

GRZEGORZ TARWACKI

## Charakterystyka ekologiczno-wskaźnikowa zgrupowań biegaczowatych (*Carabidae*) w ogniskowo-kompleksowej metodzie ochrony lasu

Ecological-indicator characteristics of *Carabidae* communities in centre-complex method of forest protection

### ABSTRACT

Tarwacki G. 2012. Charakterystyka ekologiczno-wskaźnikowa zgrupowań biegaczowatych (*Carabidae*) w ogniskowo-kompleksowej metodzie ochrony lasu. Sylwan 156 (9): 684-694.

In the study, the influence of remises (forest plots of high biodiversity) on abundance of *Carabidae* assemblages is presented. Results were analysed using ecological indices as well as bioindicators. It was obtained that the development of *Carabidae* is going faster in remises than on control plots (forest around remises). The forest species and large zoophages were more frequent in remises than on control plots.

### KEY WORDS

*Carabidae*, pine forest, habitat island, MIB, centre-complex method

### ADDRESSES

Grzegorz Tarwacki – e-mail: G.Tarwacki@ibles.waw.pl

Zakład Ochrony Lasu; Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn

## Wstęp

Na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku powstała koncepcja tzw. „ogniskowo-kompleksowej” metody ochrony lasu [Koehler 1962]. Podstawowym celem jej stosowania w praktyce było skumulowanie możliwie licznych, pozytywnie działających naturalnych składników biocenozy leśnej w pierwotnym ognisku gradacyjnym. Stosowanie tak wielu elementów profilaktycznych (np. remiza leśna, zakładanie mrowisk, zakładanie budek dla ptaków i nietoperzy) ma za zadanie pogorszenie warunków bytowania szkodników przez przekształcenie drzewostanów stanowiących potencjalne, chroniczne ogniska gradacyjne w ośrodki wzmożonego oporu środowiska leśnego. Ważnym celem tworzenia remiz leśnych było zainicjowanie warunków umożliwiających przetrwanie bardziej wymagającym siedliskowo drapieżnym kręgowcom, a zwłaszcza bezkręgowcom.

Jednym z istotnych elementów środowiska leśnego są chrząszcze z rodziny biegaczowatych (*Carabidae*). Grupa ta, zaliczana do fauny epigeicznej, wpływa na stan i funkcjonowanie lasu. Odgrywa również dużą rolę w ekosystemie leśnym w obiegu materii i krążeniu energii [Grüm 1976]. Występowanie określonego gatunku z tej rodziny w ekosystemie wpływa na procesy dekompozycji materii organicznej zachodzącej przy udziale saprofagów będących pokarmem *Carabidae* [Szujecki 2001]. Biegaczowate są również bioindykatorem środowiska, gdyż gwałtownie reagują na wszelkie zmiany zachodzące w ekosystemie leśnym [Leśniak 1993, 1995, 1997, 2003; Schwerk, Szyszko 2010; Szyszko 1983, 1997].

Stan rozwoju sukcesyjnego zgrupowań biegaczowatych w dużej mierze zależy od wieku zamieszkiwanego przez nie drzewostanu. Im drzewostan starszy, tym zgrupowania są bardziej rozwinięte – wzrasta średnia biomasa osobnicza SBO chrząszczy, a udział małych zoofagów oraz hemizoofagów maleje [Szujceki i in. 1983; Szyszko 1983; Skłodowski 1995a]. Najmniejszą wartość SBO osiągają zgrupowania biegaczowatych w uprawach leśnych. Wskaźnik ten może wzrastać systematycznie w kolejnym cyklu produkcyjnym drzewostanu, pod warunkiem zachowania rosnących pod okapem odnowień naturalnych oraz nienaruszenia profilu gleby [Szyszko 1995]. Wielkość SBO jest silnie i dodatnio skorelowana z biomasą makrofauny odpowiedzialnej za rozkład ściółki. Im wyższa wartość SBO, tym większa jest również biomasa makrofauny ściółkowej [Szyszko 1990]. Autor ten stwierdził także, że niska wartość SBO wynika z licznego występowania gatunków o małych rozmiarach ciała, które najczęściej zdolne są do lotu, mają szeroki areal występowania i są również obce dla środowiska leśnego. Natomiast wysoka wartość SBO występuje u gatunków o dużych rozmiarach ciała, niezdolnych do lotu i o małym areale występowania. Są to gatunki typowe dla środowiska leśnego [Szyszko 1990]. Największe bogactwo gatunkowe w trakcie produkcyjnego cyklu drzewostanu sosnowego zgrupowania biegaczowatych osiągają w uprawach założonych na zrębach zupełnych. Na takich powierzchniach dominują gatunki zaliczane głównie do małych zoofagów, które w większości są gatunkami nieleśnymi [Szyszko 1996]. W borach sosnowych wprowadzenie podszytu liściastego pociąga za sobą zmniejszenie bogactwa gatunkowego biegaczowatych oraz wzrost średniej biomasy osobniczej na skutek pojawiania się gatunków o dużych rozmiarach ciała [Szyszko 1991].

Celem pracy było zbadanie tego, czy remizy, jako element ogniskowo-kompleksowej metody ochrony lasu, dzięki zróżnicowaniu gatunków drzew i krzewów mogą „utrzymać” bardziej zaawansowane w rozwoju sukcesyjnym zgrupowania biegaczowatych niż otaczające je drzewostany sosnowe.

