

**AUTOREFERAT PRZEDSTAWIAJĄCY  
OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

**dr inż. Paweł Sienkiewicz  
Katedra Entomologii i Ochrony Środowiska  
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu**

**Poznań 2019**

**1. Imię i Nazwisko:** Paweł Sienkiewicz

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:**

**2003** - doktor nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa, Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza w Poznaniu; tytuł pracy doktorskiej: „Struktura zgrupowań epigeicznych biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) łąk okresowo zalewanych w dolinie środkowego biegu Warty”. Promotor: prof. dr hab. Janusz Nowacki. Recenzenci: prof. dr hab. Andrzej Leśniak, prof. dr hab. Barbara Wilkaniec.

**1998** – magister inżynier leśnictwa, Wydział Leśny, Akademia Rolnicza w Poznaniu; tytuł pracy magisterskiej: „Struktura zgrupowań epigeicznych biegaczowatych (Carabidae Erichson, 1897; Coleoptera) leśnych środowisk Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego - Wiejkowski Las i okolic”. Promotor: dr inż. Andrzej Łabędzki.

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:**

Od 2.04.2002 r do 30.09.2006 – starszy referent techniczny w Katedrze Entomologii oraz Katedrze Ochrony Środowiska;

Od 01.10.2006 do chwili obecnej - adiunkt w Katedrze Entomologii i Ochrony Środowiska.

**4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):**

**a) Tytuł osiągnięcia naukowego:**

**Zgrupowania biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) muraw kserotermicznych  
wschodniego skraju Nizy Środkowoeuropejskiego**

Osiągnięcie naukowe stanowi rozprawa naukowa opublikowana jako książka, na łamach cyklu wydawniczego Polish Entomological Monographs.

Recenzenci wydawniczy: prof. dr hab. Oleg Aleksandrowicz, prof. dr hab. Piotr Tryjanowski.

**b) Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe:**

**SIENKIEWICZ P. 2019.** Carabid communities (Coleoptera, Carabidae) of xerothermic grasslands of the eastern edge of Central European Plain. Biodiversity – Ecology – Valorisation. Polish Entomological Monographs, vol. 18, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Polish Entomological Society, pp. 1- 195.

ISBN 978-83-7160-925-1,

**punkty MNiSW - 80**

**c) Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania:****Wprowadzenie** (wykaz cytowanych publikacji podano na końcu Autoreferatu)

Proces kształtowania się współczesnej fauny Polski rozpoczął się około 20 tys. lat p.n.e., w okresie ostatniego postglacjału, tj. krótko po ustąpieniu maksymalnego zasięgu lądolodu (PAWŁOWSKI 1991). Najintensywniejsze przemiany fauny i flory nastąpiły w holocenie, początkowo bez istotnego wpływu działalności człowieka. Znaczące, i z czasem coraz bardziej niszczycielskie, oddziaływanie człowieka na przyrodę rozpoczęło się w Europie w neolicie (MARUSZCZAK 1991). Nasilenie negatywnego oddziaływania człowieka na otaczającą go przyrodę obserwuje się szczególnie w czasach współczesnych (w Polsce szczególnie od XIX wieku po lata 90-te zeszłego stulecia). Było to związane ze skokowym wzrostem zaludnienia i realizacją potrzeb coraz liczniejszej rozwiniętej populacji. Człowiek zaczął potrzebować coraz większej przestrzeni do produkcji żywności, na osadnictwo i komunikację. Nie można tu pominąć zjawisk związanych z rozwojem technologicznym, jak np. emisja zanieczyszczeń, coraz większa ilość odpadów, w tym ksenobiotyków, zapotrzebowanie na energię realizowane poprzez eksploatację paliw kopalnych i wycinkę lasów. Konsekwencją takich działań jest utrata różnorodności biologicznej oraz fragmentacja siedlisk (PULLIN 2004). Stosunkowo niedawno problem ten zaczął być dostrzegany również przez polityków (*Konwencja o różnorodności biologicznej*) oraz przez społeczeństwa co wyraża się, zrozumieniem potrzeby ochrony bioróżnorodności oraz jeszcze lepszego poznania prawideł rządzących funkcjonowaniem przyrody. Wyrazem tego są działania zmierzające do ochrony siedlisk, które tracimy. Często również takich, których istnienie związane było z oddziaływaniem sił przyrody, np. pożary lasów, powodzie, a których oddziaływanie znacznie ograniczyliśmy chroniąc nasze interesy. Dzisiaj istnienie tych siedlisk zależy od imitujących naturalne procesy zabiegów ochrony czynnej. Do takich silnie zagrożonych elementów przyrodniczych w Europie należą sucholubne łąki, a wśród nich murawy kserotermiczne (JANSSEN i in. 2016). Z uwagi na to, iż charakteryzują się one wysoką różnorodnością biologiczną fauny i flory uznawane są często za tzw. „hotspoty” różnorodności biologicznej (BUTAYE I in. 2005, VALKÓ i in. 2016, WILLEMS 1990, WOODCOCK i in. 2005). Znalazło to też swoje odzwierciedlenie w stosunkowo niedawno powstałym unijnym systemie ochrony cennych siedlisk i gatunków „NATURA 2000” (EUROPEAN COMMISSION 2013). W Polsce w ramach tego systemu podlegają ochronie murawy kserotermiczne z klasy *Festuco-Brometea* (kod siedliska: 6210), przy czym za priorytetowe uznaje się te, które są ważnym stanowiskiem storczyków (MRÓZ i BABA 2010). Ochrona takich i podobnych siedlisk jest kluczowym działaniem zmierzającym do ochrony heterogeniczności krajobrazu. Jest to niezwykle istotne dla utrzymania w czasie i przestrzeni trwałych populacji gatunków, interakcji zachodzących między nimi oraz możliwości przemieszczania się (FAHRIG i in. 2011). W tym świetle utrzymanie odpowiedniej mozaiki krajobrazowej w przestrzeni zajętej przez agrocenozy staje się kluczowym zadaniem polityki rolnej i sposobem na minimalizację skutków fragmentacji siedlisk. Działania te powinny być poprzedzone w pierwszej kolejności rozpoznaniem różnorodności biologicznej najcenniejszych pozostałości seminaturalnych siedlisk, do których zaliczają się murawy kserotermiczne.

Uznając, iż biegaczowate są jedną z ważniejszych i częściej badanych rodzin chrząszczy, wykorzystywanych również jako bioindykatory (np. AVGIN i LUFF 2010, CAMERON i LEATHER 2012, KOIVULA 2011, LAROCHELLE i LARIVIÈRE 2003, RAINO i NIEMELÄ 2003), podjęto pierwsze na tak szeroką skalę badania zmierzające do opisu bioróżnorodności chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) północno-zachodniej koncentracji muraw kserotermicznych w Polsce. Jest to również najdalej na wschód wysunięta koncentracja podobnych muraw na Nizinie Środkowoeuropejskiej. Pamiętać też należy, że murawy znajdujące się w sąsiedztwie upraw rolniczych są również ważnymi ostojami dla wielu przedstawicieli Carabidae, które mogą rozwijać się jedynie w miejscach o nienaruszonym środowisku glebowym, gdzie znajdują również miejsca do przezimowania oraz alternatywne źródła pożywienia (FAHRIG 2011, HOLLAND 2002, LEE i LANDIS 2002). Są to też

miejsca występowania specyficznej, kserotermicznej (ksero-termofilnej) karabidofauny (LINDROTH 1949, THIELE 1977, TURIN 2000).

Do tej pory zgrupowania biegaczowatych muraw kserotermicznych na północnym zachodzie Polski nie zostały kompleksowo zbadane, mimo ich ogromnego znaczenia jako wspomnianych „hotspotów” różnorodności biologicznej. To stało się impulsem do podjęcia przez autora prezentowanych badań. Badając murawy kserotermiczne uwzględniono ich różnorodność fitosocjologiczną będącą wynikiem odmiennych uwarunkowań mikroklimatycznych w jakich murawy występują. Wyróżniono murawy kserotermiczne ostnicowe - *Festuco-Stipion* (KLIKA 1931) KRAUSCH 1961 oraz kwietne - *Cirsio-Brachypodium pinnati* HADAČ et KLIKA 1944 em. KRAUSCH 1961. Uwzględniono również zmienność geograficzną muraw obejmując badaniami obszar Dolnej Odry i Dolnej Wisły oraz Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej, który przypuszczalnie stanowi rodzaj łańcuchowego korytarza ekologicznego (PAUL 2010).

### Hipoteza oraz cele badań

Jako główną hipotezę prowadzonych badań przyjęto stwierdzenie, iż murawy kserotermiczne stanowią ważne i różnorodne siedlisko dla zgrupowań biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae), różniąc się przy tym od zgrupowań biegaczowatych innych terenów otwartych.

Aby zweryfikować hipotezę badawczą zrealizowałem następujące cele badawcze:

1. sprawdzenie czy murawy kserotermiczne północno-wschodniej Polski są siedliskiem stenotopowych ginących i rzadkich gatunków Carabidae, przez co zgrupowania tych chrząszczy mogą być bioindykatorami stanu muraw;
2. ustalenie czy ostnicowe i kwietne murawy kserotermiczne zasiedlają odmienne zgrupowania Carabidae;
3. sprawdzenie czy zgrupowania Carabidae muraw kserotermicznych Dolnej Odry i Wisły są do siebie zbliżone pod względem składu gatunkowego i bioróżnorodności, gdyż Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka stanowiła i nadal może stanowić korytarz ekologiczny dla fauny biegaczowatych;
4. dokonanie oceny wpływu na charakterystykę zgrupowań Carabidae muraw wybranych parametrów siedliska, takich jak: wielkość murawy, otoczenie, wystawa i nachylenie stoku, zwarcie roślinności i położenie geograficzne,
5. sprawdzenie, czy stan ochrony muraw kserotermicznych wpływa na bogactwo gatunkowe murawowych Carabidae, szczególnie na występowanie gatunków stenotopowych (kserotermicznych);
6. sprawdzenie, czy zgrupowania muraw kserotermicznych różnią się od zgrupowań zasiedlających swoiste „quasistepy” czyli pola uprawne (głównie te z uprawami zbożowymi).

Przeprowadzone badania to mój oryginalny wkład w poznanie karabidofauny Polski i Europy. Badania muraw kserotermicznych obejmowały również gatunki chronione polskim prawem oraz były zlokalizowane w wybranych rezerwach przyrody, na co autor niniejszego opracowania uzyskał stosowne zezwolenia od organów administracji państwowej.

### Omówienie uzyskanych wyników

**Ad.1.** Sprawdzenie czy murawy kserotermiczne północno-wschodniej Polski są siedliskiem stenotopowych ginących i rzadkich gatunków Carabidae, przez co zgrupowania tych chrząszczy mogą być bioindykatorami stanu muraw.

Zebrany przez zemnie materiał badawczy obejmował 160 gatunków Carabidae co stanowi aż 30% gatunków biegaczowatych stwierdzanych w Polsce i około 2/3 w regionie. Z muraw kwietnych

wykazałem 136 gatunków, a z muraw ostnicowych 134. Na badanych murawach kserotermicznych stwierdziłem występowanie licznych gatunków stenotopowych – kserofilnych, które stanowiły trzon zgrupowań Carabidae. Wśród nich gatunki, które można uznać za rzadkie walory przyrodnicze w tej części Europy. Korzystając z czerwonych list gatunków zagrożonych w Niemczech i Polsce (PAWŁOWSKI i in. 2002, SCHMIDT i in. 2016) do grupy tej zaliczyłem: *Amara curta*, *A. lucida*, *A. tibialis*, *A. tricuspidata*, *Broscus cephaloters*, *Calathus cinctus*, *Cymindis angularis*, *Harpalus autumnalis*, *H. calceatus*, *H. caspius*, *H. flavicornis*, *H. hirtipes*, *H. honetsus*, *H. modestus*, *H. serripes*, *H. servus*, *H. solitarius*, *H. xanthopus*, *Lebia cruxminor*, *L. cyanocephala*, *Licinus depressus*, *Masoreus wetterhallii*, *Olisthopus rotundatus*, *Ophonus melletti*, *O. puncticollis*, *O. azureus*, *O. cordatus*, *O. sabulicola*, *O. stictus*, *Panagaeus bipustulatus*, *Philorizus notatus*, *Poecilus punctulatus*.

W przypadku niektórych rzadkich gatunków Carabidae ustaliłem również nowe granice zasięgu na terenie Polski: północno-wschodnia dla *A. fusca*, *C. angularis*, *H. caspius*, *O. cordatus*, *O. melletti*, zachodnią dla *Laemostenus terricola*, *L. depressus*, *H. autumnalis*, *O. azureus*, *O. laticollis*, *O. sabulicola*, północną dla *H. flavicornis*.

Na szczególną uwagę zasługują również moje obserwacje w odniesieniu do kojarzonego głównie z polami uprawnymi *Carabus auratus*. Jest to też gatunek, który ma w Polsce swoją wschodnią granicę zasięgu, która rozszerza się w ostatnich latach ku wschodowi (TURIN i in. 2003). Wykazałem, że dla *C. auratus* ważnym i naturalnym siedliskiem są murawy kserotermiczne, a te w dolinach rzecznych sprzyjają jego dyspersji. Świadczyć o tym może frekwencja występowania na murawach sięgająca niemal 90% badanych siedlisk oraz znaczny udział w strukturze zgrupowań, przeciętnie 67% na murawach kwiatnych i 38% na murawach ostnicowych. Z tego też względu ten termofilny gatunek w niniejszej pracy zaliczyłem do grupy gatunków kserotermicznych. Zresztą, jak wykazał LINDROTH (1949) powinowactwo europejskich gatunków Carabidae do środowisk kserotermicznych należy wiązać raczej z potrzebą wyższej temperatury rozwoju niż niską wilgotnością siedliska. Ten fakt może wpływać na rozmieszczenie gatunków gdzie indziej mniej kserotermicznych na kserotermach zlokalizowanych tam, gdzie są notowane niższe średnie wartości temperatur. Poza gatunkami ściśle związanymi z badanym typem siedlisk, stwierdziłem również cenne przyrodniczo Carabidae związane z sąsiadującymi, głównie aluwialnymi i przywodnymi siedliskami. Ich obecność na murawach (najczęściej bardzo nieliczna) wynika najpewniej z siły dyspersji i związanymi z tym migracjami. Czynnikiem wpływającym na przemieszczanie się gatunków z dolin rzecznych może być również behavior związany z ucieczką przed wodami powodziowymi (SIEPE 1994) ale być może część gatunków znajduje na murawach dogodne miejsce do prezimowania (ANDERSEN 1968, 2011).

