

KONRAD KALARUS

*Instytut Nauk o Środowisku
Uniwersytet Jagielloński
Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
E-mail: klaus.vk5@gmail.com*

WYBRANE PROBLEMY OCHRONY PRZYRODY NA PRZYKŁADZIE MOTYLI (LEPIDOPTERA) JAKO GRUPY MODELOWEJ

WSTĘP

Ochrona motyli ma długą historię, począwszy od wprowadzenia zakazów zbierania ponad 80 lat temu, aż do wypracowania strategii ochrony, które wraz z postępem wiedzy są rozwijane do dziś. Zanik wielu populacji motyli w Europie stał się prawdziwym wyzwaniem dla ochrony przyrody, a zainteresowanie nimi dało początek ochronie owadów (THOMAS 1995a). Motyle są też zwierzętami modelowymi w pionierskich badaniach nad ekologią krajobrazu i funkcjonowaniem metapopulacji (GILPIN i HANSKI 1991), koncepcji pomocnej w przedsięwzięciach ochroniarskich. W ostatnich dziesięcioleciach oszacowanie skutków przekształceń krajobrazu znajdującego się pod silnym wpływem człowieka stało się głównym problemem biologii konserwatorskiej i ekologii krajobrazu (AVIRON i współaut. 2007). Im szybsze tempo zmian, tym mniejsze jest prawdopodobieństwo przeżycia lokalnych populacji (FAHRIG i MERRIAM 1994). W świetle szybkich modyfikacji zachodzących współcześnie w środowisku, wybór odpowiednich organizmów wskaźnikowych, monitoring środowiska i skuteczne plany ochrony bioróżnorodności są niezbędne.

Motyle są grupą zwierząt bardzo wrażliwą na zmiany środowiska (SETTELE i współaut. 1996), dlatego mogą być wykorzystywane jako gatunki wskaźnikowe lub parasolowe. Motyle były pierwszymi organizmami wskaźnikowymi związanymi z monitorowaniem GMO (LANG i współaut. 2013). Gatunkami parasolowymi, ze względu na swoją skompli-

kowaną biologię i powiązania z wieloma innymi organizmami, są np. łąkowe modraszki z rodzaju *Maculinea* (*Phengaris*). Ochrona siedlisk gatunków parasolowych skutkuje zachowaniem funkcji ekosystemu, w którym żyją oraz umożliwia przetrwanie wielu innym gatunkom. Motyle *Maculinea* wymienione są także w Dyrektywie Siedliskowej i zostały objęte programem Natura 2000. Aby przejść cały cykl rozwojowy modraszki wymagają dwóch głównych zasobów pokarmowych: rośliny krwiściagu lekarskiego (*Sanquisorba officinalis*) lub innej, w zależności od gatunku modraszka, i żywicielskich mrówek z rodzaju *Myrmica*, w których gniazdach pasozytują (WITEK i współaut. 2008, SIELEZNIEW i współaut. 2010). Dla ochrony tych motyli trzeba skupić się na działaniach mających na celu zachowanie w dobrej kondycji całego krajobrazu. Populacje modraszek, jako czuły wskaźnik, natychmiast zareagują na szkodliwe zmiany w ekosystemach łąkowych (THOMAS 1995b). Takie informacje są bardzo istotne, gdyż siedliska łąkowe w Europie odznaczają się szczególnie dużą bioróżnorodnością. Stosunkowo duża część gatunków żyjących w nich jest ujęta w Dyrektywie Siedliskowej czy Konwencji Berneńskiej. Wartość łąk jest także uznana przez Radę Europy (VAN SWAAY 2002). Ochrona bogactwa gatunkowego modraszek w tych siedliskach przyczynia się zatem do zachowania całych układów biologicznych.

W niniejszej pracy przedstawiam współczesne zagrożenia dla bioróżnorodności w kontekście ochrony siedlisk motyli. Wskazuję na znaczenie motyli, jako grupy modelo-

wej do badań wpływu zmian środowiska na zwierzęta. Objaśniam pojęcia siedliska i fragmentacji siedlisk, których zrozumienie jest konieczne do planowania działań ochronnych. Na wybranych przykładach omawiam odpowiedź motyli na zmiany wywołane przez człowieka i podaję najważniejsze rekomendacje ochronne.