## Materiał i metody

Badania prowadzono w latach 1999-2001 w lasach nizinnych na terenie Nadleśnictwa Szczytno (RDLP w Olsztynie) oraz w Puszczy Białej w Nadleśnictwie Nowogród (RDLP w Białymstoku). Powierzchnie badawcze założono w drzewostanach sosnowych w wieku 47-78 lat, rosnących na siedlisku boru świeżego. Na powierzchnię badawczą składała się remiza oraz otaczający ją drzewostan, będący zarazem kontrolą. Wyznaczono trzy warianty wiekowe remiz: I – do 5 lat, II – 10 lat, III – 20 i więcej lat. Każdy wariant wiekowy remiz został powtórzony trzykrotnie. Do odłowu chrząszczy z rodziny biegaczowatych użyto pułapek cylindrycznych Barbera w modyfikacji Szyszko, tzw. pułapki STN [Szyszko 1973].

Odłowione chrząszcze zostały poddane analizie wskaźnikami ekologicznymi [Leśniak 1997; Skłodowski 1995a, b, 1997]. Dokonano podziału na grupy troficzne (duże zoofagi – masa ciała powyżej 200 mg, małe zoofagi – ciężar ciała poniżej 200 mg oraz hemizoofagi – gatunki wszystkożerne), grupy ekologiczne (gatunki leśne, eurytopowe, czyli strefy przejściowej między lasem a terenem otwartym oraz terenów otwartych) i grupy geograficzne (gatunki palearktyczne, holarktyczne oraz europejskie).

Biegaczowate zostały również ocenione wskaźnikiem bioindykacyjnym (SCP – suma cech pozytywnych). Wskaźnik ten jest sumą wskaźników opisujących struktury zgrupowań biegaczowatych. W jego skład wchodzi udział gatunków jesiennych, dużych zoofagów, gatunków leśnych oraz gatunków o wąskim areale występowania. Wskaźnik ten może osiągnąć wartość do 400 jednostek i jest silnie dodatnio skorelowany z wiekiem drzewostanu. Zarówno wskaźnik SCP, jak i SBO tworzą model SCP/SBO służący do przedstawienia i interpretowania różnic pomiędzy

stanem rozwoju sukcesyjnego zgrupowań biegaczowatych zamieszkujących różne środowiska [Skłodowski 2009]. W modelu tym zgrupowania zamieszkujące uprawy i młodniki plasują się w lewym dolnym rogu, czyli w strefie niskich wartości obu wskaźników. Natomiast zgrupowania zamieszkujące bardziej dojrzałe drzewostany cechują wysokie wartości obu wskaźników i dlatego zajmują pozycję w prawym górnym narożniku. Odległości między zgrupowaniami można obliczyć następującą formułą [Skłodowski 2009]:

$$\sqrt{(y_2 - y_1)(y_2 - y_1) + (x_2 - x_1)(x_2 - x_1)}$$

gdzie:

$y_1, y_2, x_1, x_2$  – współrzędne wskaźników bioindykacyjnych SCP i SBO.

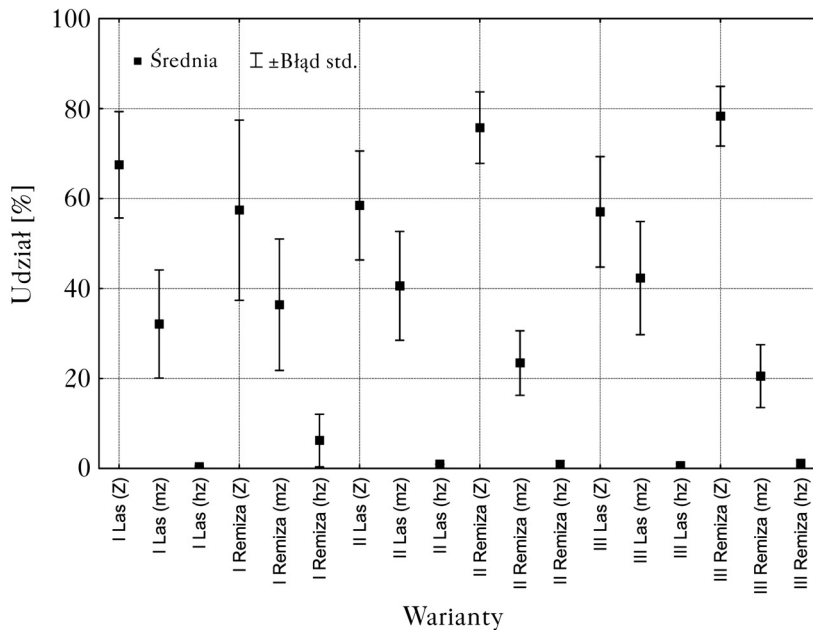
Do zobrazowania i zinterpretowania różnic pomiędzy poszczególnymi zgrupowaniami wykorzystano analizę PCA z programu CANOCO 4.0 [ter Braak, Smilauer 1997]. Analizę tę wybrano po wcześniejszym sprawdzeniu długości gradientu za pomocą analizy DCA. Otrzymana długość poniżej 3 jednostek sugerowała przeprowadzenie analizy liniowej PCA. Wyniki odłowów chrząszczy w poszczególnych wariantach doświadczenia przeliczono na jedną pułapkę. Za pomocą testu Shapiro-Wilka odrzucono hipotezę zgodności danych empirycznych z rozkładem normalnym. Dlatego analizę danych przeprowadzono za pomocą nieparametrycznego testu Kruskala-Wallisa. Obliczenia wykonano w pakiecie Statistica (StatSoft., Inc.).