Ze względu na powiązania z suchymi siedliskami na szczególną uwagę zasługują tu dwa bardzo rzadkie gatunki nielotne: *Laemostenus terricola* i *Carabus marginalis*. Pierwszy z nich związany jest z obecnością nor ssaków, gdzie w wielu krajach Europy znajduje dogodne warunki do swojego rozwoju (GRUTTKE 1994). W Polsce i Finlandii gatunek ten jest obecnie silnie związany z domostwami ludzkimi, gdzie zasiedla piwnice z klepiskiem, stare budynki i piekarnie, podczas gdy kiedyś były to jaskinie (PAWŁOWSKI 2004, NIEMELÄ 2001). Odnalezione przed laty (RUTA 2007) stanowisko tego gatunku w okolicy wsi Byszewice (Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka) było do tej pory jedynym stwierdzeniem *L. terricola* na terenie Polski w warunkach naturalnych. Moje badania dowiodły, że ten krytycznie zagrożony gatunek występuje również na murawach kserotermicznych nad Odrą (dziewięć stanowisk) oraz nad Wisłą (dwa stanowiska). Oznacza to, że również w Polsce warunki ekologiczne (przede wszystkim wyższa temperatura) panujące w tych siedliskach pozwalają na jego występowanie poza siedzibami ludzkimi, szczególnie na murawach ostnicowych, które preferował. Oprócz relatywnie wysokiej temperatury, obserwowałem na takich murawach liczne nory ssaków. Sądzę, iż można również ten gatunek o niskiej sile dyspersji uznać za wskaźnikowy m. in. dla muraw kserotermicznych, które zostały najmniej dotknięte procesem fragmentacji siedlisk. Podparciem dla tego stwierdzenia są

badania GRUTKE (1994), który badając powiązania *L. terricola* z norami królików stwierdził jego zanik wraz z niszczeniem siedlisk królika i ich fragmentacją.

*Carabus marginalis* był dotychczas stwierdzany w lasach iglastych północno-wschodniej Polski. Odkryte przeze mnie stanowiska *C. marginalis* na murawach kserotermicznych są pierwszymi tego typu stwierdzeniami w kraju. Choć dotyczy to zaledwie dwóch muraw w Dolinie Wisły (rez. „Góra św. Wawrzyńca” oraz okolice wsi Gruczno) może to być przesłanką do dalszych badań nad rozmieszczeniem *C. marginalis*, który jest gatunkiem rzadkim i prawnie chronionym.

Dla wielu z wymienionych w opracowaniu gatunków prezentowane dane są potwierdzeniem ich występowania po wielu dekadach lub są nowymi stanowiskami w regionie.

Zebrany przeze mnie materiał badawczy z muraw zlokalizowanych w Dolinie Odry, Wisły i w Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej pozwolił na ocenę stanu zachowania muraw przez pryzmat zgrupowań Carabidae oraz sprawdzenie czy zgrupowania Carabidae mogą być przydatne w waloryzacji przyrodniczej tych siedlisk. Oprócz analizy składu gatunkowego posłużyłem się tu również grupami ekologicznymi oraz wskaźnikami Chao-1 i H' oraz SBO.

Na bazie obserwowanych różnic w parametrach zgrupowań Carabidae stwierdziłem, że ich stan zachowania na murawach ostnicowych i kwietnych jest lepszy na stanowiskach położonych na zachodzie. Może to być efektem występowania w krajobrazie struktur stanowiących korytarze ekologiczne dla kserotermicznej karabidofauny oraz ich połączenia z ostojami tej grupy owadów. Wydaje się, iż murawy w zachodniej Polsce mają pod tym względem lepszą sytuację gdyż od ostoi w Turynii przez Niemcy aż po dolinę Dolnej Odry przebiega ciąg siedlisk kserotermicznych i innych suchych, tzw. „otwartych” siedlisk (BfN/BMUB 2013).

W odniesieniu do zastosowania Carabidae w waloryzacji muraw kserotermicznych stwierdziłem, że byłoby to możliwe, szczególnie gdy skoncentrujemy się na najcenniejszych komponentach zgrupowań (gatunkach waloryzujących), a wśród nich na gatunkach kserotermicznych. W analizach posłużyłem się tu punktami przypisywanymi gatunkom w zależności od skali rzadkości. Wykazałem, że murawy ostnicowe są zauważalnie bogatsze, gdyż spotykamy na nich przeciętnie więcej takich gatunków niż na murawach kwietnych. W przypadku obu typów muraw wśród gatunków cennych obserwowałem również te o szerszych lub odmiennych preferencjach ekologicznych. Dla tych ostatnich nie można wykluczyć, że murawy kserotermiczne są przynajmniej okresowo ważnym środowiskiem ich przebywania, np. podczas wylewu rzek, uprawiania pobliskich pól czy w czasie zimowania. Natomiast pod względem ogólnej liczby punktów waloryzacyjnych przypisanych cennym gatunkom murawy nie różniły się między sobą. Dlatego, mimo, że to murawy ostnicowe w większym stopniu przyczyniają się do ochrony gatunków kserotermicznych, uważam, że planując ochronę przyrody w skali lokalnej nie należy ignorować muraw kwietnych.

Z analiz, które przeprowadziłem wynika, że ostatecznie w waloryzacji i monitoringu muraw kserotermicznych wystarczy skoncentrować się na gatunkach kserotermicznych. Tym bardziej, że to właśnie te gatunki powinny najszybciej reagować na niekorzystne zmiany w siedlisku. Podobnie jak to ma miejsce w przypadku motyli (ROSIN i in. 2012) czy innych grup chrząszczy (MAZUR I KUBISZ 2013). Korzystając z wyników prezentowanych badań można uznać, że w północnej Polsce na murawach zachowanych w stanie zadowalającym powinniśmy obserwować przynajmniej przeciętne wartości punktów waloryzacyjnych. Ponadto koncentrując się na aspekcie jakościowym a nie ilościowym upraszczamy proces waloryzacji i możemy pokusić się o przyżyciowe analizy chrząszczy w okresie wiosennego i jesiennego szczytu liczebności. Zmniejszamy tym samym presję na siedlisko.

Przyglądając się rozkładowi punktów waloryzacyjnych jakie uzyskały poszczególne murawy można zauważyć, że murawy zlokalizowane na zachodzie są zdecydowanie wyżej oceniane niż te w Dolinie Wisły. Jednak i w obrębie archipelagów muraw obserwowałem znaczne wahania. Dlatego analizie poddałem również zależność między wynikami waloryzacji a wybranymi, uznanymi przeze mnie za istotniejsze cechami siedlisk. Dodatkowo oceniłem jaki wpływ na zasiedlanie muraw, przez dzisiaj już

rzadkie gatunki, ma koncentracja takich obiektów w terenie, co wyraziłem liczbą muraw jakie badano w pojedynczym kwadracie UTM (10 x 10 km).

Spośród gatunków kserotermicznych w analizie wyodrębniłem też Carabidae o najwyższych preferencjach względem obecności węglanu wapnia w podłożu (kalcyfilnych), a w zasadzie wymagających wyższej akumulacji ciepła (LINDROTH 1949). Wykazałem, że to właśnie ta grupa gatunków obficie występowała na murawach o większej powierzchni siedliska czego nie kompensowała stromość stoku porośniętego przez murawę. Zbyt strome stoki nie sprzyjały występowaniu tej grupy Carabidae. Ogólnie dla cennych gatunków murawowych największe znaczenie miała koncentracja płatów siedlisk. Zatem, dla prawidłowej i skutecznej ochrony muraw kserotermicznych obu typów ważne jest by stanowiły one możliwie duże płaty oraz by stanowiły częsty element krajobrazu rolniczego, połączonego systemem korytarzy ekologicznych, sprzyjających rozprzestrzenianiu się Carabidae siedlisk kserotermicznych. W przeciwnym wypadku stopniowo będziemy tracić różnorodność biologiczną kolejnych unikatowych siedlisk. Wynik ten koresponduje ze znaną w ekologii teorią wysp (MACARTHUR & WILSON 2001, VRIES DE 1994) oraz teorią metapopuacji (HANSKI & GILPIN 1991).

**Ad.2.** Ustalenie czy ostnicowe i kwietne murawy kserotermiczne zasiedlają odmienne zgrupowania Carabidae.

Kwietne i ostnicowe murawy kserotermiczne różnią się pod względem składu florystycznego (MATUSZKIEWICZ 2012) oraz umiejscowienia w krajobrazie. Z tego względu założyłem, że mimo wielu cech zbieżnych, będą się one różnić między sobą składem gatunkowym zgrupowań Carabidae. W rezultacie porównania zgrupowań obu typów muraw kserotermicznych zaobserwowałem występowanie takich różnic, które okazały się statystycznie istotne (NMDS stress=0,19; ANOSIM: R=0,10; p<0,01) lecz na tyle nieostre, bym podziału tego w odniesieniu do zgrupowań Carabidae ostatecznie nie dokonał arbitralnie w oparciu o różnice związane z mikroklimatem muraw. Dokładniejszych danych na temat charakteru stwierdzonych różnic dostarczyła analiza SIMPER, gdzie wskaźnik niepodobieństwa wyniósł 83,54%. Uwzględniając gatunki szczególnie preferujące podwyższoną zawartość węglanów wapnia w podłożu (MÜLLER-MOTZFELD 2004), z murawami kwietnymi bardziej związane były: *Panageus bipustulatus*, *Ophonus puncticolis* oraz *O. azureus*. Na murawach ostnicowych liczniej wystąpiły: *Cymindis angularis* oraz *Ophonus cordatus*. Gatunki te jednak ogólnie niezbyt licznie występowały na murawach i nie stanowiły nigdzie dominantów, w przeciwieństwie do wielu innych kserotermicznych biegaczowatych.

Przyglądając się gatunkom Carabidae, które w największym stopniu przyczyniły się do obserwowanych różnic między zgrupowaniami kwietnych i ostnicowych muraw kserotermicznych, znajdziemy odzwierciedlenie różnic mikroklimatycznych panujących w tych siedliskach. Szczególnie w odniesieniu do pionierskiego charakteru muraw ostnicowych. To pozwoliło mi upewnić się, że uznanie zgrupowań biegaczowatych obu typów muraw za odrębne ma swoje uzasadnienie. Wykazałem, że na murawach kwietnych wyższą abundancją cechowały się Carabidae o szerszych preferencjach w odniesieniu do tzw. suchych muraw, łąk mezofilnych oraz pól uprawnych (np. *Carabus auratus*, *C. cancellatus*, *Poecilus lepidus*, *P. cupreus*, *Ophonus stictus*, *Amara equestris*, *Harpalus rubripes*, *Microlestes minutulus*). Wyjątkiem był *Pterostichus Niger*. Jest on gatunkiem leśnym, który najpewniej zawędrował na murawy z sąsiadujących z nimi lasów lub zakrzewień.

Na murawach ostnicowych, wśród dominantów, stwierdziłem znaczną abundancję Carabidae preferujących środowiska inicjalne, o niskim zwarcu roślinności: *Calathus erratus*, *C. fuscipes*, *Harpalus anxius*, *H. autumnalis*, *H. tardus*, *H. pumilus*, *H. picipennis* oraz *Harpalus rufipes*, który ma nieco szersze preferencje ekologiczne i ogólnie na murawach był gatunkiem niezbyt częstym. Z wyjątkiem ostatniego gatunku, pozostałe wymienione preferują luźne podłoże. Jest to istotny czynnik

szczególnie dla wielu gatunków z rodzajów *Harpalus* czy *Ophonus*, bowiem wiele larw tych owadów żyje w norkach (LINDROTH 1949, THIELE 1977).

Taki charakter różnic między zgrupowaniami Carabidae muraw kserotermicznych sugeruje większą stabilność składu gatunkowego muraw kwiatnych a niestabilność składu gatunkowego muraw ostnicowych jako bardziej inicjalnych (reprezentujących wcześniejsze stadium sukcesyjne). Niemniej analiza zagnieżdżenia zgrupowań (NESTEDNESS) nie potwierdziła mojego przypuszczenia. Może to wynikać z izolacji muraw i w związku z tym osłabienia procesów migracyjnych między murawami (PATTERSON & ATMAR 1986), które zajmują przy tym stosunkowo niewielką przestrzeń i w swym składzie posiadają gatunki o niskiej sile dyspersji.

Postawioną na wstępie hipotezę o odmienności zgrupowań ostnicowych i kwiatnych muraw kserotermicznych można uznać za potwierdzoną. Dalszym elementem opisu różnorodności zgrupowań było ustalenie czy różnice w składzie gatunkowym kwiatnych i ostnicowych muraw kserotermicznych przekładają się na różnice w strukturze grup ekologicznych zgrupowań Carabidae, indeksach bogactwa gatunkowego (Chao-1) i bioróżnorodności ( $H'$ ) oraz w średniej biomasy osobniczej (SBO).

Jak wykazałem wspólną cechą badanych muraw kserotermicznych był m. in. znaczący przeciętny udział gatunków brachypterycznych (około 60% na murawach kwiatnych i 40% na murawach ostnicowych). Taki obraz zgrupowania jest efektem stabilizacji warunków jakie panują na większości muraw (SIGMUND i WALTZBAUER 2007, VENN 2016). W przypadku siedlisk z natury niestabilnych oraz tych o charakterze inicjalnym dominują zwykle gatunki makropteryczne (AUKEMA 1995). Dlatego mogłem stwierdzić, że z punktu widzenia ochrony muraw kserotermicznych należy zwrócić uwagę na stopień stabilizacji siedliska, który może oznaczać niekorzystne zmiany sukcesyjne, a także wynikać z niedostatecznych możliwości migracji. Obserwowane znaczne wahania w proporcji między Carabidae brachypterycznymi a makropterycznymi świadczą o różnej kondycji tych siedlisk, a nadreprezentacja tej grupy ekologicznej często wynikała z dominacji *Carabus auratus* i *C. cancellatus*.