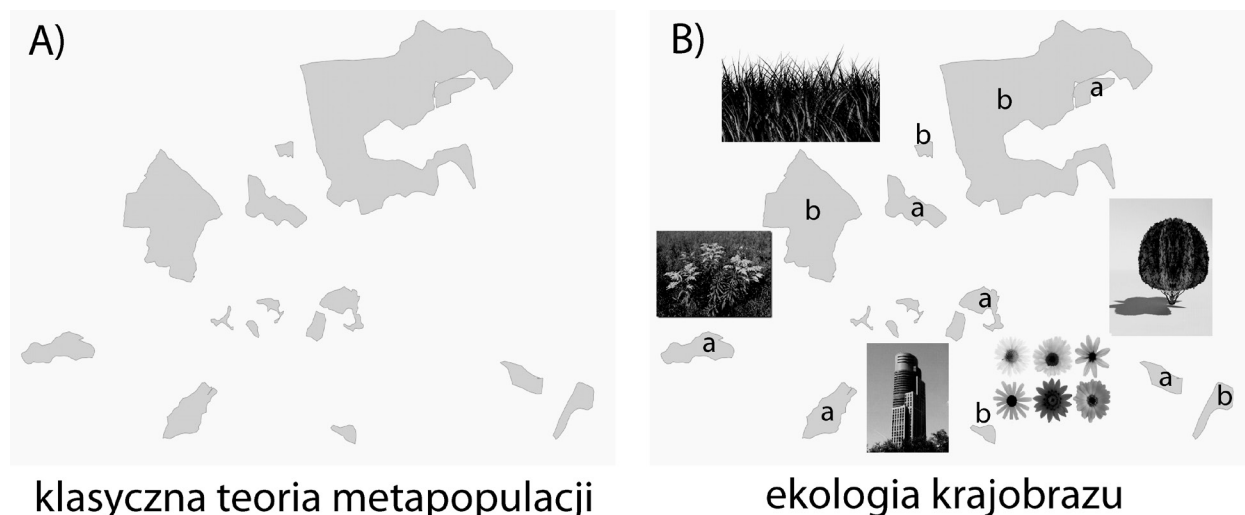
KONCEPCJA SIEDLISKA

Zdefiniowanie, czym jest siedlisko i jakie komponenty środowiska się na nie składają stanowi pierwszy krok w kierunku podjęcia skutecznych działań ochrony zagrożonych gatunków. Ochrona gatunku w oderwaniu od jego siedliska jest nieskuteczna, a podejście takie przestarzałe (patrz JOYAL i współaut. 2001, DENNIS i współaut. 2006). Jednakże zdefiniowanie pojęcia siedliska, zarówno w znaczeniu ogólnym, jak i dla konkretnego gatunku jest kwestią trudną (HALL i współaut. 1997, DENNIS i współaut. 2003, VANREUSEL i VAN DYCK 2007). Jedna grupa autorów określa siedlisko jako miejsce, lokalizację, typ środowiska lub lokalne środowisko, w którym żyje dany organizm (patrz DENNIS i współaut. 2003). Powyższa definicja jest niewystarczająca, ponieważ nie uwzględnia fizycznych cech siedliska i przede wszystkim biotycznych komponentów takich jak np. roślinność i rozmieszczenie zasobów pokarmowych. Druga grupa autorów stara się włączyć te komponenty i definiuje siedlisko jako strefę, w której organizm może

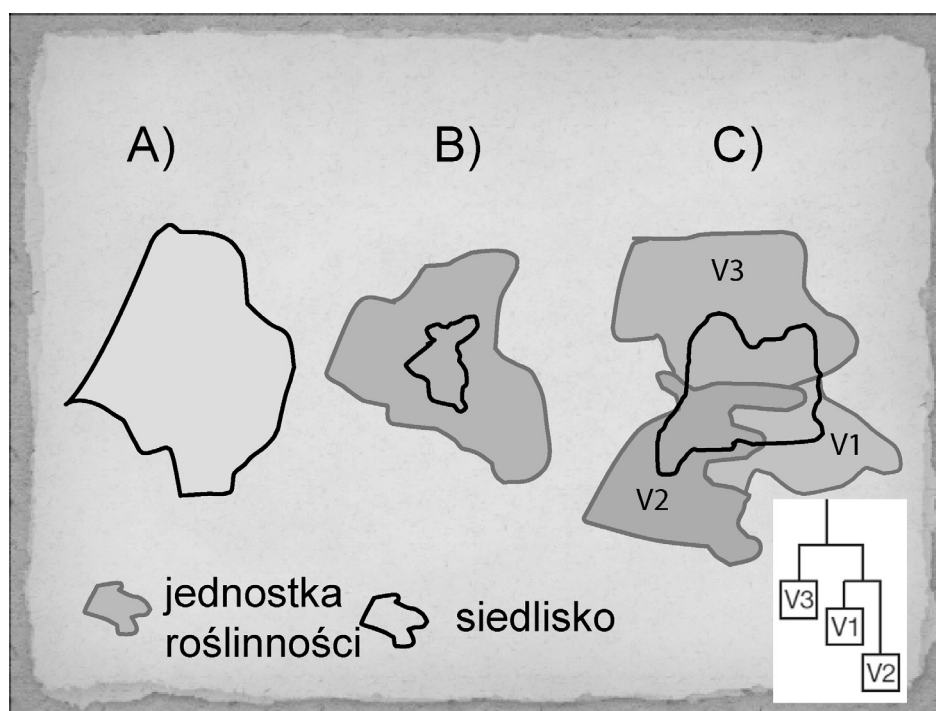
przeżyć, rozwijać się i wydać potomstwo. Brana jest także pod uwagę topografia terenu, warunki środowiska (DENNIS i współaut. 2003) i niezbędne zasoby, potrzebne danemu organizmowi w trakcie wszystkich stadiów rozwoju (SHREEVE i współaut. 2001).

Na pierwszej koncepcji opierano się głównie w badaniach metapopulacji, na drugiej w badaniach wykorzystania zasobów przez zwierzęta (Ryc. 1). W klasycznej teorii metapopulacji siedlisko traktowane jest jak wyspa, tzw. płat siedliska (ang. habitat patch), który otoczony jest nieprzyjawnym dla danego organizmu środowiskiem, tzw. matriksem (ang. matrix). Metapopulacja stanowi system lokalnych populacji, które żyją w płatach siedliska. Rycina 1A przedstawia płaty łąk trzęślicowych z krwisiągami *Sanguisorba officinalis* zasiedlone przez modraszkę *Maculinea teleius*. Osobniki mogą migrować pomiędzy płatami i zasilają nowymi genami lokalne populacje, do których trafiają. Niektóre płaty są niezasiedlone, wtedy migranci mogą je skolonizować i utworzyć nową, lokalną populację, natomiast na innych płatach zamieszkujące je populacje wymierają. Dynamika metapopulacji, wynikająca z interakcji populacja-populacja oraz nieprzerwanych ekstynkcji i kolonizacji, decyduje o długotrwałym przetrwaniu organizmu (HANSKI i GAGGIOTTI 2004).

Z drugiej strony, koncepcja siedliska opartego na zasobach zakłada, że krajobraz stanowi pewne kontinuum różnie rozmieszczonych zasobów. Rycina 1B przedstawia mozaikę muraw kserotermicznych (a) i



Ryc. 1. Klasyczne podejścia badawcze. Pierwsze jest stosowane w klasycznych badaniach metapopulacji i przedstawia płaty siedlisk otoczone nieprzyjawnym matriksem (A). Drugie podejście dotyczy ekologii krajobrazu i jest związane z koncepcją siedliska opartego na zasobach (B), w której rozważane są elementy konfiguracyjne i kompozycyjne krajobrazu. Obecnie zaawansowana teoria metapopulacji uwzględnia zróżnicowanie matriksu i czerpie z osiągnięć ekologii krajobrazu.



Ryc. 2 Powiązania siedliska z biotopem i jednostką roślinności. Siedlisko nie zawsze jest jednoznaczne z jednostką roślinności czy płatem siedliska. (wg DENNIS 2010).

łąk trzęślicowych (b) zamieszkanych przez skalnika driada *Minois dryas*, otoczonych trzcinowiskami, lasami, łąkami zdegradowanymi przez nawłóć i terenami zurbanizowanymi. Zatem siedlisko nie jest pojedynczą i jednorodną jednostką przestrzenną i nie może być utożsamiane z pojęciem płatu oraz biotopu (obszar – przestrzeń, powierzchnia, np. las, urwisko, wrzosowisko, kompleks wydmy, cechujący się szczególnymi warunkami środowiska, w którym żyją charakterystyczne dla niego grupy organizmów). Granice siedliska wcale nie są zawsze wyraźne (DENNIS 2010).