## Wyniki

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic średnich wartości udziału grup rozwojowych *Carabidae* w poszczególnych wariantach wiekowych zarówno w lesie kontrolnym ( $H=1,55$ ;  $p=0,5611$ ), jak i w remizie ( $H=2,75$ ;  $p=0,2522$ ). Udział gatunków jesiennych w żadnym wariantcie wiekowym w lesie kontrolnym oraz remizie nie był niższy niż 45%. Dominacja gatunków jesiennych w remizach w wariantcie II i III była większa niż w lesie kontrolnym. Udział gatunków jesiennych w kontroli był wyższy tylko w II wariantcie wiekowym. Natomiast udział gatunków wiosennych w remizach i kontroli najwyższy był w I wariantcie wiekowym remiz, a najniższy – w II.

W strukturze troficznej zgrupowań *Carabidae* nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic ani w kontroli ( $H=2,00$ ;  $p=0,3679$ ), ani w remizie ( $H=2,00$ ;  $p=0,3679$ ) (ryc. 1). Porównując las kontrolny z remizą, stwierdzono różnice między dużymi i małymi zoofagami w wariantcie III. Średnia wartość udziału dużych zoofagów w remizie była wyższa niż w lesie kontrolnym. Wśród wszystkich odłowionych osobników w strukturze troficznej *Carabidae* w lesie kontrolnym i w remizie w 55% dominowały duże zoofagi (ryc. 2). Ich udział w remizach wzrastał systematycznie wraz z wiekiem. Największą wartość (81%) zaobserwowano w III wariantcie. W lesie kontrolnym największy udział dużych zoofagów stwierdzono w wariantcie II (64%) i był znacznie wyższy od tego samego wariantu w remizie. W lesie kontrolnym stwierdzono znikomy udział hemizoofagów (ryc. 2). Wystąpiły natomiast liczniej w remizie w wariantcie I. Udział małych zoofagów w remizie ulegał spadkowi wraz z wiekiem, podczas gdy w lesie kontrolnym – wzrastał.

Porównując zmiany średniej wartości udziału grup ekologicznych *Carabidae* w poszczególnych wariantach wiekowych remiz (ryc. 3), nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między remizą a lasem kontrolnym ( $H=2,00$ ;  $p=0,3679$ ). Natomiast istotne różnice między remizą a lasem kontrolnym wystąpiły w I wariantcie wiekowym. Stwierdzono wyższy udział gatunków leśnych w lesie kontrolnym, a gatunków terenów otwartych – w remizie. Udział gatunków leśnych w strukturze ekologicznej biegaczowatych w lesie kontrolnym we wszystkich wariantach wiekowych wyniósł od 94 do 98%. Natomiast w remizach stwierdzono wzrastający z wiekiem udział



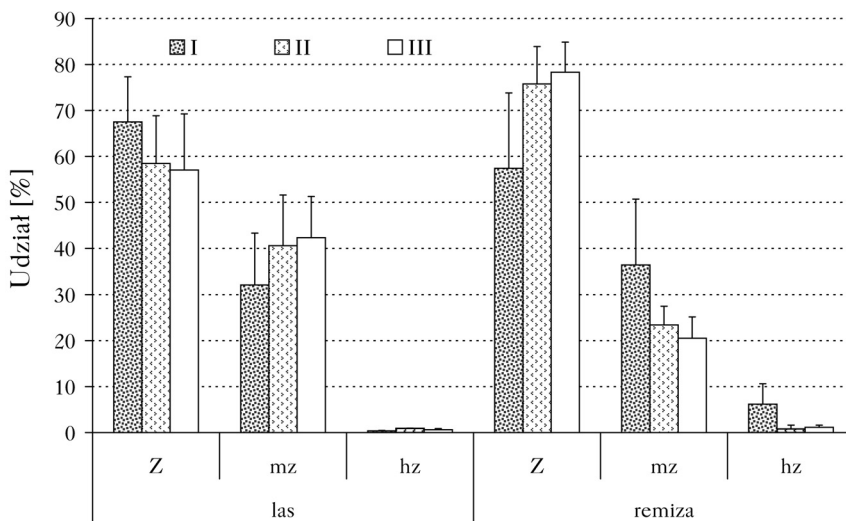
Ryc. 1.

Zmiany średniej wartości udziału grup troficznych *Carabidae* w poszczególnych wariantach wiekowych w remizie i w lesie

Average change of frequency of *Carabidae* trophic groups in age variants in the biodiversity rich forest plots and in the forest around it

I – 5 lat; II – 10 lat; III – 20 i więcej lat; Z – duże zoofagi; mz – małe zoofagi; hz – hemizoofagi

I – 5 years, II – 10 years, III – 20 years and more; Z – large zoophages, mz – small zoophages, hz – hemizoophages



Ryc. 2.

Udział grup troficznych *Carabidae* w poszczególnych wariantach wiekowych w remizie i w lesie

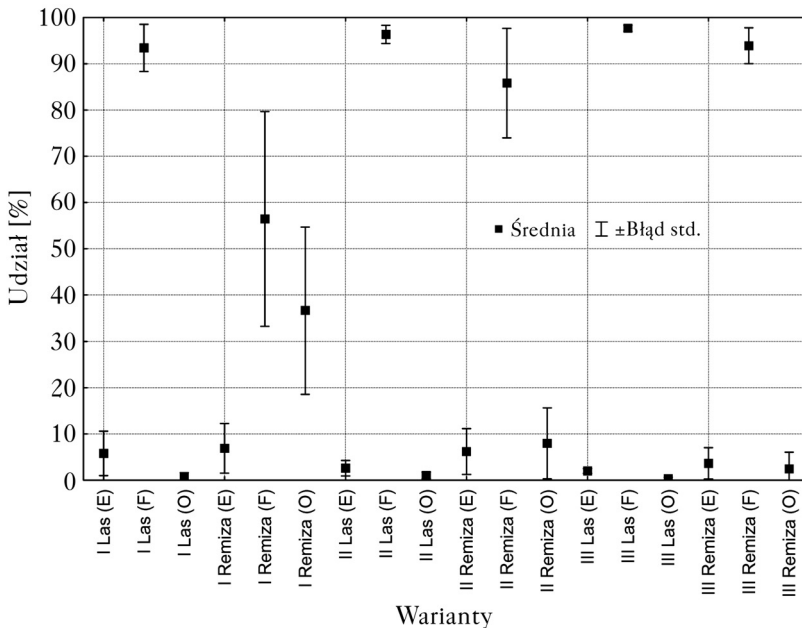
Frequency of *Carabidae* trophic groups in age variants in the biodiversity rich forest plots and in the forest around it

Oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as on figure 1

tej grupy zwierząt. W wariancie wiekowym do 5 lat udział gatunków leśnych wyniósł 53%, jednakże duży odsetek stanowiły gatunki terenów otwartych (40%). Natomiast już w remizach 10-letnich udział gatunków leśnych osiągnął 84%, a w wariancie III – 95%. Gatunki eurytopowe, chociaż występujące zarówno w lesie, jak i w remizie, nie odgrywały istotnej roli (ryc. 3).

W grupach geograficznych zgrupowań *Carabidae* nie udowodniono istotnych statystycznie różnic między lasem kontrolnym a remizą ( $H=2,00$ ;  $p=0,3679$ ). Jednakże w II wariancie wiekowym są zauważalne różnice w grupach palearktycznej i europejskiej. Niemniej jednak nie zostały udowodnione statystycznie i zanikają w III wariancie wiekowym (ryc. 4). Wśród odłowionych biegaczowatych wyodrębniono grupy zoogeograficzne palearktyczne oraz europejskie. W lesie kontrolnym największy udział we wszystkich wariantach wiekowych miały gatunki palearktyczne, podczas gdy w remizie – europejskie (ryc. 5). W remizie udział grupy palearktycznej wzrastał wraz z wiekiem. Udział gatunków europejskich, zarówno w lesie kontrolnym, jak i w remizach, malał wraz z wiekiem, przy czym w lesie osiągnął największą wartość w I wariancie wiekowym remiz, a w remizach – w II.

Największą odległość na wykresie SCP/SBO między parami zgrupowań remiza – las zanotowano w najstarszym wariancie wiekowym (ryc. 6). Znacznie mniejsze odległości między parami zgrupowań uzyskano dla młodszych remiz. Analiza PCA zgrupowań biegaczowatych wskazuje zróżnicowanie ich reakcji w badanych wariantach wiekowych remiz w lesie otaczającym remizy oraz w remizach (ryc. 7). Cztery testowane osie wykresu opisują następujące wielkości wartości własnych: 0,672, 0,251, 0,037 i 0,026. Skumulowana procentowa wariancja gatunków wyjaśnia zmienność pierwszej osi w 67,2%, drugiej – w 92,3%, trzeciej – w 95,9%, a czwartej – w 98,5%.

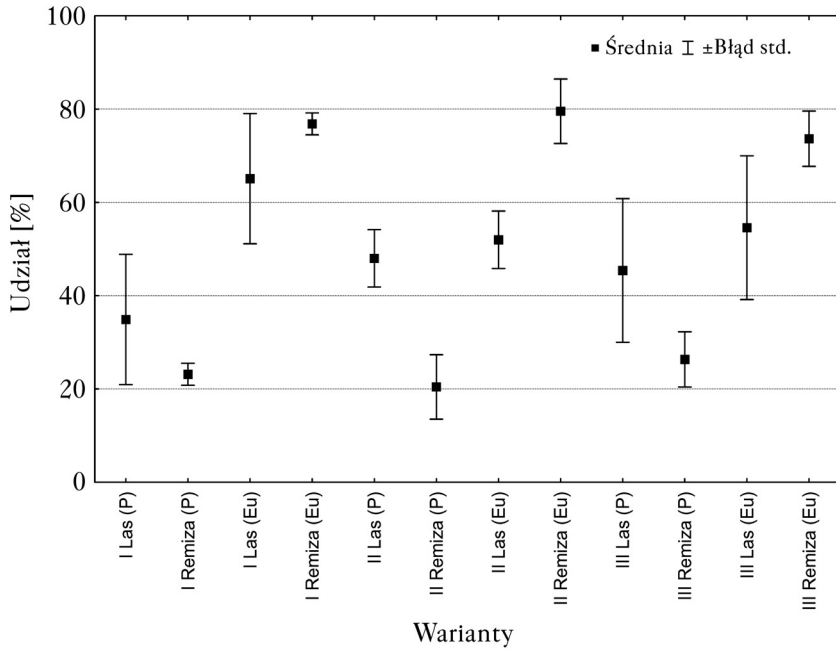


Ryc. 3.