W przypadku muraw kwiatnych ogólnie można powiedzieć, że warunki środowiskowe są bardziej stabilne, powodując przeciętnie wyższy udział gatunków o małej sile dyspersji, co obserwowano też wcześniej (THIELE 1977).

Badane przeze mnie murawy kserotermiczne zdominowane były przez Carabidae należące do tzw. wiosennego typu rozwojowego (przeciętnie w ponad 70%). Jest to cecha wielu siedlisk otwartych, szczególnie o luźnym podłożu i niedostatku wody (THIELE 1977). Grupa ta dominuje też w innych środowiskach ekstremalnych (KINNUNEN i TIAINEN 1999, SIENKIEWICZ i ŻMIHORSKI 2012, THIELE 1977) oraz na mniej żyznych polach uprawnych (np. HURUK 2007, KOSEWSKA i al. 2014). Gatunki należące do jesiennego typu rozwojowego stanowiły w moich badaniach przeważnie mniejszą część zgrupowań. Są one typowe dla siedlisk ustabilizowanych, o mało zmiennych warunkach ekologicznych, np. w lasach (GOBBI & FONTANETO 2008, THIELE 1977).

Pod względem preferencji siedliskowych nie zaobserwowałem znaczących różnic między typami muraw. Zdecydowanie przeważały gatunki terenów otwartych, podobnie jak w wielu innych siedliskach nieleśnych i na polach uprawnych. Wśród tej grupy gatunków znajdują się Carabidae, które można powiązać ze środowiskami stepowymi (LINDROTH 1949). Przewagę tej grupy ekologicznej obserwował też w suchych siedliskach ANDERSEN (2000). Stwierdził on też w faunie takich środowisk nieznaczny udział gatunków litoralnych i leśnych. Te dwie grupy ekologiczne odróżniały zresztą badane przeze mnie murawy kwiatne od ostnicowych. Wyższy udział w/w grup można łączyć nie tylko z otoczeniem murawy przez lasy i zarośla, ale innymi uwarunkowaniami ekologicznymi jakie różnią te dwa typy muraw. Za kluczowe można uznać większe ocienienie podłoża oraz akumulację materii organicznej zwiększającej dopływ biogenów i przez to zdolność do podtrzymywania wilgoci. Jest to efektem niewłaściwie prowadzonej ochrony tych siedlisk (HABEL i in. 2016) oraz wkraczaniem gatunków traw związanych z łąkami świeżymi, jak to obserwowano w przypadku suchych muraw wdmowych (NIJSEN i in. 2001). Te same uwarunkowania mikrosiedliskowe wpływają zapewne na



różnice w proporcjach Carabidae o różnych preferencjach wilgotnościowych. Wynikiem tego jest obserwowany wyższy udział gatunków higrofilnych na murawach kwietnych, przy ogólnej dominacji gatunków kserotermicznych w zgrupowaniach Carabidae obydwu typów muraw. Nie daje się przy tym nie zauważyć przeciętnie wyższego ich udziału na murawach ostnicowych. Na murawach ostnicowych obserwowałem również niemal dwa razy więcej gatunków hemizoofagicznych, z których większość to jednocześnie gatunki kserotermiczne (KOCH 1989, MÜLLER-MOTZFELD 2004). Wiąże się to z jednej strony z dostępnością bogatego zestawu roślin preferowanych przez gatunki odżywiające się nasionami oraz luźnego podłoża ułatwiającego np. gatunkom z rodzajów *Ophonus*, *Metoponus* czy *Harpalus* utrzymanie w norkach ich larw (BRANDMAYER 1990, HONEK i in. 2003, KRZYŻANOVSKIJ 1983, LINDROTH 1949, THIELE 1977).

Duże zoofagi były liczniej reprezentowane na murawach kwietnych (ponad trzykrotnie). Wynika to z wyższego udziału nie tyle dużych gatunków leśnych co dużych drapieżników terenów otwartych – na zachodzie *Carabus auratus*, a na wschodzie *Carabus cancellatus*. Różnice te przekładają się na wartość wskaźnika średniej biomasy osobniczej, który przeciętnie na murawach kwietnych był około dwukrotnie wyższy niż na ostnicowych, sięgając około 225 mg. Ta różnica może wynikać z bardziej zaawansowanego stadium sukcesyjnego muraw kwietnych względem ostnicowych, podobnie, jak ma to miejsce przy zmianach tego wskaźnika w szeregu sukcesyjnym ekosystemów leśnych (SZYSZKO 1983).

Murawy nie różniły się między sobą pod względem wskaźników bogactwa gatunkowego (Chao-1) oraz bioróżnorodności (H').

**Ad.3.** Sprawdzenie czy zgrupowania Carabidae muraw kserotermicznych Dolnej Odry i Wisły są do siebie zbliżone pod względem składu gatunkowego i bioróżnorodności, gdyż Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka stanowiła i nadal może stanowić korytarz ekologiczny dla fauny biegaczowatych.

Parametry muraw cechowały się znaczną zmiennością w obrębie poszczególnych ich typów i lokalizacji, a w zasadzie w obrębie dolin rzecznych, z którą były powiązane. Zróżnicowanie to opisałem osobno dla kwietnych i ostnicowych muraw kserotermicznych, ponieważ charakter tych różnic był nieco odmienny.

#### Kwietne murawy kserotermiczne

W wyniku przeprowadzonej przeze mnie analizy wyróżniłem dwie grupy muraw kwietnych (NMDS stress=0,15; ANOSIM: R=0,37; p<0,001). Jedną grupę tworzyły murawy związane z Doliną Odry i Pradolina Toruńsko-Eberswaldzką, drugą murawy związane z Dolną Wisłą. Po wykonaniu analizy SIMPER określiłem, które gatunki wyższą przeciętną abundancją przyczyniają się istotnie do obserwowanych różnic. Jak wspomniano wcześniej, zgrupowania różniły się abundancją dwóch dużych drapieżników z rodzaju *Carabus*. *C. auratus*, który zwiększa areal występowania w kierunku wschodnim, dominował na murawach pierwszej grupy. Na murawach nadwiślańskich wikaryzował go *C. cancellatus*, który należy do gatunków szeroko rozmieszczonych na terenie Polski (BURAKOWSKI et al. 1973, TURIN & al. 2003). Na murawach kwietnych zlokalizowanych w Dolinie Odry i Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej obserwowałem też wyższy udział innych gatunków związanych z siedliskami kserotermicznymi, które również często występują na polach uprawnych (np. *Calathus fuscipes*, *Harpalus rufipes*, *Harpalus rubripes*, *Amara equestris*, *Poecilus cupreus*). Do najrzadszych gatunków występujących wyłącznie na murawach nadodrzańskich należy *Ophonus stictus*. W Dolinie Wisły zaznaczył się natomiast wysoki udział gatunków preferujących różne siedliska kserotermiczne ale mniej związanych z polami uprawnymi, jak: *Syntomus truncatellus*, *Microlestes minutulus*, eurytopowy *Carabus convexus* oraz leśny *Pterostichus niger*.

Analizując różnice w strukturze ekologicznej zgrupowań wykazałem, że kwietne murawy kserotermiczne nad Odrą i w Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej w wyższym stopniu zachowały swój

kserotermiczny charakter niż te znad Wisły. Świadczą o tym proporcje poszczególnych grup ekologicznych Carabidae. Na murawach z pierwszej grupy odnotowałem większy udział gatunków makropterycznych (niemal dwukrotny), niż na murawach nadwiślańskich, które charakteryzowały się wyższym udziałem gatunków brachypterycznych (około 1,5 raza). Na murawach znad Odry i Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej obserwowano ponad 2 razy wyższy udział biegaczowatych zaliczanych do jesiennego typu rozwojowego, a na murawach nadwiślańskich nieco wyższy, lecz statystycznie istotny, udział gatunków zaliczanych do wiosennego typu rozwojowego. „Archipelagi” kwiatnych muraw różniły się też pod względem gatunków o różnych preferencjach wilgotnościowych. Jedną z istotniejszych różnic jest znacząco wyższy przeciętny udział gatunków kserotermicznych (około 2,5 raza) na murawach z Doliny Odry i Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej w stosunku do muraw znad Wisły. Może to być dodatkowy dowód na lepszy stan zachowania muraw kserotermicznych zachodniej części obszaru badań. O niskich walorach kwiatnych muraw kserotermicznych znad Wisły może też świadczyć wysoki udział gatunków o szerokich preferencjach wilgotnościowych, które w zaburzonych środowiskach konkurują z gatunkami stenotopowymi (CZECHOWSKI 1989, LUKA & al. 1998). Pod względem struktury troficznej obserwowałem na murawach w Dolinie Odry znacząco wyższy udział hemizoofagów. Na murawach znad Wisły spotykamy natomiast znacznie wyższy udział dużych zoofagów. W wyniku tego średnia biomasa osobnicza jest na tych murawach przeciętnie nawet o 100 mg wyższa. Pod względem wskaźników różnorodności gatunkowej (Chao-1) i różnorodności biologicznej ( $H'$ ) kwiatne murawy nie różniły się statystycznie istotnie. Jednak w przypadku muraw należących do pierwszej grupy przeciętna i maksymalna wartość wskaźnika  $H'$  była wyższa.

#### Ostnicowe murawy kserotermiczne

Podobnej analizie poddano murawy ostnicowe i wyróżniono trzy grupy muraw (NMDS=0,18; ANOSIM:  $R=0,46$ ;  $p<0,0001$ ): 1) murawy położone bliżej Doliny Odry (zachodnia część terenu badań), 2) murawy położone na krawędzi Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej (izolowane dwa stanowiska w okolicy Gorzowa Wielkopolskiego), 3) murawy położone na krawędziach doliny Wisły. Różnice w składzie gatunkowym zgrupowań Carabidae potwierdzają częściowo wyniki uzyskane dla muraw kwiatnych pokazując lepszy stan zachowania kserotermicznej karabidofauny na murawach zlokalizowanych w zachodniej Polsce. Przeciętny udział gatunków brachypterycznych, typowych dla siedlisk bardziej ustabilizowanych, był zdecydowanie wyższy na murawach ostnicowych nad Wisłą oraz niezwykle wysoki (przeciętnie 78,11%) na stanowiskach izolowanych w Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej, natomiast gatunki makropteryczne dominowały na murawach nad Odrą. Na wszystkich stanowiskach obserwowano wyższy przeciętny udział gatunków zaliczanych do wiosennego typu rozwojowego (znacznie wyższy przy porównaniu izolowanych muraw z murawami znad Odry). Istotnych różnic nie obserwowano natomiast w udziałach gatunków o różnych preferencjach habitatowych, ponownie z wyjątkiem muraw z Pradoliny, gdzie przeciętnie wyższy był udział gatunków leśnych.

W przypadku preferencji wilgotnościowych pewną odmienną względem muraw ostnicowych wykazywały zgrupowania z Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej, które pod pewnymi względami były jednak bliższe tym znad Odry. Daje się natomiast zauważyć, że zgrupowania Carabidae zasiedlające murawy nadwiślańskie cechuje znaczny udział gatunków o szerokich preferencjach wilgotnościowych, przy przeciętnie około 2-krotnie niższym udziale gatunków kserotermicznych. W konsekwencji murawy znad Odry cechują się przeciętnie wyższym udziałem hemizoofagów, choć różnica ta jest statystycznie nieistotna w porównaniu z murawami znad Wisły. Izolowane murawy ostnicowe są zdecydowanie uboższe w tą grupę ekologiczną. Udział małych zoofagów na murawach w dolinie Odry był również przeciętnie wyższy niż na pozostałych murawach, co jest typowe dla środowisk labilnych, znajdujących się we wcześniejszych stadiach sukcesji lub poddawanych periodycznym stresom (SIENKIEWICZ i ŻMIHORSKI 2012). Ku wschodowi wzrastał natomiast udział w zgrupowaniach dużych zoofagów. Z

uwagi na znaczną liczebność *C. auratus* największy udział procentowy tej grupy ekologicznej odnotowano na murawach ostnicowych w Pradolinie. To przekładało się na wskaźnik średniej biomasy osobniczej (tMIB), którego przeciętna wartość na murawach nad Odrą wynosiła 75 mg, w dolinie Wisły niemal 170 mg a na izolowanych murawach około 340 mg. Zgrupowania Carabidae ostnicowych muraw kserotermicznych nie różniły się pod względem wskaźnika bogactwa gatunkowego (Chao-1). Natomiast wskaźnik różnorodności biologicznej Shanona-Wienera ( $H'$ ) osiągał przeciętnie wyższe wartości na murawach znad Odry, drugie miejsce pod tym względem zajmowały murawy znad Wisły, a izolowane murawy okazały się najmniej bioróżnorodne. Spadek różnorodności biologicznej może w tym przypadku wynikać z fragmentacji siedlisk, co negatywnie wpływa na możliwość migracji gatunków między populacjami (HANSKI i GILPIN 1991).

Uzupełnieniem charakterystyki zgrupowań Carabidae związanych z kwietnymi i ostnicowymi murawami kserotermicznymi jest poznanie ich profilu zoogeograficznego. W obu siedliskach obserwowano znaczący udział elementów o zasięgu zachodnio-palearktycznym (przeciętnie około 46% i 32%, a w skrajnych przypadkach grupa ta dominowała). Wśród nich stwierdziłem gatunki związane z ciepłymi regionami Afryki Północnej i Azji Mniejszej, jak: *Amara fusca*, *Calathus cinctus*, *C. fuscipes*, *Carabus auratus*, *Harpalus caspius*, *H. flavicornis*, *H. honestus*, *Olisthopus rotundatus*, *Ophonus laticollis*, *Ophonus sabulicola* i *Panagaeus bipustulatus* (KOCH 1989, MÜLLER-MOTZFELD 2004.). Są to gatunki specyficzne dla muraw kserotermicznych Europy. Podobnie jak równie silnie reprezentowana grupa gatunków euro-syberyjskich (odpowiednio niemal 40% i ponad 45%, niekiedy ze znaczną dominacją w zgrupowaniach). Z wykazywanych w badaniach gatunków kserotermicznych można tu wymienić: *Cymindis angularis*, *Harpalus serripes*, *H. servus*, *Licinus depressus*, *Ophonus cordatus*, *Poecilus punctulatus*. Kolejną znaczącą grupą były gatunki o szerokim rozprzestrzenieniu czyli transpalearktyczne. Ich udział w zgrupowaniach był jednak niższy (około 12% i 19%). Najszerszy element zasięgowy jakim są gatunki holarktyczne, stanowił na murawach kwietnych 1,6%, a na ostnicowych nieco ponad 2% udziału w zgrupowaniu. Typy muraw różniły się między sobą udziałem gatunków euro-syberyjskich, których udział był około 1,5 raza większy na murawach kwietnych, które zwykle pod względem składu Carabidae bliższe są stepom Azji (VENN i MATALIN 2014). Na murawach ostnicowych obserwowano ponad 1,5 raza większy udział gatunków transpalearktycznych.