Rycina 2 obrazuje trzy główne możliwości. Siedlisko może pokrywać się z płatem (i jednostkami roślinności), jak u motyla *Maniola jurtina* zajmującego traworośla z wysokimi trawami i zarośla w narożniku drogi i pól uprawnych (A) lub być podzbiorem jednostki roślinności, np. skupienia rośliny czarcikęsu łąkowego (*Succisa pratensis*) w płacie łąki wilgotnej, jak w przypadku motyla *Euphydryas aurinia* (B), lub też zachodzić na różne jednostki roślinności (C). Na diagramie (C) jednostki V1 i V2 są bardziej podobne do siebie niż do jednostki V3. Przykład (C) może znaleźć potwierdzenie u motyla *Ochlodes sylvanus* wykorzystującego w ciągu cyklu życiowego suche i wilgotne wrzosowiska (V1 i V2) oraz zarośla brzoźowe (V3), wszystkie zajęte przez trawę *Molinia caerulea* (DENNIS 2010). Ostatecznie siedlisko gatunku obejmuje zarówno obsza-

ry porośnięte przez rośliny żywicielskie, jak i strukturalne elementy środowiska takie jak np. krzewy. Granice siedliska mogą zmieniać się w ciągu dnia lub być zależne od pogody. Wtedy, w różnych warunkach, populacja wykorzystuje odmienny element środowiska, dzięki czemu granice siedliska są płynne (DENNIS i SPARKS 2006). W ostatnich latach nastąpił gwałtowny rozwój badań; zawiązana teoria metapopulacji czerpie z osiągnięć ekologii krajobrazu, a dychotomia wynikająca z klasycznego ujęcia obu dziedzin zatarła się (patrz DRISCOLL i współaut. 2013).

Aby bardzo dokładnie określić, co jest siedliskiem dla konkretnego gatunku konieczna jest znajomość jego historii życiowej, która pozwoli poznać wszystkie jego wymagania pod względem wykorzystywanych niezbędnych zasobów (DENNIS i współaut. 2003, TURLURE i współaut. 2009). Zasoby można podzielić na dwie grupy. Pierwszą stanowią zasoby pokarmowe, czyli rośliny żywicielskie larw i rośliny nektarodajne dla osobników dorosłych. W skład drugiej grupy wchodzi wszystkie inne wykorzystywane zasoby umożliwiające życie i przetrwanie osobników gatunku. W przypadku motyli, dla dorosłych owadów są to odpowiednie miejsca do odpoczynku, nocowania, łączenia się w pary, kopulacji, składania jaj, żerowania i miejsca dające schronienie przed drapieżnikami (DENNIS i współaut. 2003). Także stadium larwalne wymaga szczególnych warunków

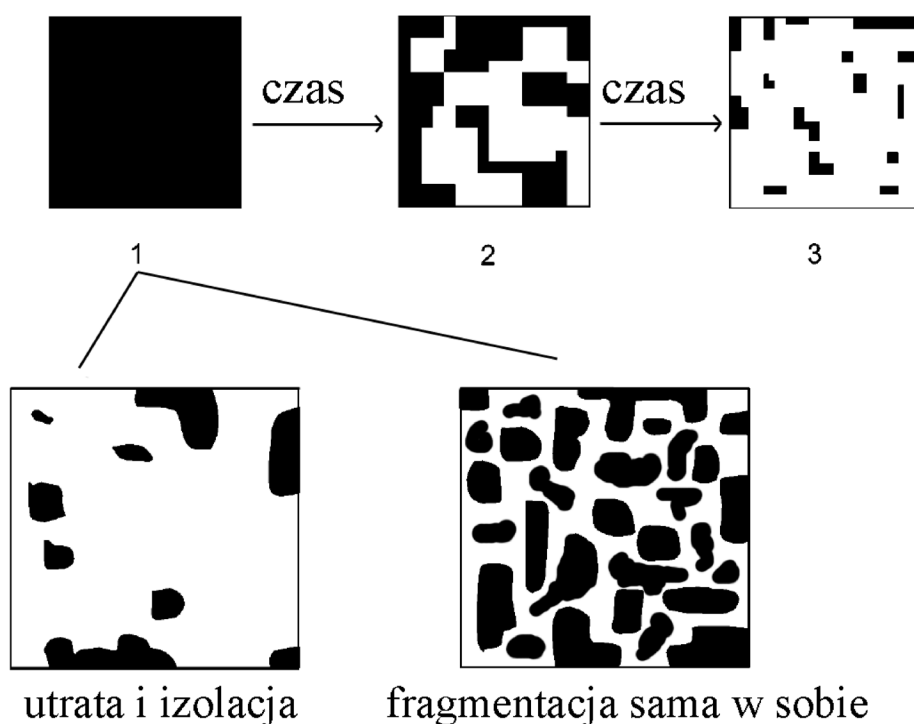
takich jak: nasłonecznienie, temperatura, wilgotność czy też zagęszczenie roślin żywicielskich. Dlatego funkcjonalne, integracyjne podejście w diagnozowaniu siedliska jest kluczowe dla rozpoznania wymogów gatunków i podjęcia działań ochronnych (TURLURE i współaut. 2009).

WSPÓŁCZESNE ZAGROŻENIA

Jednym z głównych zagrożeń dla różnorodności biotycznej jest fragmentacja siedlisk. Fragmentację można zdefiniować jako proces, w wyniku którego duże przestrzenie siedliska są przekształcane w liczne, mniejsze płaty odizolowane od siebie poprzez matriks. Dlatego efektami tego procesu są: zwiększenie liczby płatów i ich izolacji od siebie oraz zmniejszenie rozmiarów płatów i pogorszenie ich jakości. Także ogólna powierzchnia zajmowana przez siedlisko zmniejsza się w stosunku do powierzchni początkowej. Fragmentacja nie zawsze też musi być związana z izolacją (fragmentacja sama w sobie) (Ryc. 3). Z powyższego wynika, że fragmentacji nie można utożsamiać tylko z prostą utratą powierzchni zajmowanej przez siedlisko, ale przede wszystkim proces ten powoduje wyraźne zmiany w konfiguracji i kompozycji krajobrazu (DE-

BINSKI i HOLT 2000, FAHRIG 2003). W mniejszych płatach wzrasta udział granic, dlatego zwierzęta mogą napotykać częściej krawędzie płatów (PRIMACK 2002). Fragmentacja wymusza odpowiedź organizmów na modyfikacje środowiska, które u motyli skutkują między innymi zmianami w zachowaniu (HANSKI i OVASKAINEN 2000, GIBBS i VAN DYCK 2010). Niekorzystne przekształcenia środowiska zwierząt prowadzą w konsekwencji do zaniku siedlisk (Ryc. 3). Proces fragmentacji i związane z nim problemy dotyczą wielu siedlisk w skali globalnej (FOLEY i współaut. 2005).