Zmiany średniej wartości udziału grup ekologicznych *Carabidae* w poszczególnych wariantach wiekowych w remizie i w lesie

Average change of frequency of *Carabidae* ecological groups in age variants in the biodiversity rich forest plots and in the forest around it

Oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as on figure 1

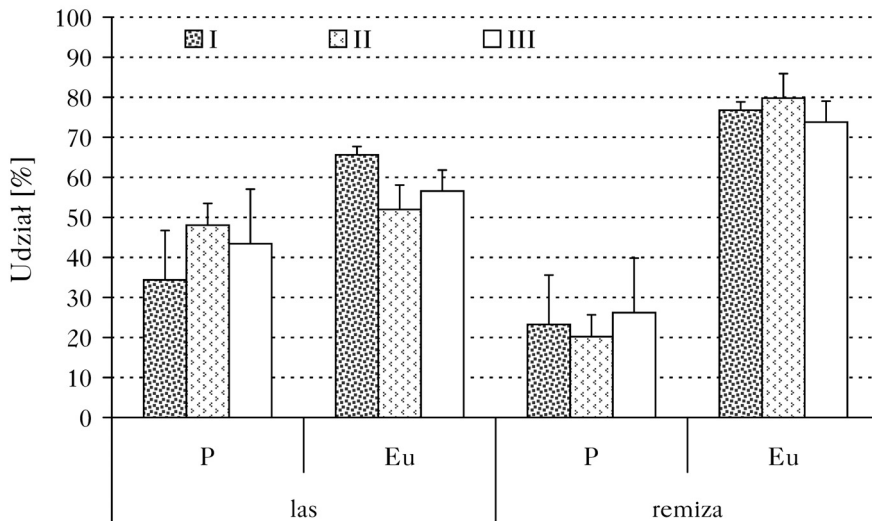


Ryc. 4.

Zmiany średniej wartości udziału grup geograficznych *Carabidae* w poszczególnych wariantach wiekowych w remizie i w lesie

Average change of frequency of *Carabidae* geographical groups in age variants in the biodiversity rich forest plots and in the forest around it

Oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as on figure 1

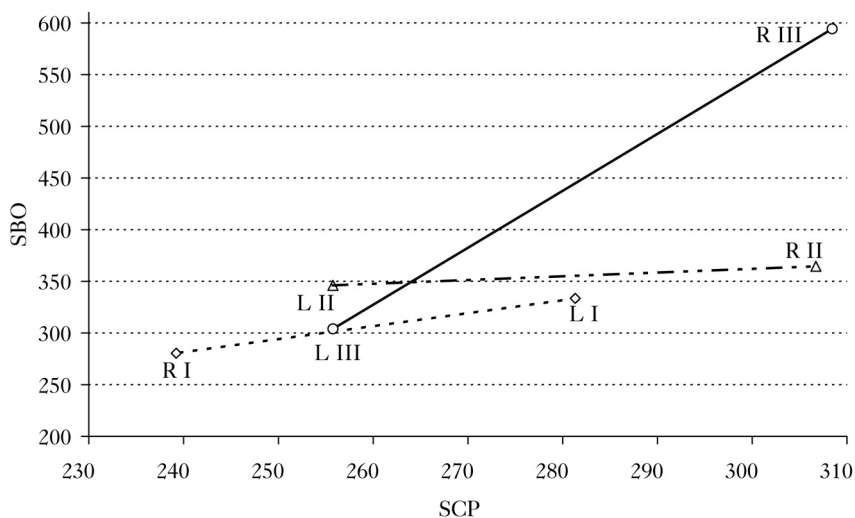


Ryc. 5.

Udział grup geograficznych *Carabidae* w poszczególnych wariantach wiekowych w remizie i w lesie

Frequency of *Carabidae* geographical groups in age variants in the biodiversity rich forest plots and in the forest around it

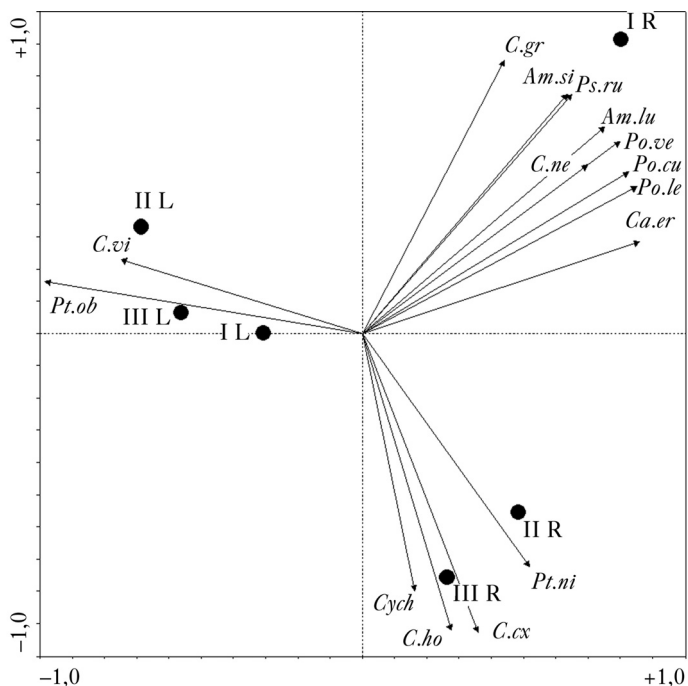
Oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as on figure 1



Ryc. 6.

Model wskaźników SCP/SBO *Carabidae* w poszczególnych wariantach wiekowych remiz w lesie i remizie  
 SCP/SBO indication model of *Carabidae* in age variants in the biodiversity rich forest plots and in the forest around it

Oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as on figure 1



Ryc. 7.

Analiza PCA zgrupowań biegaczowatych badanych w różnych wariantach remiz w lesie i w remizie  
 PCA analysis of the *Carabidae* communities in age variants in the biodiversity rich forest plots and in the forest around it

Oznaczenia jak na rycinie 1; denotes as on figure 1

## Dyskusja

W grupach rozwojowych *Carabidae* w uprawach i w młodnikach najczęściej dominują gatunki wiosennego typu rozwojowego, natomiast w starszych fazach rozwojowych drzewostanu – jesiennego typu rozwojowego. Z badań wynika, że większy udział gatunków jesiennych w remizie niż w lesie kontrolnym występuje w wariantach II i III. Świadczyć to może o szybszym wypieraniu z remiz gatunków wiosennych, które są charakterystyczne dla wcześniejszych faz rozwojowych drzewostanów. Może być również tak, że w zgrupowaniach z dominującymi gatunkami jesiennymi zasymilowana energia zostaje wbudowana w biomasę i jest przekazana konsumentom wyższego rzędu [Grum 1976]. W ten sposób zostaje zmniejszona strata w energii na jednostkę wyprodukowanej biomasy, a czas życia osobnika wzrasta. Takie warunki w remizie stwarzają bardzo duże zwarcie krzewów, intensywny opad listowia oraz występujące często spróchniałe pnie i gałęzie.