Ważnym zagadnieniem jest określenie na ile karabidofauna wykorzystywała lub wykorzystuje badany układ przestrzenny muraw kserotermicznych do migracji (głównie dyspersji). Przyglądając się profilowi zoogeograficznemu zgrupowań Carabidae w ujęciu lokalnym okazuje się, że murawy położone na wschodzie terenu badań i wzdłuż Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej charakteryzują się znacznie wyższym udziałem gatunków o rozmieszczeniu zachodniopalearktycznym. Można to uzasadnić funkcjonowaniem brandenbursko-pomorskiego szlaku migracyjnego (MAZUR & KUBISZ 2013), który do dzisiaj może sprzyjać migracji fauny z ostoi w Turyngii poprzez sieć środowisk kserotermicznych w Niemczech (BfN 2013, MÜLLER-MOTZFELD 2004). Murawy kserotermiczne znad Dolnej Wisły różniły się od pozostałych znaczącym udziałem gatunków euro-syberyjskich, co z kolei sugeruje, iż karabidofauna tego regionu migrowała szlakiem podolskim. Takie zróżnicowanie profilu zoogeograficznego oznaczać może, że Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka nie jest obecnie drożnym szlakiem migracyjnym dla Carabidae. Na podstawie badań nad wybranymi grupami chrząszczy wyraźnie kserotermicznych wysunięto w literaturze przypuszczenie, że fauna ta migrując od południa doliną Wisły napotkała na filtr utrudniający podążanie doliną środkowej Wisły. Wyszło więc wniosek, iż fauna tego terenu mogła być zasilana równoleżnikowo doliną Noteci (MAZUR & KUBISZ 2013). Przyglądając się rozmieszczeniu Carabidae najsilniej związanych z murawami kserotermicznymi Niżu Środkowoeuropejskiego można odnieść wrażenie, że ten szlak migracyjny nie musiał być szczególnie często wykorzystywany. Potwierdzają ten fakt niektóre wyniki moich badań, które uzupełniają dotychczasowe dane literaturowe. Przykładowo *Olisthopus rotundatus* i *Ophonus cordatus* spotykany jest często w dolinie Górnej Wisły oraz Dolnej Odry przy braku stanowisk w dolinie Dolnej Wisły.

*Calathus cinctus* z kolei ma swoje stanowiska w Centralnej Polsce, na północnym-zachodzie oraz nad Dolną Odrą i Dolną Wisłą. *Laemostenus terricola* występuje głównie na południu Polski (Dolina Górnej i Środkowej Wisły) ale też w dolinie Dolnej Odry i Wisły oraz na jednym stanowisku w Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej (RUTA 2007). *Amara fusca* występuje głównie na zachodzie kraju, w tym w dolinie Dolnej Odry. *Harpalus caspius* jest niezwykle rzadkim gatunkiem odnotowywanym wcześniej w rejonie Górnej i Środkowej Wisły i na jednym stanowisku w dolinie Dolnej Odry. *Harpalus flavicornis* odnotowany został w dolinie Dolnej Odry oraz na Notecią (przed Kanalem Bydgoskim). *Ophonus azureus*, *Licinus depressus* i *Cymindis angularis* występują w rejonie wyżynnym południowo-wschodniej i środkowej Polski oraz na kilku stanowiskach wzdłuż całego terenu badań. Nie jest zatem jednoznaczne (choć wydaje się logiczne) czy Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka była ważnym szlakiem migracyjnym dla biegaczowatych z doliny Dolnej Odry i Dolnej Wisły. Przypuszczam, ten „pomost” częściej wykorzystywany jest obecnie, o czym może świadczyć rozszerzanie się zasięgu *Carabus auratus* m in. wzdłuż Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Poza tym niektóre gatunki kserotermiczne mogą znajdować swoje miejsca ostożowe i migrować przez tereny silnie zurbanizowane (VENN i in. 2013), których jak wiadomo w przeszłości nie było.

Aby ocenić czy zgrupowania Carabidae na skrajach obszaru badań korzystają obecnie z Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej jako korytarza ekologicznego pomocne mogą się okazać badania struktury ekologicznej zgrupowań. Z przedstawionych w opracowaniu różnic w tej strukturze można wyciągnąć pośrednio wniosek, że fauna ta kształtowała się w odmienny sposób.

Uzyskane przeze mnie wyniki pokazują spodziewany wpływ szlaków migracyjnych na strukturę zgrupowań Carabidae. Fakt, iż jest ona pod względem zoogeograficznym i ekologicznym regionalnie zróżnicowana może potwierdzać, że Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka nie jest istotnym szlakiem migracyjnym dla biegaczowatych muraw znad Odry i Wisły, co wcześniej sugerowano. Być może ma to jakiś związek z działalnością człowieka, który poprzez swoją gospodarkę doprowadził do zaniku wielu środowisk kserotermicznych na krawędziach Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Być może niegdyś „bezzeczny” odcinek Pradoliny, przed wybudowaniem Kanalu Bydgoskiego, stanowił również filtr migracyjny, jak ten w Dolinie Wisły (MAZUR & KUBISZ 2013). Takich filtrów mogło być zresztą więcej w postaci rozlewisk Ujścia Warty czy bardziej zalesionych po czasy współczesne terenów na wschód od wsi Santok (BREYMER 1991). Uważam, że warto w przyszłości rozwiązać ten problem w oparciu o badania genetyczne.

**Ad.4.** Dokonanie oceny wpływu na charakterystykę zgrupowań Carabidae muraw wybranych parametrów siedliska, takich jak: wielkość murawy, otoczenie, wystawa i nachylenie stoku, zwarcie roślinności i położenie geograficzne.

Na obserwowane różnice między typami muraw i w ramach regionów, w których murawy się znajdują, nakładają się czynniki środowiskowe wpływające na mikroklimat muraw oraz możliwość zasilania muraw w faunę mało związaną ze środowiskami kserotermicznymi. Zmienność tych uwarunkowań powoduje, że murawy kserotermiczne charakteryzują się niekiedy znaczną zmiennością składu gatunkowego w obrębie poszczególnych płatów siedlisk. Korzystając z informacji na temat muraw, które pozyskałem w terenie, sprawdziłem czy takie czynniki jak wystawa terenu, powierzchnia siedliska, nachylenie skarpy, odległość od rzeki, stopień zróżnicowania otoczenia murawy, procent pokrycia przez roślinność oraz położenie geograficzne (wysokość i szerokość) wpływają na zgrupowania Carabidae. Tym bardziej, że wpływają one bezpośrednio na warunki ekologiczne panujące na samej murawie, tj. na wilgotność, temperaturę, akumulację materii organicznej, insolację, bogactwo nisz ekologicznych, itp. Analiza RDA wykazała, że Carabidae muraw kserotermiczne w różny sposób reagowały na te czynniki środowiskowe, a niektóre z nich mogły być dla nich obojętne. Poniżej przedstawiam najistotniejsze z punktu widzenia funkcjonowania poszczególnych typów muraw kserotermicznych wyniki moich badań.

### Kwietne murawy kserotermiczne

Dla ukształtowania zgrupowań Carabidae kwietnych muraw kserotermicznych istotnymi okazały się: powierzchnia siedliska, położenie geograficzne, odległość od rzeki.

Ze wzrostem powierzchni badanych muraw malał udział gatunków o małej sile dyspersji (brachypterycznych) a wzrastał udział gatunków dimorficznych. Makropteryczne Carabidae nie reagowały na wzrost powierzchni będąc lepiej przystosowanymi do środowisk otwartych (THIELE 1977). Fakt zmniejszania się udziału gatunków brachypterycznych ze spadkiem wielkością powierzchni murawy należy uznać za korzystny, ponieważ wysoki udział tej grupy w zgrupowaniach oznacza nadmierną stabilizację warunków ekologicznych (VENN 2016) czyli postępującą sukcesję ekologiczną będącą wynikiem niewłaściwej ochrony muraw, np. zaprzestania ekstensywnego użytkowania czy usuwania krzewów lub wypasu zwierząt (HILL i in. 2004, WURTH 2004).

Większa powierzchnia muraw sprzyjała występowaniu gatunków kserotermicznych czyli związanych ze środowiskami otwartymi i tolerującymi wysoką temperaturę oraz niską wilgotność siedliska. Warto zauważyć, że grupą, która zmniejszała swój udział w zgrupowaniu były gatunki eurytopowe (zarówno pod względem siedliskowym jak i preferencji wilgotnościowych). Ze wzrostem powierzchni zajmowanej przez murawę następowała zatem większa specjalizacja zgrupowania. Ma to również swoje konsekwencje dla ochrony muraw kserotermicznych i może oznaczać, że zbyt małe płyty siedlisk mogą łatwo utracić charakterystyczną faunę, podobnie jak to ma miejsce w przypadku innych wysp środowiskowych (MCARTHUR i WILSON 2001). Dodatkowo nasila się tu niekorzystne oddziaływanie strefy brzegowej (HANSKI i GILPIN 1991). Tezę tą może wzmacniać również stwierdzona pozytywna reakcja hemizoofagów i małych zoofagów na zwiększającą się powierzchnię. Wśród pierwszej grupy znajduje się wiele gatunków typowych dla muraw kserotermicznych. Ze wzrostem powierzchni zgrupowania maleje natomiast udział dużych zoofagów. Większe płyty muraw charakteryzowały się też wyższym wskaźnikiem bogactwa gatunkowego (Chao-1).

Większa odległość kwietnej murawy od rzeki wpływała korzystnie na obecność gatunków brachypterycznych przy ujemnej reakcji gatunków o większej sile dyspersji. To może wskazywać na brak sprawnego połączenia takich muraw z korytarzami migracyjnymi, które naturalnie tworzyły się na krawędziach dolin rzecznych i w związku z tym szybszą degradacją karabidofauny takich muraw. Carabidae zaliczane do wiosennego typu rozwojowego również zwiększały swój udział wraz z oddalaniem się od rzeki, co jest o tyle ciekawe, że na murawach oddalonych od siedlisk hydrogenicznych można było spodziewać się podobnego udziału tej grupy ekologicznej jak w sąsiedztwie, gdzie z muraw mogą korzystać gatunki uciekające z terasy zalewowej przed niekorzystnymi warunkami (ANDERSEN 1968). Być może jest to już opisany efekt ucieczki z pól uprawnych i użytków zielonych (CLABE & al. 1993, HOLLAND 2002). Niemniej, dla wielu gatunków murawowych okres wiosenny i wczesnoletni może też okazać się korzystniejszy z powodu uwarunkowań wilgotnościowych (LINDROTH 1949). Murawy oddalone od rzeki charakteryzowały się wyższym udziałem gatunków terenów otwartych. Natomiast nie zaobserwowałem by czynnik ten warunkował występowanie gatunków kserotermicznych. Ze wzrostem oddalenia od rzeki zwiększał się natomiast udział dużych zoofagów, a co za tym idzie średnia biomasa osobnicza (tMIB). Im dalej od rzeki tym wyższy był również wskaźnik bogactwa gatunkowego (Chao-1).

Udział gatunków kserotermicznych związany był również z położeniem geograficznym murawy – wzrastał on ku południowi i zachodowi. Ku zachodowi wzrastał też wskaźnik Chao-1. To również potwierdza wcześniejszą obserwację, iż murawy położone nad Odrą charakteryzują się lepiej zachowaną karabidofauną niż te nad Wisłą.

### Ostnicowe murawy kserotermiczne

Zgrupowania Carabidae ostnicowych muraw kserotermicznych reagowały na takie czynniki jak wystawa i nachylenie stoku, procent pokrycia powierzchni przez roślinność, zmienność otoczenia murawy i szerokość geograficzną. Jest to inny zestaw czynników niż te, które były istotne dla muraw kwiatowych co wynika z odmiennych warunków w jakich tworzą się ostnicowe murawy kserotermiczne.

Jednym z istotniejszych czynników jest procent pokrycia murawy przez roślinność. Roślinność nadmiernie pokrywająca murawę zmienia jej charakter i wskazuje na postępującą sukcesję ekologiczną (HABEL i in. 2019, NIJSEN i in. 2001, SIGMUND i WALTZBAUER 2007, TROST 2004). Skutkuje to wzrostem udziału w zgrupowaniu gatunków brachypterycznych. Zwiększa się też udział gatunków o jesiennym typie rozwojowym, które są częstsze w siedliskach o bardziej ustabilizowanych warunkach ekologicznych. Większe pokrycie murawy przez roślinność nie sprzyja także utrzymaniu gatunków kserotermicznych oraz małych zoofagów. Pociąga to za sobą zwiększenie średniej biomasy osobniczej (tMIB). Równie ważnym czynnikiem okazało się położenie geograficzne. Murawy ostnicowe podlegają ku północy łagodniejszym uwarunkowaniom z powodu większego wpływu klimatu morskiego, co może tłumaczyć obserwowany spadek udziału gatunków charakterystycznych dla muraw kserotermicznych (maleje udział gatunków kserotermicznych a wzrasta udział gatunków o szerokich preferencjach wilgotnościowych, pojawia się też większy udział gatunków brachypterycznych, zmniejsza się udział gatunków terenów otwartych). Większe nachylenie stoku korzystnie wpływało na zgrupowania Carabidae muraw ostnicowych (wyższa temperatura, szybsza utrata wody, erozja stoku). Wyrażało się to większym udziałem gatunków makropterycznych i hemizoofagów. Nie odnotowano natomiast wpływu tego parametru na gatunki kserotermiczne choć intuicyjnie czynnik ten powinien mieć znaczenie. Czynnikiem kluczowym dla ostnicowych muraw kserotermicznych była też wystawa stoku. Zgodnie z przewidywaniami struktura ekologiczna zgrupowań Carabidae była lepiej ukształtowana na stokach o wystawie południowo-zachodniej i południowej. Na takich murawach można spodziewać się wyższego udziału gatunków makropterycznych i preferujących środowiska kserotermiczne. Taka ekspozycja sprzyja również gatunkom hemizoofagicznym.