W ostatnich latach poważnym zagrożeniem dla funkcjonowania ekosystemów są inwazje obcych gatunków. Zbiorowiskom łąkowym zagrażają inwazyjne kenofity pochodzące z Ameryki Północnej: nawłocie *Solidago gigantea* i *S. canadensis* (SKÓRKA i współaut. 2007). Zwarte skupiska tych roślin wdzierają się między innymi w bogate gatunkowo ekosystemy wilgotnych łąk trzęślicowych wypierając rodzime gatunki roślin, czego skutkiem jest zmiana jakości siedliska. Problem inwazji nawłoci dotyczy także Obszarów Natura 2000. Na przykład w „Dębnicko-Tynieckim Obszarze Łąkowym” obecnie postępuje inwazja nawłoci zagrażając chronionym gatunkom motyli: *Lycaena dispar*,



Ryc. 3 Przebieg procesu fragmentacji. Czarnym kolorem oznaczono siedlisko, białym matriks. (wg FAHRIG 2003).

L. helle, *Maculinea teleius*, *M. nausithous* i bardzo rzadkiemu *Minois dryas* (KALARUS i współaut. 2013). Innym ekspansywnym gatunkiem na łąkach wilgotnych jest trzcina, negatywnie wpływająca na różnorodność gatunków motyli (SKÓRKA i współaut. 2007). Kolejnym zagrożeniem jest zarastanie łąk w wyniku naturalnej sukcesji, związanej z zaprzestaniem ekstensywnego gospodarowania gruntami (SKÓRKA i współaut. 2007, CONCEPTION i współaut. 2008). Natomiast w rejonach o dużej produkcji rolnej intensyfikacja rolnictwa wywiera negatywny wpływ na organizmy poprzez ujednolicenie krajobrazu rolniczego (RENETZEDER i współaut. 2010).

Następnym problemem w ochronie bioróżnorodności są zanieczyszczenia chemiczne metalami ciężkimi. Na terenach zanieczyszczonych zmienia się skład zgrupowań gatunkowych owadów. Zaburzona zostaje charakterystyczna dla danego środowiska proporcja gatunków roślinożernych i drapieżnych. Znały jest również negatywny wpływ wysokiej koncentracji metali ciężkich na historie życiowe gatunków chrząszczy (SKALSKI i współaut. 2010) oraz różnorodność i liczebność występowania dzikich samotnych pszczoł (MOROŃ i współaut. 2012). Pozostałymi zagrożeniami są: wypalanie łąk, nieprzemysłowa zabudowa, rozbudowa sieci dróg, sporty motocrossowe, jak też zmiany klimatyczne i organizmy modyfikowane genetycznie.

ODPOWIEDŹ MOTYLI NA ZMIANY W ŚRODOWISKU

Pofragmentowany krajobraz wpływa na historie życiowe motyli. Zasoby jakie motyl zgromadzi mogą być wykorzystane na reprodukcję lub zwiększenie mobilności. Populacje tych samych gatunków, zamieszkujące krajobrazy o różnej konfiguracji siedlisk, mogą różnić się znacząco tymi cechami. U leśnego motyla *Pararge aegeria* samice z pofragmentowanego krajobrazu z dużym udziałem użytków rolnych (matriks) wykazują tendencję do składania większej liczby mniejszych jaj i żyją krócej niż samice z ciągłego, niepofragmentowanego krajobrazu leśnego (GIBBS i VAN DYCK 2010). Samice leśne mogą złożyć w ciągu życia więcej dużych jaj, które mogą zawierać więcej substancji potrzebnych do rozwoju larw. W konsekwencji, przeżywalność jaj może być lepsza, zapewniając tym motydom duży sukces reprodukcyjny. Eksperymentalne zmuszanie samic z krajobrazu leśnego do lotu spowodowało skrócenie ich długości życia, natomiast nie odnotowano takiego efektu u samic z krajobrazu rolniczego (GIBBS i VAN DYCK 2010). Potwierdza to, że proces fragmentacji powoduje powstanie kompromisów fizjologiczno-ekologicznych

(ang. trade off). Wysiłek związany ze zwiększoną aktywnością skutkuje zużyciem zasobów na lot, co może obniżyć sukces reprodukcyjny motyli.

Istnieją dowody zarówno teoretyczne, jak i empiryczne, że dyspersja osobników jest kluczowa dla dynamiki i przetrwania metapopulacji (HANSKI i GAGGIOTTI 2004). W bardzo pofragmentowanym krajobrazie motyl, aby dotrzeć do odległego płatu siedliska, może ponieść wysokie koszty obniżające jego dostosowanie (ang. fitness) (STAMPS i współaut. 2005). W badaniach motyla *Boloria eunomia* wykazano, że skłonność osobników do dyspersji zmniejsza się wraz ze wzrostem fragmentacji. Skłonność do dyspersji była tym mniejsza, im mniejszy był rozmiar płatów. Przy wyższym poziomie fragmentacji krajobrazu liczba zdarzeń wylotu poza macierzysty płat na osobnika była niższa. Motyle spędzały także mniej czasu poza macierzystym płatem (SCHTICKZELLE i współaut. 2006). W małych płatach motyle mają tendencję do pozostawania w ich wnętrzu, co sugerują też inni autorzy (HILL i współaut. 1996). Małe, izolowane płaty narażają lokalne populacje na wyginięcie, ze względu na niskie skłonności motyli do dyspersji, jak też znaczne odległość pomiędzy płatami oraz fakt, że brakuje w nich wszystkich niezbędnych zasobów (SCHTICKZELLE i WSPÓLAUT. 2006). U motyli *Melitaea cinxia*, *Thymelicus acteon* i *Polyommatus bellargus*, jakoś płat siedliska była głównym czynnikiem decydującym o ich obecności w płatach, natomiast izolacja odgrywała już mniejszą rolę (DOVER i SETTELE 2009). Dla małych płatów prawdopodobieństwo ekstynkcji populacji zwiększa się wraz ze zmniejszeniem ich rozmiaru. Jak wspomniano, charakteryzują się one znacznym udziałem krawędzi. W płatach takich sukces rozrodczy motyli może być mniejszy (HANSKI i GAGGIOTTI 2004), co świadczy o tym, że kształt płatu również ma znaczenie.