W strukturze troficznej zgrupowań *Carabidae* najważniejszym elementem są duże zoofagi. W drzewostanie udział tej grupy wzrasta wraz z jego wiekiem [Leśniak 1997; Szyszko 1983], a w średniowiekowych i starszych biocenozach leśnych przewyższa 50% [Szyszko 1983]. Zakres występowania dużych zoofagów w najmłodszej remizie wyniósł 56%, a w najstarszej – 81%. Natomiast w lesie kontrolnym z 64% w II wariantcie wiekowym zmniejszył się do 51% w wariantcie III. W remizie udział tej grupy cały czas wzrastał wraz z wiekiem. W lesie kontrolnym udział dużych zoofagów nieznacznie zmalał, ale utrzymywał się na zbliżonym poziomie. Świadczyć to może o ustabilizowanej sytuacji zgrupowań biegaczowatych w lesie kontrolnym. Duże zoofagi stanowią silny i stabilny trzon zgrupowań biegaczowatych. Dlatego też, przy ciągłym wzroście udziału tej grupy, układ troficzny zgrupowań biegaczowatych w remizie jest nadal nieustabilizowany. Wpływać na ten fakt może udział zarówno małych zoofagów, jak i hemizoofagów. Zaobserwowano, że udział dużych zoofagów w remizie z wiekiem rośnie, a małych zoofagów – maleje. Fakt ten stwierdzony został również przez innych autorów [Szyszko 1983; Flis, Skłodowski 1998].

W strukturze ekologicznej zgrupowań *Carabidae* w drzewostanach dojrzewających i dojrzałych udział gatunków leśnych jest znacznie wyższy niż gatunków terenów otwartych i eurytopowych. Gatunki leśne zajmują miejsca w drzewostanie po zanikających gatunkach z dwóch pozostałych grup [Szyszko 1983; Skłodowski 1995a]. W badaniach udział gatunków leśnych w lesie kontrolnym i w remizie jest bardzo wysoki. Poza remizą wyniósł ponad 94%. W remizie w I wariantcie wiekowym udział tej grupy wyniósł 53%, a w III wariantcie wiekowym – 95%. Wysoki udział gatunków terenów otwartych (40%) w remizie w I wariantcie jest zrozumiały, gdyż powierzchnie remiz mają po 1-2 lata, są więc na ogół pozbawione roślinności drzewiastej i krzewów, natomiast występują na nich zazwyczaj trawy lub jeszcze goła ziemia. Z badań wynika, że wystarczy tylko niewielkie przykrycie powierzchni przez krzewy oraz podszyt, aby udział gatunków terenów otwartych zmniejszył się tak, jak w II wariantcie wiekowym. Gatunki eurytopowe występowały dość licznie. Zarówno w lesie kontrolnym, jak i w remizie odnotowano 6 gatunków, z czego najliczniejszymi okazały się *Pterostichus melanarius* (Ill.) i *Calathus erratus* (Sah.). Największe różnice w liczbie gatunków występują między uprawami i starszymi drzewostanami [Szyszko 1997]. Związane jest to ze zwiększoną liczbą występujących w uprawach gatunków eurytopowych. W dalszym okresie liczba gatunków leśnych wzrasta. W lesie kontrolnym wystąpiło do 15 gatunków, a w remizie – do 13. Tymczasem udział gatunków eurytopowych w lesie kontrolnym zmalał z 6 (II wariant) do 4 w I i III wariantcie wiekowym remiz. W remizie zaś udział gatunków tej grupy w I wariantcie wiekowym remiz wyniósł 6, a w II i III – 4.



W grupach geograficznych zgrupowań *Carabidae* wyodrębniono gatunki palearktyczne oraz europejskie. Najwięcej odłowionych gatunków należało do grupy europejskiej. W lesie kontrolnym największy ich udział odnotowano w wariancie I, w II był na poziomie zbliżonym do grupy gatunków palearktycznych, które w tym wariancie wystąpiły najliczniej. W lesie kontrolnym i w remizie udział gatunków europejskich z wiekiem malał. W remizie był najliczniejszy we wszystkich wariantach wiekowych. Udział gatunków palearktycznych z wiekiem wzrastał, europejskich – malał. Gatunki europejskie były liczniejsze niż gatunki palearktyczne we wszystkich wariantach wiekowych. Można stwierdzić, że gatunki należące do europejskiej grupy geograficznej są najbardziej ekspansywne i najchętniej występują w środowisku leśnym.