Zgodnie z koncepcją „spatial landscape heterogeneity” (FHARIG i in. 2011) można spodziewać się wpływu zróżnicowanego otoczenia muraw na bogactwo gatunkowe i różnorodność biologiczną. Tymczasem w moich badaniach okazało się, że czynnik ten w skali lokalnej, dotyczącej bezpośredniego otoczenia płatu siedliska, nie zawsze korzystnie wpływał na strukturę zgrupowań Carabidae. Gdy w otoczeniu murawy pojawiały się inne siedliska (np. leśne lub zakrzewienia) na murawie wzrastał udział gatunków brachypterycznych i leśnych (spora grup gatunków leśnych to gatunki brachypteryczne), a także zaliczanych do jesiennego typu rozwojowego, których wyższy udział również nie jest typowy dla sucholubnych siedlisk. Jest to zapewne, przy małej powierzchni płatów siedliska, efekt brzegowy (HANSKI i GILPIN 1991). Obserwowałem również wzrost udziału gatunków kserotermicznych przy spadku udziału hemizoofagów. Z drugiej strony gatunki kserotermiczne mogą korzystać w okresach najcięższej suszy z pobliskich, ocienionych siedlisk (LINDROTH 1949), co obserwowałem wyraźnie w przypadku *Carabus auratus* (mat. niepublikowane). Znaczące jest natomiast to, że różnorodne otoczenie muraw mogło wpłynąć na niższy wskaźnik bogactwa gatunkowego zgrupowań na murawie (Chao-1).

**Ad.5.** Sprawdzenie czy stan ochrony muraw kserotermicznych wpływa na bogactwo gatunkowe murawowych Carabidae, szczególnie, na występowanie gatunków stenotopowych (kserotermicznych).

Nie baw znaczenia dla kserotermicznych Carabidae zasiedlających murawy kwiatowe było wprowadzenie ochrony prawnej, która powinna być ochroną czynną, nastawioną na utrzymanie odpowiedniego stadium sukcesji siedliska. Wykazałem, że murawy kwiatowe objęte ochroną prawną charakteryzowały się wyższym udziałem gatunków terenów otwartych i kserotermicznych. Oznacza to, że prowadzone od niedawna zabiegi konserwatorskie na murawach niechronionych (BARAŃSKA 2014, BAŁA 2004) powinny znacznie poprawić strukturę zgrupowań zamieszkujących je Carabidae. Pewnym

zaskoczeniem może być większa średnia biomasa osobnicza gatunków odnotowanych na murawach chronionych. Być może jest to efekt zmiany podejścia do ochrony muraw kserotermicznych w ostatnich latach (BARAŃSKA 2014), w stosunku do sytuacji gdy murawy pozostawiano wcześniej samym sobie (KUŚKA 1981, 2006). Wyraźny wpływ ochrony prawnej obserwowałem w zasadzie w odniesieniu do muraw kwietnych, co można wytłumaczyć faktem, iż większość muraw ostnicowych ujętych w opracowaniu była już chroniona. Poza tym murawy ostnicowe częściej są poddawane zabiegom ochrony czynnej nawet gdy nie są jeszcze prawnie chronione.

**Ad.6.** Sprawdzenie czy zgrupowania muraw kserotermicznych różnią się od zgrupowań zasiedlających swoiste „quasistepy” czyli pola uprawne (głównie te z uprawami zbożowymi).

Inne środowiska otwarte mogą stanowić środowiska tymczasowe dla fauny kserotermicznej. Z informacji zawartych w literaturze wynika, iż dotyczyć to może szczególnie upraw zbożowych, z którymi murawy często sąsiadują (HOLLAND 2002, THIELE 1977). Zwłaszcza, że część fauny zasiedlającej murawy kserotermiczne występuje też na polach uprawnych Azji, szczególnie w rejonie stepów (BESPALOV i in. 2017, VENN i MATALIN 2014). Z tego powodu dokonałem porównania zgrupowań Carabidae muraw kserotermicznych z szeregiem pól uprawnych bazując w drugim przypadku na własnych, niepublikowanych materiałach oraz danych literaturowych. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdziłem, że nie są to jednak zgrupowania zbyt do siebie zbliżone składem gatunkowym zasiedlających je Carabidae (ANOSIM:  $R=0,48$ ;  $p<0,001$ ). Świadczył o tym również wskaźnik niepodobieństwa zgrupowań obu typów ekosystemów, który wyniósł aż ponad 92% (analiza SIMPER). Przypuszczam, że jest to efekt obserwowanego od lat na terenie Europy ubożenia pól uprawnych w gatunki, m. in. biegaczowatych (HOLLAND i LUFF 2000). Wyraża się to również znacząco wyższym wskaźnikiem różnorodności biologicznej ( $H'$ ) oraz bogactwa gatunkowego (Chao-1) na zbadanych przeze mnie murawach kserotermicznych, niż na polach uprawnych. Różnice te potęguje fakt, iż dla 44 gatunków waloryzujących, badane murawy kserotermiczne okazały się ważnym siedliskiem. Na murawach cechowały się one wyższą abundancją niż na polach bądź w uprawach polowych nie były w ogóle stwierdzane. Tym samym potwierdziłem przyjętą hipotezę roboczą, że murawy kserotermiczne stanowią siedliska wyraźnie odrębne od pól uprawnych. Są zatem ważnym i niezastąpionym elementem warunkującym wyższą różnorodność biologiczną, także w krajobrazie rolniczym.

### Podsumowanie

Przeprowadzone przeze mnie badania udowodniły, że również dla szeregu gatunków Carabidae naturalne i półnaturalne ostoje w postaci muraw kserotermicznych badanej części Niżu Środkowoeuropejskiego, są wyjątkową przestrzenią, której utrzymanie w krajobrazie jest współcześnie konieczne i ważne dla ochrony różnorodności biologicznej. Potwierdziłem hipotezę, że murawy kserotermiczne północno-wschodniej Polski nadal są siedliskiem stenotopowych, rzadkich i ginących gatunków Carabidae oraz, że ich zgrupowania mogą być bioindykatorami stanu muraw. Od stanu muraw zależy obecność przede wszystkim najcenniejszych komponentów zgrupowań jakimi są gatunki kserotermiczne. Wykazano, że kwietne i ostnicowe murawy kserotermiczne stanowią odrębne, choć zazębiające się zgrupowania Carabidae. Zgrupowania w ramach poszczególnych typów muraw różnią się regionalnie, a Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka nie jest, i być może nie była, szlakiem intensywnej migracji gatunków między koncentracją muraw w Dolinie Dolnej Odry i Dolnej Wisły. Fauny obydwu regionów mogły bowiem natrafić na filtr migracyjny w postaci stosunkowo nielicznych muraw kserotermicznych na jej krawędziach. Wydaje się, iż współczesne rozmieszczenie antropogenicznie ukształtowanych siedlisk może wzmocnić znaczenie Pradoliny jako szlaku migracyjnego.

Jakość zgrupowań, skład gatunkowy oraz struktura ekologiczna Carabidae muraw zależą od wielu czynników środowiskowych siedliska. Do istotniejszych i ważnych z punktu widzenia ochrony

muraw można zaliczyć powierzchnię, nachylenie i wystawę stoku, pokrycie murawy przez roślinność oraz koncentrację podobnych środowisk w terenie. Hipotezę o znaczeniu ochrony prawnej dla jakości zgrupowań Carabidae udało się potwierdzić częściowo, w odniesieniu do muraw kwiatnych. Wynika to zapewne z faktu, że większość badanych muraw ostnicowych jest już prawnie chroniona. Poza tym istotny przy tym jest sposób prowadzenia ochrony czynnej. Potwierdzono też hipotezę o odmienności zgrupowań Carabidae muraw kserotermicznych od zgrupowań pól uprawnych.

#### **Możliwość praktycznego zastosowania wyników**

Uzyskane wyniki badań, a szczególnie wiedza na temat występowania gatunków kserotermicznych (stenotopowych), może być wykorzystana do waloryzacji przyrodniczej muraw kserotermicznych. Opisany aktualny stan zgrupowań Carabidae muraw oraz czynniki wpływające na ich jakość można zastosować w planowaniu ochrony przyrody oraz do oceny prowadzonych działań zmierzających do utrzymania w krajobrazie rolniczym muraw kserotermicznych jako ważnych elementów ochrony różnorodności biologicznej w ramach zrównoważonego rozwoju. Szeroko przeprowadzona analiza zgrupowań Carabidae muraw kserotermicznych pozwala stwierdzić z całą pewnością, że aby skutecznie ochronić ich karabidofaunę należy:

- a) objąć ochroną prawną możliwie duże fragmenty muraw, również przez podniesienie rangi ochrony już istniejących obiektów oraz zwiększenie chronionej powierzchni;
- b) prowadzić na tych powierzchniach planowane zabiegi ochrony czynnej;
- c) w pierwszej kolejności obejmować ochroną kompleksy muraw na krawędziach dolin rzecznych;
- d) odtwarzać sieć łańcuchowych korytarzy ekologicznych umożliwiających migrację fauny i flory.

W przypadku ostnicowych muraw kserotermicznych można ponadto postulować, że dla ich lepszej ochrony należy też:

- a) nie dopuszczać do nadmiernego zwarcia roślinności tak by pozostawały płaty odkrytej gleby (np. poprzez ekstensywny wypas);
- b) skoncentrować działania ochronne na murawach o średnim i wyższym nachyleniu stoku i o wystawie południowo-zachodniej i południowej, nie tracąc z pola widzenia muraw o innych parametrach, które mimo to mogą stanowić lokalnie cenne ostoje kserotermicznej karabidofauny.

#### **5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych z elementami życiorysu naukowego**

Moje zainteresowania naukowe mają swoje źródło w czasach wczesnoszkolnych, gdy pod wpływem rodziny zainteresowałem się owadami rozpoczynając tworzenie pierwszej kolekcji entomologicznej. To zainteresowanie wspierane przez późniejsze kontakty ze środowiskiem naukowym z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (wtedy Akademia Rolnicza) oraz Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza coraz intensywniej rozwijało się. W tym czasie (okres liceum) zacząłem uczestniczyć w pracach Polskiego Towarzystwa Entomologicznego, a moje zainteresowania badawcze skoncentrowały się na chrząszczach (Coleoptera), ze szczególnym uwzględnieniem rodziny biegaczowatych (Carabidae). Interesujące mnie aspekty naukowe dotyczące głównie chrząszczy (wybiórczo też pajączaków i innych grup owadów) obejmują faunistykę i zoogeografię, ochronę różnorodności biologicznej, ekologię, gatunki inwazyjne, powiązania biegaczowatych z gregarynami (Protista: Gregarinasina) jako pasożytami wewnętrznymi bezkręgowców oraz, w ostatnich 10 latach, możliwością zastosowania pro-przyrodniczych praktyk w szeroko rozumianym rolnictwie ekologicznym. W moim dorobku naukowym mogę wyodrębnić następujące obszary badawcze:



- 1) Badania faunistyczne oraz z zakresu różnorodności biologicznej i jej ochrony ze szczególnym uwzględnieniem chrząszczy.
- 2) Gatunki obce i inwazyjne – rozmieszczenie z elementami ekologii.
- 3) Biegaczowate w strukturze troficznej ekosystemu oraz inne badania z zakresu ekologii Carabidae.
- 4) Utrzymanie różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym.
- 5) Powiązania biegaczowatych (Carabidae) z gregarynami (Gregarinasina).

**Ad.1. Badania faunistyczne oraz z zakresu różnorodności biologicznej i jej ochrony ze szczególnym uwzględnieniem chrząszczy.**

W tym zakresie tematycznym moich badań, prowadzonych we współpracy z innymi naukowcami oraz amatorami entomologii wyróżniam pięć kierunków. Pierwszy z nich dotyczy badań nad rozmieszczeniem wybranych grup chrząszczy (Coleoptera) ze szczególnym uwzględnieniem biegaczowatych (Carabidae) oraz wybranych grup pluskwiaków i pajęczaków. W publikacjach na ten temat podałem szereg nowych danych na temat występujących głównie w Polsce taksonów, poszerzając w ten sposób wiedzę o ich rozmieszczeniu. W większości prac były to gatunki rzadko spotykane, których rozszedlenie nie było i czasem nadal nie jest dostatecznie zbadane. Przekłada to się z kolei na problemy związane z ich ochroną. Dodatkowym efektem takich badań jest również wypełnianie luk poznawczych ekologii gatunków. Podczas badań faunistycznych udało mi się stwierdzić występowanie nowego dla Polski gatunku *Ophonus diffinis* Dej. (Coleoptera, Carabidae), nowego dla Bułgarii gatunku *Pachycarus ceaneus* (Dej.) (Coleoptera, Carabidae) czy nowego dla Ukrainy *Polistichus connexus* (Geofr.) (Coleoptera, Carabidae). Jedną z istotniejszych w tym względzie prac było też podsumowanie rozmieszczenia oraz opracowanie klucza do oznaczania gatunków z rodzaju *Triplax* (Coleoptera, Erotylidae), wykazanie nowego dla Polski gatunku *Atheta strandiella* (Brundin) (Coleoptera, Staphylinidae), który jest stenotopem na dobrze zachowanych torfowiskach wysokich.

*Publikacje z wykazu dorobku: A.13, D.1, D.2, D.4, D.6, D.7, D.8, D.9, D.10, D.12, D.13, D.19, D.21, D.26, D.28, D.35, D.36, D.38, D.42, D.48, D.39* oraz większość recenzowanych komunikatów naukowych wymienionych na końcu wykazu publikacji.