W badaniach skupiających się na znaczeniu krawędzi w podejmowaniu przez motyle *Boloria eunomia* decyzji o dyspersji, porównywano pofragmentowany krajobraz zawierający izolowane płaty z krajobrazem bardziej ciągłym. W pofragmentowanym krajobrazie, motyle, po przekroczeniu granicy płatu, częściej wracały do jego wnętrza niż podejmowały migrację. W krajobrazie, w którym płaty znajdują się blisko siebie, motyle wlatywały do matriks i często przemieszczały się pomiędzy płatami więcej niż raz. Wskazuje to na negatywny skutek izolacji. Jednakże autorzy pracy sugerują wyjaśnienie oparte na przenikalności granic. W pofragmentowanym, zmienionym krajobrazie krawędzie płatów i matriks są mniej przyjazne i dlatego motyle niechętnie eksplorowały teren

poza płatem, często zawracając do wnętrza płatu macierzystego (SCHTICKZELLE i BAGUETTE 2003). Można zatem stwierdzić, że fragmentacja modyfikuje zachowanie motyli na granicy płatu.

Duże znaczenie granic w pofragmentowanym krajobrazie przekłada się też na wykorzystanie siedliska przez motyle. Modraszki *Maculinea teleius* i *M. nausithous* koncentrowały się wyraźnie przy krawędzi płatu siedliska, unikając wnętrza w płatach dużych, natomiast nie stwierdzono takiej tendencji w płatach małych. Małe płyty są zdominowane przez granice, dlatego nie można uchwycić żadnej preferencji. Zaznacza się też tendencja do unikania granic urbanistycznych przez te motyle. Preferencja naturalnych granic przez modraszki może wynikać z ich skomplikowanej biologii. Obecność gniazd mrówek jest czynnikiem ostatecznym, decydującym o miejscu składaniu jaj, natomiast czynnikiem bezpośrednim, pomagającym motylom odnaleźć gniazda mrówek żywicielskich jest właśnie krawędź płatu. Pod presją modraszków mrówki rozprzestrzeniają się w otoczeniu płatów siedliska tych motyli (NOWICKI i współaut. 2007, 2013). Oznacza to, że otoczenie płatów siedliska jest bardzo ważne dla przetrwania motyli i mrówek. Granice wielu obszarów Natura 2000 zostały poprowadzone ściśle po minimalnym obszarze płatów krwiściaga lekarskiego. Nie zapewnia to dostatecznej ochrony motylom i, w dalszej perspektywie, całemu chronionemu obszarowi, czyniąc problematyczną kwestię ochrony otoczenia płatów zamieszkałych przez motyle (NOWICKI i współaut. 2013).

Zaprzestanie ekstensywnego gospodarowania prowadzące do zarastania łąk krzewami i inwazji obcych gatunków wpływa negatywnie na motyle. Liczba gatunków motyli była niższa w obszarach porastanych przez nawłóć i trzinę. Większa ich różnorodność była na łąkach znajdujących się we wczesnych stadiach sukcesji (SKÓRKA i współaut. 2007). Krzewy zarastające zbytnio łąki oddziałują negatywnie na motyle, jednak niewielka ich liczba jest korzystna, a nawet niezbędna dla przetrwania owadów. Krzewy dają motylom schronienie. Na przykład *Plebejus argus* wykorzystuje ich pobliże do odpoczynku i wygrzewania się w chłodne dni. Poblże krzewów jest też miejscem odpowiednim do łączenia się w pary (DENNIS i SPARKS 2006).

Z drugiej strony, postępująca sukcesja, związana z zaniechaniem ekstensywnego użytkowania łąk, spowoduje, że roślinność na takich łąkach będzie wyższa. Znamiennym przykładem negatywnego wpływu zmian sukcesyjnych na motyle był gwałtowny zanik populacji myrmekofilnego modraszka ario-

na *Maculinea arion*. Motyl ten zamieszkuje murawy kserotermiczne, a jego rośliną żywicielską jest macierzanka *Thymus*. Ochrona ściśła gatunku nie przyniosła zamierzonego skutku. Na wyspach Brytyjskich motyl wyginał z końcem lat 70. XX w. Późniejsze odkrycia wykazały ścisłą zależność występowania motyla od zagęszczania gniazd mrówki wścieklicy *Myrmica sabuleti* w strefie porośniętej przez macierzanki. *Myrmica sabuleti* jest mrówką, w której gniazdach modraszek *arion* może się rozwijać tak, aby jego populacje mogły się utrzymać. Mrówki te są gatunkiem bardzo ciepłolubnym. Wyższa roślinność na opuszczonych łąkach spowodowała obniżenie temperatury przy gruncie, zmniejszenie liczby kolonii *M. sabuleti*, których miejsce zajęły kolonie bardzo podobnego gatunku, charakteryzującego się niższymi wymaganiami temperaturowymi, *M. scabrinodis* (SIELEZNIEW i DZIEKAŃSKA 2010).

Zmiany klimatu są kolejnym, bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na strategię ochrony motyli. Zmiany klimatyczne mogą przede wszystkim prowadzić do rozszerzania się zasięgów gatunków ciepłolubnych na północ i zajmowania przez nie nowych siedlisk, a także do kurczenia się zasięgów gatunków zimnolubnych i przesuwania ich granic ku terenom wyższym (HABEL i współaut. 2011). Czerwończyk *Lycaena dispar* występował kilkadziesiąt lat temu tylko w siedliskach wilgotnych i wykorzystywał rosnące tam gatunki szczawiu (n.p. *Rumex hydrolapathum*), jako swoje rośliny żywicielskie. W ostatnich latach obserwuje się tendencję do przechodzenia tego motyla na inne gatunki szczawiu, takie jak *R. crispus*, *R. obtusifolius* (MARTIN i PULLIN 2004) i *R. confertus*. Motyl, szczególnie w drugim pokoleniu, spotykany jest w siedliskach suchych, a nawet parkach na terenie miast (LINDMAN i współaut. 2015, Kalarus dane niepublikowane). Z drugiej strony, zasięg spokrewnionego motyla *Lycaena helle* zmniejsza się i przesuwają ku zimniejszym, wyżej położonym terenom. Populacje stają się coraz bardziej odizolowane, co prowadzi do silnego ograniczenia wymiany genów pomiędzy nimi. Wykazano, że pomiędzy populacjami motyli z rejonów górskich istnieją wyraźne różnice genetyczne. Dalsze prognozy uwzględniające scenariusze ocieplenia klimatu przewidują zanik klimatycznie odpowiednich obszarów, co spowoduje wyginiecie większości populacji zubożając pulę genową gatunku *L. helle* (HABEL i współaut. 2011).