Analizując zgrupowania biegaczowatych na powierzchniach badawczych w ujęciu biomasy, zastosowano wskaźnik średniej biomasy osobniczej [Tarwacki 2004]. Model SCP/SBO (ryc. 6) ukazał skoncentrowane pozycje zgrupowań biegaczowatych zamieszkujących drzewostany kontrolne. Natomiast pozycja zajmowana przez zgrupowania badane w remizach zależała od ich wieku. Najbliżej lewego narożnika, w którym zwykle plasują się zgrupowania zamieszkujące zręby i uprawy [Skłodowski 1995a, 2009], znalazło się zgrupowanie z najmłodszej remizy. Natomiast w prawym górnym narożniku umiejscowione jest zgrupowanie badane w najstarszej remizie. Blisko środka diagramu znalazło się zgrupowanie z remizy 10-letniej. Taki rozkład świadczy o stałym i stopniowym dojrzewaniu zgrupowań biegaczowatych wraz z wiekiem zamieszkiwanych przez nie remiz. Podobnie wskazuje wydłużający się z wiekiem wektor dzielący w parach pozycje zgrupowań remiza – las. Diagram SCP/SBO przynosi jeszcze jedną interesującą obserwację. W warunkach niezbyt żyznych borów sosnowych wprowadzenie remiz może powodować koncentrację fauny biegaczowatych znacznie bardziej dojrzałej niż ta, którą obserwuje się w otaczającym drzewostanie. Doskonale jest to widoczne już w parze RII – LII, a najlepiej w parze RIII – LIII.

Zgrupowania biegaczowatych związane są przez cały swój okres życia ze środowiskiem ściółkowo-glebowym. W środowisku tym *Carabidae* odgrywają dużą rolę poprzez akumulację zgromadzonej energii i materii w swoich organizmach. Największe zagęszczenie i bogactwo gatunkowe zgrupowań biegaczowatych stwierdzono na najstarszych wariantach wiekowych w remizie. Również duże zoofagi wyraźnie dominowały na najbogatszym siedlisku, czyli w najstarszym wariancie wiekowym w remizie.

Analiza PCA zgrupowań biegaczowatych ukazała na pierwszej osi wykresu (pozioma) wyraźną odrębność zgrupowań *Carabidae* zamieszkujących las oraz remizy. Po lewej stronie zgrupowane są powierzchnie lasu kontrolnego, a po prawej warianty wiekowe remiz. Z drugą osią (pionową) można wiązać przynależność ekologiczną poszczególnych gatunków biegaczowatych. I tak w lesie kontrolnym wszystkie warianty wiekowe remiz były zlokalizowane w jednym miejscu, co może wskazywać na ścisły związek takich gatunków jak *C. violaceus* czy *P. oblongopunctatus* ze środowiskiem leśnym. Remizy wariantu wiekowego do 5 lat okazały się powierzchniami zbliżonymi do niewielkich, kilkuarowych zrębów zupełnych. Na nich odławiały się gatunki typowe dla terenów otwartych, np. rodzaj *Amara*, *Poecilus cupreus*, *P. lepidus*, *Calathus erratus* czy *C. nemoralis*. Natomiast II i III wariant wiekowy remiz stanowił wyraźną odrębność w stosunku do wariantu I. Związane jest to głównie z zadarnieniem i zakrzaczeniem powierzchni przez szybszy wzrost roślinności krzewiastej i szybsze przykrycie powierzchni podszytem. Powoduje to wcześniejsze pojawianie się biegaczowatych charakterystycznych dla dojrzałych drzewostanów, np. *C. hortensis* czy *Pterostichus niger*.

## Wnioski

- ✚ Kształtowanie się zgrupowań *Carabidae* przy zastosowaniu ogniskowo-kompleksowej metody ochrony lasu zależne jest od tempa wzrostu roślinności krzewiastej, szybszego przykrycia powierzchni podszycem, a w konsekwencji wcześniejszego pojawienia się biegaczowatych charakterystycznych dla dojrzałych drzewostanów.
- ✚ Wraz z wiekiem następuje szybszy rozwój zgrupowań biegaczowatych w remizie niż w drzewostanie. Największe tempo ich rozwoju wystąpiło w remizach 20-letnich, co znalazło odzwierciedlenie w modelu SCP/SBO.
- ✚ W remizach zaobserwowano częstsze niż w drzewostanie występowanie dużych zoofagów i gatunków leśnych, takich jak *Carabus hortensis* L., czy *Pterostichus niger* (Sch.).