Drugi zakres moich badań dotyczył opisywania różnorodności biologicznej wybranych grup bezkręgowców (głównie chrząszczy) zasiedlających tereny objęte powierzchniowymi formami ochrony przyrody. Większość z tych badań dotyczy krajobrazu kulturowego, zdominowanego przez agrocenozy, a objęte badaniami struktury tego krajobrazu są ważne dla ochrony jego bogactwa. W ten sposób opracowałem wybrane grupy chrząszczy Obszaru Chronionego Krajobrazu Biedrusko, który obecnie jest elementem obszaru NATURA 2000. Szereg moich publikacji w tym zakresie obejmuje występowania chrząszczy na terenie NATURA 2000 – Rogalińska Dolina Warty, gdzie oprócz chrząszczy (głównie Carabidae) łąk, pobrzeży starorzeczy i zadrzewień w ekstensywnym krajobrazie rolniczym, szczegółowo opracowałem wspólnie z naukowcami z UAM łąki i fragmenty lasów rezerwatu przyrody „Krajkowo”.

W ramach kooperacji z Muzeum Pierwszych Piastów na Lednicy oraz UMCS opracowałem też zgrupowania pajaków i kosarzy wybranych siedlisk na terenie Lednickiego Parku Krajobrazowego. Moje badania obejmowały także wybrane rezerwaty przyrody dostarczając cennych i pierwszych informacji o wielu gatunkach chrząszczy i pajęczaków tam żyjących, co potwierdza znaczenie takich pozostałości seminaturalnych i naturalnych siedlisk dla ochrony różnorodności biologicznej w skali regionalnej. Badałem również wybrane obszary ochrony ścisłej w Wielkopolskim i Świętokrzyskim Parku Narodowym.

*Publikacje z wykazu dorobku: D.5, D.11, D.16, D.17, D.22, D.31, D.39, D.40, D.43, D.45, D.46, D.57, D.61, D.62.*

Trzeci zakres moich badań koncentrował się wokół wybranych chronionych lub zagrożonych wyginięciem gatunków owadów i pajęczaków. Efektem tego są dwa rozdziały w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt opisujące gatunki chrząszczy: *Caroathobyrhulus tatricus* Mroczkowski i *Rhysodes sulcatus* (F.). W osobnych publikacjach podsumowano i uzupełniono o nowe informacje rozmieszczenie i ekologię następujących taksonów: Coleoptera: *Velleius dilatatus* (F.), Araneae: *Atypus* spp., *Eresus kollari* Rossi.

**Publikacje z wykazu dorobku: A.1, D.20, D.27, D.63, D.64.**

Czwarty zakres badań związany jest z zagadnieniami praktycznymi. Jest to przede wszystkim opis metodyki monitoringu *Rhysodes sulcatus* w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, którego opracowanie było możliwe po wcześniejszym przeprowadzeniu badań nad rozmieszczeniem tego gatunku w Polsce. Monitoring ten, który zaowocował opracowaniem metodyki, prowadziłem na zlecenie Instytutu Ochrony Przyrody PAN. Praktykom ochrony przyrody zostało też poświęcone współautorskie opracowanie dendrofilnych chronionych chrząszczy zachodniej Polski. Monografia ta omawia zagadnienia związane z zagrożeniami gatunków, ich ochroną, monitoringiem oraz kompensacją strat wynikających z działalności gospodarczej.

Aspekty praktyczne dotyczą również zagadnień metodycznych wykonywanych inwentaryzacji i choć jest to zagadnienie szersze, to ma ono szczególne znaczenie w odniesieniu do terenów chronionych i wiąże się bezpośrednio z badaniem różnorodności biologicznej. Poświęcone są temu dwie publikacje z moim udziałem. Jedna dotyczy stosowania pułapek glebowych w borach sosnowych z dużym nadkładem ściółki. Druga omawia aspekty związane z możliwościami (w zasadzie niemożliwością) dokonywania pełnej inwentaryzacji oraz znaczenia modeli pomagających ocenić i porównywać bogactwo gatunkowe. W pracy zwrócono uwagę na takie aspekty jak pracochłonność i czasochłonność oraz wielkość zbieranego materiału. Ten ostatni czynnik, gdyby chcieć zmaksymalizować wysiłki inwentaryzacyjne, mógłby okazać się destruktywny dla siedlisk w skali lokalnej. Zatem ważne jest by przy inwentaryzacjach optymalizować wielkość pobieranych prób.

**Publikacje z wykazu dorobku: A.10, D.41, D.52, D.58.**

Piąta grupa zagadnień w moim dorobku publikacyjnym dotyczy ekosystemów leśnych oraz wpływu oddziaływania człowieka na ich składniki. We współpracy z Katedrą Entomologii Leśnej UPP dokonałem analizy wpływu czynników antropogenicznych oraz klimatycznych na różnorodność Carabidae kontynentalnych i subatlantyckich borów sosnowych świeżych. Nieco odrębnym zagadnieniem przeze mnie poruszonym była analiza wpływu gospodarki leśnej na zwierzęta łowne jako element różnorodności biologicznej lasu.

**Publikacje z wykazu dorobku: D.56, D.59, D.60.**

#### **Ad.2. Gatunki obce i inwazyjne – rozmieszczenie z elementami ekologii.**

Za jedno z większych zagrożeń dla różnorodności biologicznej uznaje się współcześnie inwazyjne gatunki zwierząt i roślin. Podczas prowadzonych przez mnie badań po raz pierwszy stwierdziłem w Polsce inwazyjny gatunek kosarza (Arachnida, Opiliones) jakim jest *Odiellus spinosus* (Bosc), który jak pokazały dalsze badania, rozszerza swój zasięg ku wschodowi, wcześniej opanowując inne kraje zachodniej Europy. Drugim badanym inwazyjnym gatunkiem kosarza, który w ostatnich latach mocno rozszerza swój zasięg był *Lacinius dentiger* (C. L. Koch), w odniesieniu do którego wykryto liczne, nowe stanowiska. Jak się okazało obydwie gatunki rozszerzają swój areal nie tylko poprzez środowiska synantropijne ale również wykazywane były w środowiskach bliższym naturalnym, a Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka, poprzez sieć ciepłolubnych siedlisk na jej krawędziach, okazała się ważnym szlakiem obecnej dyspersji. Prawdopodobnie sprzyja temu również równoleżnikowe rozmieszczenie trakcji kolejowej.

Innym, ciekawym aspektem związanym z obecnością w siedliskach gatunków obcych były badania genetyczne prowadzone na środkowoeuropejskiej populacji *Gryllus campestris* L. (Orthoptera,

Gryllidae). W trakcie badań prowadzonych przez interdyscyplinarny zespół wykryliśmy introgresję DNA pokrewnego gatunku o rozmieszczeniu śródziemnomorskim jakim jest *G. bimaculatus* De Geer. Gatunek ten w Europie bywa uwalniany przypadkowo do środowiska z hodowli. Tworzenie takich hybryd znane było z eksperymentów laboratoryjnych a niekorzystnym skutkiem dla rodzimego gatunku (zagrożonego wyginięciem, np. w Niemczech) jest m. in. zmiana behawioru w okresie godowym i przez to słabszy sukces reprodukcyjny. Może to spowodować szybszą ekstynkcję gatunku rodzimego w połączeniu z głównym zagrożeniem jakim są praktyki rolnicze (szczególnie środki ochrony roślin). Introgresje genetyczne w świecie bezkręgowców to niezbyt często poruszane zagrożenie w kontekście gatunków obcych.

Inne aspekty, które poruszałem w moich publikacjach jest funkcjonowanie bezkręgowców inwazyjnych na nowo opanowanych terenach w kontekście „enemy release hypothesis” (ERH), która mówi o niskim porażeniu przez pasożyty gatunków obcych. W tym celu przeprowadziłem badania nad populacją inwazyjnej biedronki *Harmonia axyridis* (Pall.), którą odławiano na śródpolnej fermie wiatrowej ze skupisk przygotowujących się do zimowania owadów. Dokonano oględzin i sekcji chrząszczy pod kątem obecności gregaryn, grzybów, nicieni i roztoczy foretycznych. Obserwowane niskie lub zerowe porażenie populacji przez wymienione grupy pasożytów potwierdziły wspomnianą teorię, mimo, że *H. axyridis* jest obecna w faunie Polski od ponad 10 lat.

Publikacje z wykazu dorobku: **A.3, A.4, D.18, D.24, D.25.**

### **Ad.3. Biegaczowate w strukturze troficznej ekosystemu oraz inne badania z zakresu ekologii Carabidae.**

Biegaczowate jako bardzo ważna z uwagi na swoją liczebność rodzina bezkręgowców od lat stanowią też grupę modelową w badaniach ekologicznych, zmierzających do zrozumienia funkcjonowania ekosystemu oraz reakcji na antropogeniczne i naturalne zaburzenia. Z uwagi na swoją rolę drapieżników a także wyjadaczy nasion roślin, stanowią istotną grupę owadów wspomagającą regulację liczebności szkodników i chwastów. Aby lepiej zrozumieć funkcjonowanie Carabidae w sieci troficznej oraz przybliżyć wiedzę na temat szerokości zajmowanych nisz ekologicznych przeprowadzono badania z wykorzystaniem stabilnych izotopów azotu i węgla. Badania z moim udziałem prowadzono w interdyscyplinarnym i międzynarodowym zespole, któremu przewodniczył dr hab. Marcin Zalewski. Wyniki naszych badań pozwalają na lepsze zrozumienie roli i pozycji troficznej Carabidae w ekosystemach, pokazując złożoność tych zależności w obrębie metapopulacji, jaki między populacjami, a także takimi cechami jak płeć czy zdolność do dyspersji, która to w przypadku Carabidae wiąże się z rozwojem skrzydeł. Dzięki zastosowaniu metod izotopowych dokonano poniższych odkryć:

- na strukturę troficzną biegaczowatych składają się trzy gildie pokarmowe, które częściowo na siebie nachodzą;
- przedstawiciele gildii odżywiają się na różnych piętrach troficznych korzystając z różnych źródeł węgla;
- początek łańcucha troficznego odnajduje się w martwej materii w ramach gildii saprofagożerców, co wcześniej nie było znane;
- gatunki w większości odżywiają się na 2-3 piętrach troficznych, co skutkuje nakładaniem się nisz ekologicznych (wyjątkiem był rodzaj *Pterostichus*);
- badania, którymi objęto 18 wysp na jeziorach Mamry i Wigry oraz 2 powierzchnie lądowe, pozwoliły na porównanie wielu metapopulacji w wyniku czego stwierdzono znaczne zróżnicowanie troficznych nisz ekologicznych w obrębie metapopulacji. Oznacza to pełnienie różnych funkcji w skalach lokalnych i szerokie nisze w skali regionalnej;
- badając polskie i rosyjskie populacje tych samych gatunków Carabidae pod względem różnic w zajmowanych niszach pokarmowych między płciami stwierdzono, iż różnice te (choć subtelne) jednak występują; samice również różniły się pod tym względem w okresach przed i po złożeniu jaj (u gatunków składających jaja wiosną);

- osobniki uskrzydłone charakteryzowały się szerszą niszą ekologiczną od bezskrzydłych. Uzyskane wyniki pokazują również, że hipoteza „troficznej teorii biogeografii wysp” (HOLT 2010, GRAVEL i in. 2011) nie w pełni wyjaśnia uzyskane wyniki w szeroko zakrojonych badaniach i powinna być ponownie przemyślana. Badania nad skomplikowanymi układami troficznymi Carabidae w powiązaniu z badaniami pozostałych poziomów troficznych (roślin oraz pajęczaków) pozwoliły na szerszą weryfikację hipotezy „troficznej teorii biogeografii wysp”. Połączenie aspektów rozmieszczenia zgrupowań w przestrzeni oraz zajmowanej pozycji w strukturze troficznej ekosystemu pozwoliło na potwierdzenie modelu, który przewiduje spadek rotacji gatunków w przestrzeni ( $\beta$ -różnorodność) wraz ze wzrostem poziomu troficznego.

W badaniach nad zależnościami troficznymi Carabidae, dzięki współpracy z prof. Bernardem Stańcem z UMCS, miałem ponadto okazję porównać dane o występowaniu chrząszczy z rodzaju *Dyschirius* (Carabidae) ze związanymi z nimi troficznie (jako źródło pokarmu) chrząszczami z rodzaju *Bledius* (Staphylinidae). Poza nowymi stanowiskami wielu gatunków w regionie stwierdzono współwystępowanie 9 gatunków z rodzaju *Dyschirius* z 18 gatunkami potencjalnych ofiar tych drapieżników. Dla gatunku *Dyschirius globosus* (Herbst) uzyskano pierwsze takie informacje o występowaniu w koloniach kusakowatych z rodzaju *Bledius*. W przypadku kilku pozostałych wykazano kolejne gatunki, z którymi współwystępowały. W ramach współpracy z IUNG w Puławach zebrałem też materiał składający się z różnych gatunków Carabidae pospolicie występujących na polach uprawnych celem zbadania ich diety z zastosowaniem DNA. Uzyskane wyniki są jednak nadal opracowywane.

Z innych zagadnień poruszanych na styku ekologii i gospodarki rolniczej prowadzonej w dolinach rzecznych były badania nad zgrupowaniami Carabidae łąk okresowo zalewanych o różnym stopniu użytkowania co wiązało się również z oddziaływaniem powodzi na zgrupowania tych chrząszczy. Wykazałem w tych badaniach znaczący wpływ powodzi na aspekty jakościowe i ilościowe zgrupowań, a brak tego czynnika negatywnie wpływa na samo zgrupowanie poprzez zmiany w składzie gatunkowym. Giną w takim przypadku gatunki stenotopowe a siedlisko ulega homogenizacji.

W pracy z mim udziałem poświęconej znaczeniu siły dyspersji Carabidae w kolonizacji wysp na jeziorach Mamry i Wigry odkryto, iż gatunki bezskrzydłe, dymorficzne i uskrzydłone różnią się zdolnościami kolonizacyjnymi wysp czyli możliwościami tworzenia na wyspach trwałych populacji. To różnicuje relacje z innymi gatunkami oraz siedliskiem zależnie od zdolności dyspersyjnych. Uzyskane wyniki uzupełniają wiedzę na temat procesu kolonizacji wysp przez biegaczowate.