Rozwój urbanizacji i związanej z nią sieci dróg, to również bardzo duże zagrożenie dla owadów. Rozwój zabudowy prowadzi do zniszczenia terenów występowania wielu gatunków. Powstawanie sieci dróg powoduje

śmiertelność motyli, wynikająca z kolizji z pojazdami. Motyle są najczęściej znajdowaną grupą owadów zabitych przez pojazdy (RAO i GIRISH 2007). Duża część motyli dziennych występuje na poboczach dróg i jest narażona na takie kolizje (MUNGUIRA i THOMAS 1992).

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania można uświadomić sobie, że nawet pozornie niewielkie zmiany w środowisku życia zwierząt wywierają wyraźny wpływ na ich zachowanie, historie życiowe, fizjologię i mają konsekwencje dla długotrwałego utrzymania się zarówno metapopulacji pojedynczych gatunków, jak i całych złożonych ekosystemów. Dlatego skuteczna ochrona przyrody wymaga prowadzenia badań naukowych, rozwijania społecznej świadomości dziedzictwa przyrodniczego i konieczności ochrony przyrody oraz zastosowania różnych metod i działań ochronnych.

PODSTAWOWE PRZEDSIĘWZIĘCIA OCHRONNE

Planowanie działań ochronnych i gospodarowanie terenem w skali krajobrazu.

Poznanie historii życiowych gatunków wskaźnikowych, parasolowych, a także wszystkich wymagających ochrony.

Określenie wymogów siedliskowych i niezbędnych zasobów gatunków podlegających ochronie.

Zróżnicowane gospodarowanie w poszczególnych elementach krajobrazu odpowiednie do wymogów chronionych gatunków. Pozwoli to zapewnić miejsca do rozwoju larw, schronienia itd. Jedna strategia gospodarowania dla całego krajobrazu będzie nieskuteczna, a nawet szkodliwa dla organizmów w nim żyjących.

Utrzymanie mozaiki siedliskowej i otoczenia siedlisk motyli w dobrym stanie tak, aby zachowane zostały funkcje ekosystemu i zasoby potrzebne gatunkom. Jest to szczególnie istotne np. dla skalnika driada *Minois dryas* (KALARUS i współaut. 2013).

Utrzymanie konfiguracji krajobrazu w stanie umożliwiającym przemieszczanie się zwierzętom. Dla mało mobilnych modraszków odpowiedni wydaje się system tak zwanych płatów przystankowych (ang. stepping stones). Pomędzy oddalonymi, dużymi płacami znajdują się mniejsze umożliwiające migrację (SKÓRKA 2007).

Rewizja planów ochrony Obszarów Natura 2000 w Polsce.

Wprowadzenie, szczególnie na terenie miast, planów zagospodarowanie przestrzennego uwzględniających cele ochrony przyrody. Bez tych planów pojawia się nieprzemy-

ślana zabudowa, niszcząca siedliska chronionych gatunków zwierząt.

Rotacyjne koszenie (CREMENE i współaut. 2005). Nie wolno jednak używać ciężkiego sprzętu. Najbezpieczniejsze jest koszenie w sposób tradycyjny, kosą. W przypadku łąk wilgotnych, na których żyją modraszki *Maculinea*, należy kosić fragmenty płątów raz na 2-3 lata późną jesienią (JOHST i współaut. 2006). Koszenie jest konieczne, aby utrzymać bogactwo gatunkowe łąk, jak też, by zapobiec inwazji obcych gatunków roślin (SKÓRKA i współaut. 2007).

Koszenie inwazyjnych nawłoci wczesnym latem, zanim zakwitną.

Usuwanie nadmiaru krzewów porastających łąki poprzez dokładne wycięcie wraz z fragmentami korzeni.

Zachowanie odpowiednich stosunków wodnych na łąkach wilgotnych poprzez poprowadzenie właściwej melioracji, by nie dopuścić do ich osuszenia.

Prowadzenie monitoringu liczebności populacji chronionych gatunków i stanu środowiska. Można wykorzystać metodę capture-mark-recapture polegającą na chwytaniu osobników, znakowaniu ich i wypuszczeniu na wolność. Dla oszacowania stanu środowiska można użyć takie miary jak pokrycie łąki przez rośliny inwazyjne, krzewy, rośliny żywicielskie owadów.

Wypracowanie planów ochrony poboczy dróg.

Zapobieganie pożarom łąk.

Zabezpieczenie terenów chronionych przed uprawianiem w nich sportów motocrossowych, które przyczyniają się do niszczenia roślinności i siedlisk zwierząt.

STRESZCZENIE

Motyle są modelową grupą zwierząt w badaniach z zakresu ochrony przyrody i ekologii krajobrazu. Wiele gatunków motyli zostało rozpoznanych jako gatunki wskaźnikowe lub parasolowe. Zainteresowanie motylami dało początek ochronie owadów i ochronie krajobrazu. W artykule przedstawiam współczesne zagrożenia dla bioróżnorodności na przykładzie motyli jako grupy modelowej. Wyjaśniam koncepcję fragmentacji siedlisk i pojęcie siedliska, których rozumienie jest niezbędne aby podejmować skuteczne akcje ochrony zagrożonych gatunków. Opisuję jak kształtuje się odpowiedź motyli na zmiany w środowisku wywołane przez człowieka i podaję zarys praktycznych działań dotyczących ochrony bioróżnorodności. Najtrudniejszym zadaniem dla biologów zajmujących się ochroną przyrody jest określenie komponentów wchodzących w skład siedlisk kluczowych gatunków. Istnieją dwa główne podejścia. Pierwsze wynika z klasycznej teorii metapopulacji i zakłada, że siedlisko jest niejednolicie rozmieszczone w krajobrazie jako płyty siedliska otoczone nieprzyjnym środowiskiem zwanym matriks. Drugie podejście wywodzi się z koncepcji siedliska opartego na zasobach, która uwzględnia wszystkie możliwe zasoby potrzebne w czasie całego cyklu życiowego gatunku. Głównym i globalnym problemem w ochro-

nie motyli jest fragmentacja siedlisk, która prowadzi do zmian w konfiguracji krajobrazu. Innymi zagrożeniami są zmiany w intensywności użytkowania gruntów, inwazje obcych gatunków roślin i zmiany klimatu. Zrozumienie tych zjawisk jest niezbędne dla efektywnej ochrony gatunków, zarówno w skali płatu siedliska jak i skali krajobrazu.

