**

Katedra Ochrony Lasu i Ekologii SGGW  
 echodak@wl.sggw.pl

**Dorota Dudek**

Centrum Badań Ekologicznych Polskiej Akademii Nauk  
 porrkana@wp.pl