*Publikacje z wykazu dorobku: A.2, A.5, A.7, A.8, A.9, A.11, A.12, D.44, D.47.*

#### **Ad.4. Utrzymanie różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym.**

Funkcjonowaniu Carabidae i innych bezkręgowców w krajobrazie rolniczym dotyczą w znacznej części osiągnięcia, które przyporządkowałem do pozostałych wymienionych obszarów zainteresowania. W tym punkcie umieściłem dorobek ściślej związany z pro-przyrodniczym (tzw. ekologicznym) podejściem do rolnictwa, który sprzyja utrzymaniu wyższej różnorodności biologicznej oraz korzyści w postaci usług ekosystemowych jakie z tego płyną. Jest to zagadnienie, którym z większym zaangażowaniem zajmuję się od ostatnich kilku lat. Jednym z poruszanych przeze mnie tematów w publikacjach napisanych w ramach współpracy z innymi ośrodkami naukowymi jest zastosowanie pasów kwietnych jako elementu ostoju i źródła pożytecznych organizmów wspomagających produkcję rolniczą. Kolejne publikacje na ten temat jako efekt projektu badawczego zleconego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (projekt nr 6 w wykazie dorobku) znajdują się w przygotowaniu. Kolejne publikacje dotyczą dobrych praktyk rolniczych sprzyjających różnorodności biologicznej poprzez stosowanie zgodnych z wiedzą technik rolniczych oraz pozostawiania środowisk ostoju. Jest to m. in. praktyczne wykorzystanie wiedzy na temat różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym.

Ponadto byłem wykonawcą w trzech projektach zleconych w drodze konkursu przez MRiRW dotyczących stosowania w rolnictwie ekologicznym substancji podstawowych i mikroorganizmów w uprawie ziemniaka i pomidora gdzie oceniałem wpływ tych zabiegów na epigeiczne Carabidae jako elementy pożytecznej fauny. Wyniki tych badań do tej pory przedstawiono jedynie na konferencji a publikacje znajdują się w przygotowaniu.

Publikacje z wykazu dorobku: D.3, D.15, D.50, D.50a, D.51, D.54, D.55.

#### Ad.5. Powiązania biegaczowatych (Carabidae) z gregarzynami (Gregarinasina).

Gregaryny należą do szeroko rozpowszechnionych pasożytów wewnętrznych głównie bezkręgowców. Zwykle nie stanowią śmiertelnego zagrożenia dla swoich gospodarzy lecz mogą osłabiać ich funkcje życiowe oraz, przez uszkodzenie epitelium w przewodzie pokarmowym, otwierać bramy infekcyjne dla innych, bardziej wirulentnych mikroorganizmów. Wyjątkiem są schizogregaryny, które zwykle są letalne dla gospodarzy. W związku z możliwym oddziaływaniem gregarzyn na zgrupowania biegaczowatych podjąłem współpracę z prof. Jerzym J. Lipą z IOR-PIB. W efekcie stażu naukowego gdzie uczyłem się technik badawczych i umiejętności rozpoznawania gregarzyn, stałem się kierownikiem grantu przyznanego w konkursie Komitetu Badań Naukowych pt. „Dynamika i intensywność porażenia biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) przez gregaryny (Sporozoa, Gregarinomorpha) w środowiskach leśnych i agrocenozach (GRANT nr 0787/P01/2006/30)”. W efekcie tych badań opublikowano kilka rozpraw naukowych. Badaniami objęto zgrupowania biegaczowatych zasiedlające lasy, łąki i pola uprawne o zróżnicowanej wilgotności. Wykazano, że typ siedliska ma większe znaczenie dla występowania gregarzyn niż jego uwilgotnienie. Stwierdzono też znacznie wyższą prevalencję w zgrupowaniach zasiedlających tereny leśne, a najmniej ich było w uprawach rolniczych. Te stwierdzenia mogą być o tyle ważne, że wzorzec występowania gregarzyn może być podobny również w przypadku innych grup ekologicznych owadów, w tym szkodników. Pod znakiem zapytania może być zatem rola gregarzyn w regulacji liczebności szkodników na polach uprawnych. W badaniach tych wykazano również zależność występowania gregarzyn od ogólnych preferencji pokarmowych żywicieli. Najsilniej i najczęściej infestacji ulegały duże zoofagi, mniej gregarzyn występowało u małych zoofagów a najmniej w przypadku hemizoofagów. Zatem sposób odżywiania się ma wpływ na występowanie gregarzyn w gospodarzu.

W trakcie badań odkryłem występowanie gregarzyn w dwóch gatunkach biegaczowatych, które są uznawane za szkodniki upraw. Wykazane gatunki pasożytów jednocześnie są nowymi dla fauny Polski. W szkodniku zbóż uprawnych jakim jest *Zabrus tenebrioides* (Goeze), stwierdzono występowanie *Gregarina vizri* Lipa. W porównaniu z danymi z Rosji, w badanej polskiej populacji *Z. tenebrioides* stwierdzono znacznie wyższy poziom infestacji *G. vizri* (12% i 42%). Oznacza to, że pasożyt ten może istotnie wpływać na występowanie swojego gospodarza, który jest najpoważniejszym spośród Carabidae agrofagiem obserwowanym w Polsce. Drugi badany gatunek Carabidae to pospolicie w uprawach *Harpalus rufipes* (Deg.), który może powodować straty ekonomiczne szczególnie w uprawach truskawki (jako agrofag częściej traktowany jest na wschodzie Europy). Stwierdzono, iż również w Polsce jest on żywicielem dla gregaryny *Clitellocephalus ophoni* (Tuz. et. Orm.) jednak wykryty został zaledwie w 1% badanej populacji, gdzie ogółem tylko u 8% osobników stwierdzono gregaryny. Zatem w tym przypadku rola gregarzyn w regulacji liczebności jest wątpliwa.

Dla najczęściej występujących gregarzyn z rodzajów *Actinocephalus* i *Ancyrophora* przeprowadziłem analizę preferencji względem żywiciela oraz analizę dynamiki sezonowej. Było to o tyle interesujące, że gregaryny z tych rodzajów nie współwystępują w jednym osobniku oraz różnią się wielkością ciała. Uzyskane wyniki pozwoliły odkryć takie preferencje – *Actinocephalus* preferował dużych żywicieli, a *Ancyrophora* o średnich rozmiarach ciała. Intensywność prevalencji okazała się również sezonowa, przy czym gregaryny różniły się wzorcem występowania w ten sposób, że *Actinocephalus* najliczebniej obserwowany był wiosną i latem, a *Ancyrophora* latem i jesienią.

Badania nad gregarynami żyjącymi w Carabidae Polski podsumowano również w ujęciu faunistycznym zestawiając własne i literaturowe dane z podaniem listy przebadanych Carabidae oraz zasiedlających je pasożytów.

Badania nad związkami gregaryn i Carabidae oraz innymi grupami bezkręgowców będą miały swoją kontynuację w planowanych w przyszłości eksperymentach.

*Publikacje z wykazu dorobku: D.14, D.30, D.32, D.33, D.37.*

#### Pozostałe publikacje.

W swoim dorobku opublikowanym w recenzowanych czasopismach posiadam szerokie opracowanie historiograficzne dotyczące Polskiego Towarzystwa Entomologicznego (D.34), recenzje istotnej dla badań nad Carabidae monografii dostarczającej cennych informacji o ekologii gatunków i ich rozmieszczeniu w Szwajcarii (D.29) oraz szereg nie wymienionych publikacji stanowiących sprawozdania z posiedzeń Zarządu Głównego PTEnt. oraz organizowanych przez Towarzystwo konferencji. Jestem również współautorem rozdziału monografii dotyczącej hortiterapii, który poświęcono faunie (D.53).

#### **Podsumowanie oraz informacje o pozostałych osiągnięciach.**

Realizacja głównych tematów badań oraz mniej obszernych studiów dała podstawę do napisania 140 publikacji, w tym: 13 w czasopismach z JCR, 49 w czasopismach z listy „B” MNiSW, 3 monografii (włączając w to osiągnięcie naukowe; jedna z monografii została też przetłumaczona na j. angielski), 11 rozdziałów w monografiach (2 w języku angielskim, jeden na ten język dodatkowo przetłumaczony) oraz 64 pozostałych publikacji (doniesienia naukowe, sprawozdania, artykuły popularyzatorskie), z których w wielu jestem pierwszym i wiodącym autorem. Liczba punktów MNiSW według wykazu czasopism naukowych z roku wydania to **743,5** (w tym 80 to osiągnięcie naukowe), a sumaryczny IF – **16,38**. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science to **45**; wg bazy Scopus – **69**. W bazie Web of Science wartość indeksu Hirscha wynosi **4**, w bazie Scopus – **5**.

Mój dorobek obejmuje także doniesienia i komunikaty prezentowane na konferencjach krajowych i zagranicznych. Łącznie brałem aktywny udział w 21 konferencjach krajowych i 8 międzynarodowych, gdzie wygłosiłem 8 referatów w języku angielskim oraz 12 w języku polskim, a także zaprezentowałem wyniki badań w formie posterów.

Byłem organizatorem lub współorganizatorem 2 konferencji międzynarodowych oraz 14 krajowych. Recenzowałam 25 publikacji naukowych (11 razy dla czasopism międzynarodowych oraz 14 razy dla czasopism krajowych). W ramach zdobywania środków na badania naukowe kierowałam GRANTEM przyznany w konkursie KBN na temat dynamiki i intensywności porażenia chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) przez gregaryny (Sporozoa, Gregarinomorpha) w różnych typach środowisk oraz byłem wykonawcą w 4 innych projektach przyznawanych w ramach konkursów MRiRW.

Wykonałem liczne ekspertyzy, z których większość miała charakter naukowy i zakończyła się stworzeniem dokumentacji służącej różnym celom ochrony przyrody. W związku z tym byłem również ekspertem przy monitoringu gatunków NATURA 2000.

W ramach działalności okołonaukowej w sposób wyraźny zaangażowałem się w prace Polskiego Towarzystwa Entomologicznego, gdzie obecnie pełnię funkcje Sekretarza Generalnego w Zarządzie Głównym oraz w redakcji wydawanego przez Towarzystwo recenzowanego czasopisma „Wiadomości Entomologiczne”. Poza tym jestem członkiem European Dry Grassland Group oraz Klubu Przyrodników.

Za swoją działalność naukową czterokrotnie byłem nagradzany przez Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, dwa razy taką nagrodę otrzymałem za działalność organizacyjną. Zostałem

odznaczony „Brazowym Krzyżem Zasługi RP” oraz uhonorowany „Złotą Odznaką Polskiego Towarzystwa Entomologicznego”.

Moja działalność dydaktyczna przejawiała się, oprócz prowadzenia zajęć z licznych przedmiotów, aktywnością w postaci przygotowywania treści oraz kierowania niektórymi przedmiotami prowadzonymi dla studentów I i II stopnia kształcenia. Swoje osiągnięcia naukowe wykorzystywałem też w prowadzeniu zajęć dydaktycznych. Byłem również opiekunem 4 magistrantów i 11 inżynierantów oraz pełniłem funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim. Prowadziłem działalność popularyzatorską obejmująca artykuły popularno-naukowe, pogadanki i warsztaty dla uczniów różnych poziomów edukacji, udzielałem wywiadów do radia i telewizji oraz współtworzyłem wydarzenia popularyzatorskie promujące studia. Włączałem się również aktywnie w prace macierzystego Wydziału poprzez członkostwo w różnych ciałach kolegialnych, a przede wszystkim w Radzie Wydziału oraz Zespole ds. jakości kształcenia na kierunku Architektura Krajobrazu.

### **Piśmiennictwo**

- ANDERSEN J. 2000. What is the origin of the carabid beetle fauna of dry, anthropogenic habitats in western Europe? *Journal of Biogeography*, 27: 795–806.
- ANDERSEN, J. 1968. The effect of inundation and choice of hibernation sites of Coleoptera living on river banks. *Norsk Entomologisk Tidsskrift*, 15: 115-133.
- ANDERSEN, J. 2011. Hibernation sites of riparian ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in Central and Northern Norway. *Norwegian Journal of Entomology*, 58, 111–121.
- AUKEMA B. 1995. The evolutionary significance of wing dimorphism in carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). *Research in Population Ecology*, 37(1): 105-110.
- AVGIN S. S., LUFF M. L. 2010. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators of human impact. *Munis Entomology & Zoology*, 5(1): 209-215.
- BARAŃSKA K. 2014. Podręcznik najlepszych praktyk ochrony kseroterm. CKPŚ, Warszawa.
- BABA W. 2004. The species composition and dynamics in well-preserved and restored calcareous xerothermic grasslands (South Poland). *Biologia (Bratislava)*, 59(4): 447-456.
- BESPALOV A. N., DUDKO R. Y., LYUBECHANSKII J. J. 2017. Population of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in the central part of the Baraba forest steppe (South-West Siberia). *Eurasian Entomological Journal*, 16(3): 283-293.
- BfN/BMUB 2013: Nationaler Bericht Deutschlands nach Art. 17 FFH-Richtlinie, 2013; basierend auf Daten der Länder und des Bundes. Datengrundlage: Verbreitungsdaten der Bundesländer und des BfN. Access: 03-01-2019, URL: [www.bfn.de](http://www.bfn.de).
- BRANDMAYR T. Z. 1990. Spermofagous (Seed-eating) Ground beetles: First Comparison of the Diet and Ecology of the Harpaline Genera Harpalus and Ophonus (Col., Carabidae). (pp. 307-315) [in:] STORK N. E. (ed.): *The Role of Ground Beetles in Ecological and Environmental Studies*. Intercept Ltd., Andover, Hampshire, UK.
- BREYMAYER 1991. 3.9. Ekosystemy. (pp. 159-176) [in:] STARKEL L. (ed.): *Geografia Polski – środowisko przyrodnicze*. PWN Warszawa.
- BURAKOWSKI B., MROCZKOWSKI M., STEFAŃSKA J. 1973. Chrzęszcze – Coleoptera. Biegaczowate – Carabidae, część 1. *Katalog Fauny Polski*, XXIII, 2, Warszawa.
- BUTAYE J. ADRIAENS D., HONNAY O. 2005. Conservation and restoration of calcareous grasslands: a concise review of the effects of fragmentation and management on plant species. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 9(2): 111–118.
- CAMERON K. H., LEATHER S. R. 2012. How good are carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as indicators of invertebrate and order richness? *Biodiversity & Conservation*, 21: 763-779.
- CLABE A., KAPFER A., LUICK R. 1993. Einfluß der Mahd mit Kreisel- und Balkenmäher auf die Fauna von Feuchtgrünlanden. Untersucht am Beispiel von Laufkäfern, Heuschrecken und Amphibien. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 25(6): 217-220.
- CZECHOWSKI W. 1989. Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) of moist meadows on the Mazovian Lowland. *Memorabilia Zoologica*, 43: 141-167.