LITERATURA

- AVIRON A., KINDLMANN P., BUREL F., 2007. *Conservation of butterfly populations in dynamic landscapes: The role of farming practices and landscape mosaic*. Ecol. Model. 205, 135-145.
- CONCEPCION E. D., DIAZ M., BAQUERO R. A., 2008. *Effects of landscape complexity on the ecological effectiveness of agri-environment schemes*. Landsc. Ecol. 23, 135-148.
- CREMENE C., GROZA G., RAKOSY L., SCHILEYKO A. A., BAUR A., ERHARDT A., BAUR B., 2005. *Alterations of steppe-like grasslands in Eastern Europe: a threat to regional biodiversity hot-spots*. Conserv. Biol. 19, 1606-1618.
- DEBINSKI D. M., HOLT R. D., 2000. *A survey and overview of habitat fragmentation experiments*. Conserv. Biol. 14, 342-255.
- DENNIS R. L. H., 2010. *A Resource-Based Habitat View for Conservation: Butterflies in the British Landscape*. Wiley-Blackwell, UK.
- DENNIS R. L. H., SPARKS T. H., 2006. *When is a habitat not a habitat? Dramatic resource use changes under differing weather conditions for the butterfly *Plebejus argus**. Biol. Conserv. 129, 291-301.
- DENNIS R. L. H., SHREEVE T. G., VAN DYCK H., 2003. *Towards a functional resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint*. Oikos 102, 417-426.
- DENNIS R. L. H., SHREEVE T. G., VAN DYCK H., 2006. *Habitats and resources: the need for a resource-based definition to conserve butterflies*. Biodivers. Conserv. 15, 1943-1966.
- DOVER J., SETTELE J., 2009. *The influences of landscape structure on butterfly distribution and movement: a review*. J. Insect Conserv. 13, 3-27.
- DRISCOLL D. A., BANKS S. C., BARTON P. S., LINDENMAYER D. B., SMITH A. L., 2013. *Conceptual domain of the matrix in fragmented landscapes*. Trends Ecol. Evol. 28, 605-613.
- FAHRIG L., 2003. *Effects of habitat fragmentation on biodiversity*. Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst. 34, 487-515.
- FAHRIG L., MERRIAM G., 1994. *Conservation of fragmented populations*. Conserv. Biol. 8, 50-59.
- FOLEY J. A., DE FRIES R., ASNER G. P., BARFORD C., BONAN G., CARPENTER S. R., CHAPIN F. S., COE M. T., DAILY G. C., GIBBS H. K., HELKOWSKI J. H., HOLLOWAY T., HOWARD E. A., KUCHARIK, C. J., MONFREDA C., PATZ J. A., PRENTICE I. C., RAMANKUTTY N., SNYDER P. K., 2005. *Global consequences of land use*. Science 309, 570-574.
- GIBBS M., VAN DYCK H., 2010. *Butterfly flight activity affects reproductive performance and longevity relative to landscape structure*. Oecologia 163, 341-350.
- GILPIN M., HANSKI I., 1991. *Metapopulation dynamics: empirical and theoretical investigations*. Academic Press, London.
- HABEL J. C., RÖDDER D., SCHMITT T., NÈVE G., 2011. *Global warming will affect the genetic diversity and uniqueness of *Lycaena helle* populations*. Global Change Biol. 17, 194-205.
- HALL L. S., KRAUSMAN P. R., MORRISON M. L., 1997. *The habitat concept and a plea for standard terminology*. Wildlife Soc. Bull. 25, 173-182.
- HANSKI I., OVASKAINEN O., 2000. *The metapopulation capacity of a fragmented landscape*. Nature 404, 755-758.
- HANSKI I., GAGGIOTTI O. E., 2004. *Ecology, genetics and evolution of metapopulations*. Academic Press, USA.
- HILL J. K., THOMAS C. D., LEWIS O. T., 1996. *Effects of habitat patch size and isolation on dispersal by *Hesperia comma* butterflies: implications for metapopulation structure*. J. Anim. Ecol. 65, 725-735.
- JOHST K., DRECHSLER M., THOMAS J., SETTELE J., 2006. *Influence of mowing on the persistence of two endangered large blue butterfly species*. J. Appl. Ecol. 43, 333-342.
- JOYAL L. A., MCCOLLOUGH M., HUNTER JR. M. L., 2001. *Landscape ecology approaches to wetland species conservation: a case study of two turtle species in Southern Maine*. Conserv. Biol. 15, 1755-1762.
- KALARUS K., SKÓRKA P., NOWICKI P., 2013. *Resource use in two contrasting habitat types raises different challenges for the conservation of the dryad butterfly *Minois dryas**. J. Insect Conserv. 17, 777-786.
- LANG A., THEISSEN B., DOLEK M., 2013. *Standardised methods for the GMO monitoring of butterflies and moths: the whys and hows*. BioRisk, 8, 15-38.
- LINDMAN L., REMM J., SAKSING K., SÖBER V., ÖUNAP E., TAMMARU T., 2015. **Lycaena dispar* on its northern distribution limit: an expansive generalist*. Insect Conserv. Divers. 8, 3-16.
- MARTIN L. A., PULLIN A. S., 2004. *Host-plant specialisation and habitat restriction in an endangered insect, *Lycaena dispar batavus* (Lepidoptera: Lycaenidae) II. Larval survival on alternative host plants in the field*. Europ. J. Entomol. 101, 57-62.
- MOROŃ D., GRZEŚ I. M., SKÓRKA P., SZENTGYÖRGYI H., LASKOWSKI R., POTTS S. G., WOYCIECHOWSKI M., 2012. *Abundance and diversity of wild bees along gradients of heavy metal pollution*. J. Appl. Ecol. 49, 118-125.
- MUNGUIRA, M. L., THOMAS J. A., 1992. *Use of road verges by butterfly and burnet populations, and the effect of roads on adult dispersal and mortality*. J. Appl. Ecol. 29, 316-329.
- NOWICKI P., PEPKOWSKA A., KUDŁEK J., SKÓRKA P., WITEK M., SETTELE J., WOYCIECHOWSKI M., 2007. *From metapopulation theory to conservation recommendations: lessons from spatial occurrence and abundance patterns of *Maculinea* butterflies*. Biol. Conserv. 140, 119-129.
- NOWICKI P., HALECKI W., KALARUS K., 2013. *All natural habitat edges matter equally for endangered *Maculinea* butterflies*. J. Insect Conserv. 17, 139-146.
- PRIMACK R. B., 2002. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates, Sunderland.
- RAO R. S. P., GIRISH M. K. S., 2007. *Road kills: assessing insect casualties using flagship taxon*. Curr. Sci. 92, 830-837.
- RENETZEDER C., SCHINDLER S., PETERSEIL J., PRINZ M. A., MUCHER S., WRBKA T., 2010. *Can we measure ecological sustainability? Landscape pattern as an indicator for naturalness and land use intensity at regional, national and European level*. Ecol. Indic. 10, 39-48.
- SCHTICKZELLE N., BAGUETTE M., 2003. *Behavioural responses to habitat patch boundaries restrict dispersal and generate emigration-patch area*