## Literatura

- ter Braak C. J. F., Smilauer P. 1997. CANOCO for Windows v. 4.02. Centre for Biometry Wageningen, The Netherlands.
- Flis L., Skłodowski J. 1998. Rębnia zupełna gniazdowa a struktura zamieszkujących je zgrupowań biegaczowatych (*Col. Carabidae*). Sylwan 142 (3): 57-67.
- Grüm L. 1976. An attempt to characterize matter transfer by carabid communities inhabiting forest. Ekologia Polska 24 (3): 350-375.
- Huruk S. 1993. Studia nad zgrupowaniami biegaczowatych (*Carabidae, Coleoptera*) uroczysk Chelmowa Góra i Serwis w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Fragmenta Faunistica 18: 339-371.
- Koehler W. 1962. Działalność Instytutu Badawczego Leśnictwa do 1956 r. Zakład Ochrony Lasu. Prace IBL (224).
- Leśniak A. 1993. *Carabidae (Coleoptera)* of pine forests in Poland. Fragmenta Faunistica 10: 157-174.
- Leśniak A. 1995. Monitoring, bioindykacja – definicje i desygnaty. Sylwan 139 (5): 5-12.
- Leśniak A. 1997. Metody analizy zgrupowań biegaczowatych (*Carabidae, Col.*) w zoindykacji procesów ekologicznych. W: VI Sympozjum Ochrony Ekosystemów Leśnych pt. Waloryzacja ekosystemów leśnych metodami zoindykacyjnymi. Fundacja „Rozwój SGGW”. 29-41.
- Leśniak A. 2003. Carabid communities (*Carabidae, Col.*) of common forest sites in Wolinski National Park. Baltic J. Coleopterol. 3 (2): 83-90.
- Schwerk A., Szyszko J. 2010. Successional patterns of carabid fauna (*Coleoptera: Carabidae*) in planted and natural regenerated pine forests growing on old arable land. Baltic J. Coleopterol. 7 (1): 9-16.
- Skłodowski J. 1995a. Antropogenne przeobrażenia zespołów biegaczowatych (*Col. Carabidae*) w ekosystemach borów sosnowych Polski, W: Szujceki A. [red.]. Antropogeniczne przeobrażenia epigeicznej i glebowej entomofauny borów sosnowych. Katedra Ochrony Lasu i Ekologii. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa. 17-174.
- Skłodowski J. 1995b. Wpływ skażenia środowiska na faunę *Carabidae (Col.)* borów sosnowych Polski. Sylwan 139 (2): 69-86.
- Skłodowski J. 2009. Interpreting the condition of the forest environment with use of the SCP/MIB model of carabid communities (*Coleoptera: Carabidae*). Baltic Journal Coleopterology 9 (2): 89-100.
- Szujceki A. 2001. Próba szacunkowej waloryzacji lasów Puszczy Białowieskiej metodą zoindykacyjną. Katedra Ochrony Lasu i Ekologii SGGW. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Szujceki A., Szyszko J., Mazur S., Perlinski S. 1983. The process of forest soil macrofauna formation after afforestation offarmland. Warsaw Agricultural University Press, Warszawa.
- Szyszko J. 1973. Wpływ stosowania etylenoglikolu w cylindrach chwytnych na liczbę odławianych okazów i gatunków biegaczowatych (*Col., Carabidae*). Zeszyty Naukowe SGGW-AR 19: 117-121.
- Szyszko J. 1974. Relationship between the occurrence of epigeic Carabids (*Col., Carabidae*), certain soil properties, and species composition offorest stand. Ekologia Polska 22: 237-274.
- Szyszko J. 1983. State of *Carabidae (Col.)* fauna in fresh pine forest and tentative valorization of this environment. Warsaw Agricultural University Press, Warszawa.
- Szyszko J. 1990. Planning of prophylaxis in threatened pine forest biocenoses based on an analysis of the fauna of epigeic *Carabidae*. Warsaw Agricultural University Press.
- Szyszko J. 1991. Wpływ podszytów liściastych na biegaczowate (*Carabidae, Col.*) w borach sosnowych. Sylwan 135 (9): 27-32.
- Szyszko J. 1995. O możliwości wykorzystania samosiewów sosnowych do polepszenia tempa regeneracji biocenoz na przykładzie biegaczowatych (*Carabidae, Col.*). Sylwan 139 (7): 23-32.
- Szyszko J. 1996. Przeżywanie i reprodukcja gatunku i populacji, czyli co wiemy, a co powinniśmy wiedzieć. Prace IBL ser. B (28): 99-105.

- Szyszko J. 1997. Próba waloryzacji środowisk leśnych przy pomocy biegaczowatych (*Carabidae*, Col.). VI Sympozjum Ochrony Ekosystemów Leśnych „Waloryzacja ekosystemów leśnych metodami zooindykacyjnymi”. Warszawa. 42-60.
- Tarwacki G. 2004. Zróżnicowanie gatunkowe zgrupowań biegaczowatych (*Carabidae*) w monokulturach sosnowych po zastosowaniu ogniskowo-kompleksowej metody ochrony lasu. *Leśne Prace Badawcze*: 103-118.

## SUMMARY

### Ecological-indicator characteristics of *Carabidae* communities in centre-complex method of forest protection

The study was conducted in two forest districts: Szczytno and Nowogród in 1999-2001 in the forest pine fresh stands on 9 research areas Barber's traps according to Szyszko [1973] modification. The research area comprises remises (forest plots of high biodiversity) and the surrounding forest (control). Three classes of remise age have been established: I – up to 5 years, II – 10 years, III – 20 years or more.

For the catching of *Carabidae* were used STN traps. Caught insects were analysed using environmental and SPC (Sum of Progressive Characteristics) indices. The model of SCP/SBO has been presented. In order to depict the abundance of *Carabidae* in various treatments the PCA analysis was used.

The analyses revealed that number of insects which develop in the autumn is higher in older remises. Similarly, the zoophages' number was growing together with ageing of remises, while on control plots their number was decreasing. It seems that insects that develop in the spring (typical for earlier developmental phases of stands) are limited. It might be an indication of the trophic system instability of *Carabidae* assemblages in remises. Great share of small zoofages and hemizoofages may be one of the determinants of such results. It was observed that the older remises, the lower number of small zoofages.

Analysing environmental groups *Carabidae* it was found that high density of plants within remises is conducive to forest species development. Opposite relation has been found in case of species of open areas. The most expansive geographic group present in remises are the species which belong to European species. The number of palearctic species in remises and on control plots was higher in the 'older' treatments, although the highest number of the species was found in the treatment II.

PCA analysis revealed that *Carabidae* inhabiting forest and remises represent distinct assemblages. In the forest all the control plots were located in one precise location, which may indicate a close relationship of species from the forest environment. Remises that represent age variant I were similar to small clear-cut area. While remises of treatments II and III were clearly distinct than remises of treatment I. It is connected mainly with sodding and shrubs.

In conclusion, using complex-center methods of forest protection on forming of *Carabidae* assemblages depends on the growth rate of shrubs and undergrowth which quickly covering the surface of remises. The factor has a faster influence on development of a *Carabidae* assemblages that was observed in remises than in control forest. The greatest dynamic rate of development was observed in 20-years old remises. It was also a higher incidence of large zoofages and forest species such as *Carabus hortensis* L. and *Pterostichus niger* (Sch.) in remises than in control forest.