- EUROPEAN COMMISSION 2013. Interpretation Manual of European Union Habitats, version EUR 28. URL: <http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/>.
- FAHRIG L., BAUDRY J., BROTONS L., BUREL F. G., CRIST T. O., FULLER R. J., SIRAMI C., SIRIWARDENA G. M., MARTIN J.-L. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14: 1010-112.
- GOBBI M., FONTANETO D. 2008. Biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in different habitats of the Italian Po lowland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127: 273-276.
- GRAVEL D., MASSOL F., CANARD E., MOUILLOT D., MOUQUET N. 2011. Trophic theory of island biogeography. *Ecology Letters*, 14: 1010-1016.
- GRUTKE H. 1994. Investigation on the ecology of *Laemostenus terricola* (Coleoptera, Carabidae) in an agricultural landscape. (pp. 145-151) [in:] K. DESENDER, M. DUFRENE, M. LOREAU, M. L. LUFF & J.-P. MEALFAIT (eds): *Carabid Beetles: Ecology and Evolution*. Kluwer Academic Press, Dordrecht.
- HABEL J. C., SEGERER A., ULRICH W., TORCHYK O., WEISSER W. W., SCHMITT T. 2019. Butterfly community shifts over two centuries. *Conservation Biology*, 30(4):754-762.
- HANSKI I. & Gilpin M. 1991. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society*, 42: 3-16.
- HILL B. T., BEINLICH B., BECK L. 2004. Reaktionen der Laufkäferzönose eines brachgefallenen Kalk-Ackers auf extensive Schweinebeweidung. *Angewandte Carabidologie*, Supp. III: 3 - 15.
- HOLLAND J. M., LUFF M. 2000. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews*, 5: 109-129.
- HOLLAND J. M. 2002. Carabid beetles: their ecology, Survival and use in agroecosystems. (pp. 1-40) [in:] J. M. HOLLAND (ed.): *The Agroecology of carabid beetles*. Intercept, Andover, UK.
- HOLT R.D. 2010. Towards a trophic island biogeography: reflections on the interface of island biogeography and food web ecology. (pp. 143-185) [in:] LOSOS J.B., RICKLEFS R.E (eds): *The Theory of Island Biogeography Revisited*. Princeton University Press.] Princeton.
- HONEK A., MARTINKOVA Z., JAROSIK V. 2003. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*, 100: 531-544.
- HURUK S. 2007: *Analiza struktur i aktywności polnych zgrupowań biegaczowatych (Carabidae, Coleoptera) na wybranych typach gleb*. Wyd. Akademii Świętokrzyskiej, Kielce.
- JANSSEN J.A.M., RODWELL J.S., GARCÍA CRIADO M., GUBBAY S., HAYNES T., NIETO A., SANDERS N., LANDUCCI F., LOIDI J., SSYMANK A., TAHVANAINEN T., VALDERRABANO M., ACOSTA A., ARONSSON M., ARTS G., ATTORRE F., BERGMEIER E., BIJLSMA R.-J., BIRET F., BIŢĂ-NICOLAE C., BIURRUN I., CALIX M., CAPELO J., ČARNI A., CHYTRÝ M., DENGLER J., DIMOPOULOS P., ESSL F., GARDFJELL H., GIGANTE D., GIUSSO DEL GALDO G., HÁJEK M., JANSEN F., JANSEN J., KAPFER J., MICKOLAJCZAK A., MOLINA J.A., MOLNÁR Z., PATERNOSTER D., PIERNIK A., POULIN B., RENAUX B., SCHAMINÉE J.H.J., ŠUMBEROVÁ K., TOIVONEN H., TONTERI T., TSIRIPIDIS I., TZONEV R. and VALACHOVIČ M. 2016. *European Red List of Habitats Part 2. Terrestrial and freshwater habitats*. Publications Office of the European Union.
- KINNUNEN H., TIAINEN J. 1999. Carabid distribution in a farmland mosaic: The effect of path type and location. *Annales Zoologici Fennici*, 36(3): 149-158.
- KOCH K. 1989: *Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie*. 2: 1-440.
- KOIVULA M. 2001. Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in boreal managed forests - meso-scale ecological patterns in relation to modern forestry. Academic dissertation, March 2001. University of Helsinki, Faculty of Science, Department of Ecology and Systematics, Division of Population Biology.
- KOSEWSKA A., SKALSKI T., NIETUPSKI M. 2014. Effect of conventional and non-inversion tillage systems on the abundance and some life history traits of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in winter triticale fields. *European Journal of Entomology*, 111 (5): 669-676.
- KRYZHANOVSKIJ O. L. 1983: *Žestkokrylye (Rhysodidae, Trachypachidae, Carabidae) T. I, v. 2, Fauna SSSR 128*. Nauka Leningrad.
- KUŠKA A. 1981. Uwagi o ochronie rezerwatów stepowych na Śląsku. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 37(3): 62-64.
- KUŠKA A. 2006. Ochrona prawna wybranych stanowisk kserotermicznych na Górnym Śląsku i Jurze Krakowsko-Częstochowskiej i jej wpływ na zmiany w koleopterofaunie. *Wiadomości Entomologiczne*, 25 (Supl.) 2: 121-130.



- LAROCHELLE A., LARIVIÈRE M.-C. 2003. A Natural History of the Ground-Beetles (Coleoptera: Carabidae) of America north of Mexico. Pensoft, Sofia-Moscow.
- LEE J.C., LANDIS D. A. 2002. Non-Crop Habitat Management for Carabid Beetles (pp. 279-303) [in:] J. M. HOLLAND (ed.): The Agroecology of carabid beetles. Intercept, Andover, UK.
- LINDROTH C.H. 1949. Die fennoskandischen Carabidae. Eine tiergeographische Studie. 3. Allgemeiner Teil. – Göteborgs Kungl.: Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles, 4: 1–911.
- LUFF M. L. 2002. Carabid assemblage organization and species composition. (pp. 41-80) [in:] J. M. HOLLAND (ed.): The Agroecology of carabid beetles. Intercept, Andover, UK.
- LUKA H., WALTHER B., DURRER H. 1998. Die Laufkäferfauna (Coleoptera, Carabidae) des Naturschutzgebietes "Petite Camargue Alsacienne" (Elsass, F). Mitteilungen Entomologischen Gesellschaft Basel, 48(3): 99-140.
- MACARTHUR R. H., WILSON E. O. 2001. The theory of island biogeography. Princeton, N.J, Princeton University Press.
- MARUSZCZAK H. 1991. Wpływ rolniczego użytkowania ziemi na środowisko przyrodnicze w czasach historycznych. (pp. 190-205) [in:] L. STARKEL (ed.): Geografia Polski – środowisko przyrodnicze. PWN Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ W. 2012. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN, Warszawa.
- MAZUR M., KUBISZ D. 2013. Distribution and migration of xerothermic beetles (Coleoptera) in the Vistula River valley. Monografie Fauny Polski, Vol. 26 [in polish].
- MRÓZ W., BAŁA W. 2010. Murawy kserotermiczne. (pp. 119-129) [in:] W. MRÓZ (ed.): Monitoring siedlisk przyrodniczych. Przewodnik metodyczny. Część I.
- MÜLLER-MOTZFELD G. 2004. Xerotherme Laufkäfer in Deutschland – Verbreitung und Gefährdung. Zeitschrift für Angewandte Carabidologie, Supplement III: 27-44.
- NIEMELÄ J. 2001. Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and habitat fragmentation: a review. European Journal of Entomology, 98: 127-132.
- NIJSSEN M., ALDERS K., VAN DER SMISSEN N. ESSELINK H. 2001. Effects of grass-encroachment and grazing management on carabid assemblages of dry dune grasslands. Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society, 12: 113-120.
- PATTERSON B. D., ATMAR W. 2000. Analyzing species composition in fragments. Bonner Zoologische Monographien, 46: 9-24.
- PAUL W. 2010. Szlaki holocenijskich migracji roślin kserotermicznych na ziemię Polski – przegląd ustaleń i hipotez oraz perspektywy badań. (pp. 55 – 65) [in:] H. RATYŃSKA, B. WALDON (eds.), Ciepłolubne murawy w Polsce – stan zachowania perspektywy ochrony. Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego. Bydgoszcz.
- PAWŁOWSKI J. 1991. Przemiany fauny od pleniglacjału do czasów współczesnych. (pp. 159-176) [in:] L. STARKEL (ed.): Geografia Polski – środowisko przyrodnicze. PWN Warszawa.
- PAWŁOWSKI J. 2004. CR *Aechmites terricola* (HERBST, 1784), Ordo: Coleoptera/Chrzęszcze, Familia: Carabidae/Biegaczowate. (pp. 97-98) [in:] Z. GŁOWACIŃSKI, J. NOWACKI (eds.): Polska czerwona księga zwierząt. Bezkręgowce. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków Akademia Rolnicza, Poznań.
- PAWŁOWSKI J., KUBISZ D., MAZUR M. 2002. Coleoptera – Chrzęszcze. (pp. 88-110) [in:] Z. (ED.): Czerwona Lista Zwierząt Ginących i Zagrożonych w Polsce. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- PULLIN A. S. 2004. Biologiczne podstawy ochrony przyrody. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- RAINIO J., NIEMELÄ J. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. Biodiversity & Conservation, 12: 487-506.
- ROSIN Z. M., MYCZKO Ł., SKÓRKA P., LENDA M., MOROŃ D., SPARKS T. H., TRYJANOWSKI P. 2012. Butterfly response to environmental factors in fragmented calcareous grasslands. Journal of Insect Conservation, 16: 321-329.
- RUTA R. 2007. Chrzęszcze (Insecta: Coleoptera) kserotermicznych Wzgórz Byszewickich w Dolinie Noteci. Nowy Pamiętnik Fizjograficzny, 5(1-2): 49-106.
- SCHMIDT J., TRAUTNER J., MÜLLER-MOTZFELD G. 2016. Rote Liste und Gesamtartenliste der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) Deutschlands. 3. Fassung, Stand April 2015. Naturschutz und Biologische Vielfalt, 70(4): 139-204.
- SIENKIEWICZ P., ŻMIHORSKI M. 2012. The effect of disturbance by river flooding on the ground beetles (Coleoptera, Carabidae). European Journal of Entomology, 109(4): 535-541.

- SIEPE A. 1994: The „Flooding Behaviour” of Carabid Beetles (Coleoptera: Carabidae) in River Floodplains: Ecological and Ethological Adaptations to Periodic Inundations – I: Swimming. *Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere*, 12: 515 – 566.
- SIGMUND E., WALTZBAUER W. 2007. Diversität epigäischer Laufkäfergemeinschaften (Carabidae, Coleoptera) in einem Steinbruch unter Berücksichtigung von Sukzessionsaspekten (Bad Deutsch – Altenberg, WÖ). *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich*, 144: 1-20.
- SZYSZKO J. 1983. State of Carabidae (Coleoptera) fauna in fresh pine forest and tentative valorisation of this environment. *Warszaw Agricultural University Press, Warszawa*.
- THIELE H.U. 1977. Carabid beetles in their environments. a study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour. *Berlin–Heidelberg–New York*.
- TROST V. 2004. Differenzierung der Carabidenfauna von mitteldeutschen Xerothermhabitaten mit besonderer Berücksichtigung Sachsen-Anthals. *Angewandte Carabidologie, Supp. III*: 95-114.
- TURIN H. 2000. De Nederlandse loopkevers. *Verspreiding en Oecologie. (Coleoptera: Carabidae). Nederlandse Fauna 3. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij, Utrecht*.
- TURIN, H., PENEV, L. & CASALE, A. 2003. The genus *Carabus* in Europe. A synthesis. *Pensoft, Sofia and European Invertebrate Survey, Leiden*.
- VALKÓ O., ZMIHORSKI M., BIURRUN I., LOSS J., LABADESSA R., VENN S. 2016. Ecology and conservation of Steppes and Semi – Natural Grasslands. *Hacquetia*, 15(2): 5-14.
- VENN S, MATALIN A. 2014. Carabid beetles of the Russian Steppe. *Bulletin of the European Dry Grassland Group*, 23: 21-23.
- VENN S. 2016. To fly or not to fly: Factors influencing the flight capacity of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology*, 113: 587-600.
- VENN S. J., KOTZE D. J., LASSILA T., NIEMELÄ J. K. 2013. Urban dry meadows provide valuable habitat for granivorous and xerophylic carabid beetles. *Journal of Insect Conservation*, 17:747–764.
- VRIES DE H. H. 1994. Size of habitat and presence of ground beetle species. (pp. 253-259) [in:] K. DESENDER, M. DUFRENE, M. LOREAU, M. L. LUFF, J.-P. MEALFAIT (eds): *Carabida Beetles: Ecology and Evolution*. *Kluwer Academic Press, Dordrecht*.
- WILLEMS J. H. 1990. Calcareous grasslands in Continental Europe. (pp. 3–10) [in:] S.W. HILLIER, D.H.W. WALTON, D.A. WELLS (eds.): *Calcareous Grasslands Ecology and Management*. *Bluntisham Books, Bluntisham, UK*.
- WURTH C. 2004. Auswirkung einer 13jährigen extensiven Beweidung auf die Laufkäferfauna von pannonischen Trockenrasen im Naturschutzgebiet “Hundsheimer Berge” (Niederösterreich). *Angewandte Carabidologie, Supp. III*: 59-66.