- relationships in fragmented landscapes. *J. Anim. Ecol.* 72, 533-545.
- SCHTICKZELLE N., MENNECHEZ G., BAGUETTE M., 2006. Dispersal depression with habitat fragmentation in the bog fritillary butterfly. *Ecology* 87, 1057-1065.
- SETTELE J., HENLE K., BENDER C., 1996. *Metapopulation und Biotopverbund: Theorie und Praxis am Beispiel von Tagfalter und Reptilien*. Zeitschrift Ökologie und Naturschutz 5, 187-206.
- SHREEVE T. G., DENNIS R. L. H., ROY D. B., MOSS D., 2001. An ecological classification of British butterflies: ecological attributes and biotope occupancy. *J. Insect Conserv.* 5, 145-161.
- SIELEZNIEW M., DZIEKAŃSKA I., 2010. *Motyle dzienne*. MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- SIELEZNIEW M., DZIEKAŃSKA I., STANKIEWICZ-FIEDUREK A. M., 2010. Multiple host-ant use by the predatory social parasite *Phengaris* (=Maculinea) arion (Lepidoptera, Lycaenidae). *J. Insect Conserv.* 14, 141-149.
- SKALSKI T., STONE D., KRAMARZ P., LASKOWSKI R., 2010. Ground beetle community responses to heavy metal contamination. *Baltic J. Coleopterol.* 10, 1-12.
- SKÓRKA P., 2007. *Strategie przemieszczania się osobników w lokalnych populacjach myrmekofilnych motyli Maculinea teleius i M. nausithous (Lepidoptera: Lycaenidae)*. Uniwersytet Jagielloński, rozprawa doktorska, Kraków.
- SKÓRKA P., SETTELE J., WOYCIECHOWSKI M., 2007. Effects of management cessation on grassland butterflies in southern Poland. *Agricult. Ecosys. Environ.* 121, 319-324.
- STAMPS J. A., KRISHNAN V. V., REID M. L., 2005. Search costs and habitat selection by dispersers. *Ecology* 86, 510-518.
- THOMAS J. A., 1995 a. The conservation of declining butterfly populations in Britain and Europe: priorities, problems and successes. *Biol. J. Linnean Soc.* 56, 55-72.
- THOMAS J. A., 1995 b. The ecology and conservation of *Maculinea arion* and other European species of Large blue butterfly. [W:] *Ecology and conservation of butterflies*. PULLIN A. S. (red.). Chapman and Hall, London 180-197.
- TURLURE C., VAN DYCK H., SHTICKZELLE N., BAGUETTE M., 2009. Resource-based habitat definition, niche overlap and conservation of two sympatric glacial relict butterflies. *Oikos* 118, 950-960.
- VAN SWAAY C. A. M., 2002. The importance of calcareous grasslands for butterflies in Europe. *Biol. Conserv.* 104, 315-318.
- VANREUSEL W., VAN DYCK H., 2007. When functional habitat does not match vegetation types: A resource-based approach to map butterfly habitat. *Biol. Conserv.* 135, 202-211.
- WITEK M., ŚLIWIŃSKA E. B., SKÓRKA P., NOWICKI P., WANTUCH M., VRABEC V., SETTELE J., WOYCIECHOWSKI M., 2008. Host ant specificity of large blue butterflies *Phengaris* (Maculinea) (Lepidoptera: Lycaenidae) inhabiting humid grasslands in East-central Europe. *Europ. J. Entomol.* 105, 871-887.

KOSMOS Vol. 65, 3, 445-453, 2016

THE CHALLENGES TO MODERN NATURE CONSERVATION – BUTTERFLIES AS A MODEL GROUP

KONRAD KALARUS

Institute of Environmental Sciences, Jagiellonian University, Gronostajowa 7, 30-387 Kraków, e-mail: klaus.vk5@gmail.com

Summary

Butterflies are a model group of animals in studies of conservation biology and landscape ecology. Many butterfly species are recognized as biodiversity indicators and umbrella species. The interest in butterflies was a foundation stone in insect conservation and landscape management. In this paper, I present the contemporary threats to biodiversity with butterflies as an exemplary model group. I explain the concepts of the habitat and habitat fragmentation, which understanding is necessary for successful conservation actions. I review the response of butterflies to the human-induced changes in the environment and propose practical conservation recommendations. The most difficult task for conservation biologists is to determine what is a habitat of the target species. There are two main approaches. The first arises from the classic metapopulation theory and it assumes that habitat is patchily distributed in landscape and habitat patches are surrounded by the inhospitable environment called matrix. The second approach is a resource-based habitat concept that considers all possible species requirements into account. The main global problem in conservation of butterflies is habitat fragmentation which leads to changes in configuration of landscape and habitat patches. Other major conservation issues are changes in the land use intensity, invasion of alien plants and climate change. An understanding of these phenomena is essential to efficient conservation of species both at the habitat patch and landscape scales.